

화학물질 흡입자의 후천성 색각이상 평가

국립부곡병원, 영남대학교병원 산업의학과¹⁾, 영남대학교 의과대학 예방의학교실²⁾

김명효 · 김연철¹⁾ · 이규화¹⁾ · 전만중^{1,2)} · 사공준^{1,2)}

— Abstract —

Assessment of Acquired Color Vision Impairment in Inhalant Abusers

Myeong-Hyo Kim, Yeon-Cheol Kim¹⁾, Kyu-Hwa Lee¹⁾, Man-Joong Jeon^{1,2)}, Joon Sakong^{1,2)}

Bugok National Hospital, Department of Occupational and Environmental Medicine, Yeungnam University Hospital¹⁾,
Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University²⁾

Objectives: This study was conducted in order to evaluate the effects of inhalants on color vision impairment.

Methods: The inhalation group consisted of 81 neurotoxic chemical substance abusers at Bugok National Hospital and Institute of Forensic Psychiatry, Ministry of Justice. The control group consisted of 41 employees of Bugok National Hospital. The Lanthony D-15 desaturated hue test was administered to both groups. For the qualitative analysis, we classified the results by the morphological characteristics of color vision impairment. For the quantitative analysis, we calculated the total color distance score (TCDS) and the color confusion index (CCI) and determined that the individual was abnormal if the TCDS was over 65.0 or the CCI was over 1.25.

Results: The TCDS of the inhalation group was 75.58 ± 21.07 and the CCI was 1.34 ± 0.37 in the right eye, and 75.47 ± 23.63 and 1.34 ± 0.42 , respectively in the left eye. These results are higher than those found for the control group. In regards to the TCDS, 50 (61.8%) of the abusers in the inhalation group had color vision impairment in the right eye and 48 (59.2%) had impairment in the left eye. 11 (26.8%) of the employees in the control group had color vision impairment in the right eye and 13 (31.7%) had impairment in the left eye. In regards to the CCI, 38 (46.9%) of the abusers in the inhalation group had color vision impairment in the right eye and 35 (43.2%) had impairment in the left eye. 4 (9.8%) of the employees in the control group had color vision impairment in the right eye and 7 (17.0%) had impairment in the left eye. The results of multiple logistic regression analysis for acquired color vision impairment showed that the inhalation period (OR=1.20, 95% CI: 1.03~1.40) was the significant variable.

Conclusions: These findings indicate that the inhalation of neurotoxic substances may impair the color vision, and the period inhaled with neurotoxic substances is significant variable affecting on the acquired color vision impairment.

Key words: Color vision, Neurotoxic substance abuse, Color vision test

서 론

흡입제(inhalants)는 휘발성 화학물질 및 유기용제들로 구성되어 있으며, 마약류는 아니지만 정상적인 용도가 아닌 오남용 흡입하는 경우 중추신경계 장애를 유발하고, 각종 공업용 접착제(본드), 희석제(신나, 바니쉬), 가솔린, 광택제(니스), 부탄가스, 스프레이 페인트, 라이타 용액, 헤어 스프레이, 메니큐어 지우개, 아교 등이 포함된다^{1,2)}. 이러한 흡입제는 중추신경계를 억제(central nervous system depressants)하는데³⁾, 접착제의 주성분인 톨루엔은 백색질뇌증(leukoencephalopathy), 인체균형상실(equilibrium disorder), 시력쇠퇴, 어지러움, 이명 등을 일으키며, 부탄가스의 경우도 중추신경계 억제증상은 물론 질식사나 후두마비로 사망할 수 있다⁴⁾. 흡입제를 장기간 남용하는 경우 뇌손상, 간장애, 심장장애, 신장장애, 시력장애, 기억력 상실, 근육마비, 체중감소 등이 나타나며, 돌연사(sudden unexpected death)를 일으키기도 한다^{3,4)}.

우리나라 청소년들 2.5%가 본드, 가스를 비롯한 흡입제를 경험하였고, 1%가 현재 흡입제를 사용한다는 보고도 있다⁵⁾. 흡입제 사용 시작연령은 10.6세로 흡연이나 음주시작 연령보다 빠르다고 하며, 특히 흡입제를 흡입한 후 환각상태에서 각종 사고와 범죄를 일으키는 경우도 적지 않다^{2,5,6)}. 흔히 접착제, 희석제, 광택제 등을 비닐봉지 안에 넣은 후 코나 입으로 흡입하는 경우가 많은데, 전체 환각물질 흡입사범은 해마다 다소 감소추세를 보이나 2006년 15세에서 19세 사이 청소년 환각물질 흡입사범은 2005년에 비해 13.3%에서 21.4%로 증가하며, 환각물질 오남용은 10대 청소년들에게 여전히 심각한 문제로 남아 있다^{7,8)}.

한편 이러한 흡입제 노출에 의한 신경계 증상은 유기용제 노출에 의한 증상과 마찬가지로 초기에는 대부분 비특이적이므로 신경계 손상을 조기에 발견하기 어렵다. 따라서 비가역적 손상이 나타나기 전 초기에 일찍 신경계 손상을 찾아서 경고하는 일이 중요하다⁹⁾.

유기용제는 신경막의 수용체를 변화시켜 신경신호 전달 과정을 방해하거나 시신경섬유를 탈수초화하여 청황색 색각이상 등을 일으키는 것으로 보고되고 있다^{10,11)}. 이러한 후천적 색각이상은 직접적인 신경이상을 반영하며 유기용제와 같은 다양한 환경적 노출로부터의 신경손상에 특히 민감하다고 알려져 있어, 신경독성물질의 건강영향을 초기에 발견하는데 중요한 지표가 될 수 있다¹⁰⁻¹⁴⁾. 즉 색각이상검사는 유기용제에 만성적 노출이 되는 대상자가 기능적 장애를 인식하기 전 조기에 발견할 수 있는 방법으로 중추신경계 검사방법인 신경행동검사와 더불어 권고되고 있다¹⁵⁾.

현재까지 유기용제의 색각이상에 대한 국내연구들로 유기용제 노출공장¹⁶⁾, 아크릴아마이드 작업자¹⁷⁾, 신발제조업¹⁸⁾, 석유화학공장¹⁹⁾ 등의 근로자들을 대상으로 직업적으로 유기용제에 노출되는 경우의 색각이상에 관한 연구가 대부분이고, 흡입제의 만성적인 노출이 건강에 미치는 영향에 관한 연구는 미흡하다. 특히 의도적으로 유기용제 및 휘발성 화학물질을 남용한 흡입자들에서의 후천적 색각이상에 관한 연구는 아직 없다.

이 연구는 유기용제 및 휘발성 화학물질 흡입자를 대상으로 색각검사를 수행하여 의도적 유기용제 및 휘발성 화학물질 노출이 후천성 색각이상에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

국립부곡병원에 화학물질 흡입자로 입원한 환자 22명과 국립법무병원에 입소한 화학물질 흡입자 59명이 흡입군이며, 비슷한 연령대의 국립부곡병원의 일반직 직원 41명을 대조군으로, 이들 총 122명에 대하여 2009년 6월부터 12월까지 설문조사와 색각검사를 시행하였다.

2. 연구 방법

1) 설문 조사

직접 면담을 통해 연구의 목적을 설명하고, 동의한 대상자에게 연구동의서를 작성한 후 설문조사를 시행하였다. 조사내용은 연령, 교육정도, 안경착용 유무 및 양안시력, 선천성 색각이상 유무(가족력), 직업(인쇄업, 페인트, 도장공 등 주된 직업 활동), 질병(당뇨병, 고혈압), 안질환(녹내장, 백내장, 망막질환 등)유무, 약물복용 유무, 음주, 흡연 습관이며, 흡입제 종류(접착제:공업용 본드, 부탄가스, 희석제:신나, 광택제:니스)와 흡입 시작시기, 일회 흡입량, 주 흡입횟수, 총 흡입기간, 흡입 중단기간 등을 조사하였다. 후천적 색각이상에 영향을 주는 질환(고혈압, 당뇨병) 및 약물 복용자, 선천적 색각이상자, 양안 교정시력 0.6 이하인 자, 두부손상 기왕력, 안과 질환자(백내장, 녹내장, 망막질환) 및 직업적 노출이 영향을 줄 수 있는 경우를 조사하여 이들은 연구에 포함시키지 않았다.

2) 색각검사

대상자들에게 우선 한식색각검사표²⁰⁾를 사용하여 색각에 대한 선별검사를 한 후 후천적 색각이상의 판별에 좋고, 정확하게 적록, 청황 또는 복합형으로 분류할 수 있

으며, 색각이상의 정도와 크기를 정량적으로 분별할 수 있는 장점을 가진 Lanthony D-15 desaturated 색각 검사^{15, 21, 22)}로 색각검사를 하였다. 이 검사는 후천성 색각 이상 판정의 민감도가 높은 색상배열법으로 하였고¹⁹⁾, 검사방법은 안대를 이용해 한쪽 눈을 가린 상태에서 우안, 좌안을 각각 1회 검사하였다. 동일한 검사 환경을 위해 조도계를 이용하여 표준광원 1,000 Lux 표준 조도상태를 유지하고, 검사 시 cap 30 cm 위 광원을 두었으며, 시력은 나안, 교정시력을 확인하여 0.6 이하인 경우는 참여시키지 않았으며, 검사자는 1인의 동일한 검사자에 의해 모든 피검자를 검사하였다. 피검자에게 움직일 수 없는 1개 색판(panel)과 인접한 색깔로 이루어진 15개의 움직일 수 있는 색판(panel)의 배열을 설명하고, 뒤섞인 혼합된 색판들에서 가장 자연스런 색판을 찾아 고정된 색판부터 순서대로 배열하게 한 후 피검자가 배열한 색판의 순서를 Lanthony chart에 기록하여 정성, 정량분석을 하였다. 색상배열 검사방법에 대해 자세히 설명하여 피검자가 검사방법을 이해하도록 하고, 검사 시 충분한 시간을 사용할 수 있도록 하였으며, 검사 중 언제든지 배열색판 수정이 가능함을 설명하여 시행하였다.

정성분석은 색각이상의 형태를 판별하는 분석으로 정렬된 색환 사이를 순서대로 연속적인 선을 그어 그 선이 특정한 색각이상의 분류하는 축과 평행하게 될 경우 색각이상을 형태적 특성으로 분류하는 Verriest²³⁾분류법을 이용하여 정상(normal), 제1색형 적록 색각이상(type I : red-green deficiencies), 제2색형 적록청황 색각이상(type II : red-green and blue-yellow deficiencies), 제3색형 청황 색각이상(type III : blue-yel-

low deficiencies), 복합형(complex: 여러 가지 형태의 색각이상이 나타나거나 그 분류기준이 어려운 경우)으로 분류하였다.

정량분석은 시신경 기능의 양적 판정을 병행하여 검사하기 위해 총색채차점수(total color distance score: TCDS)를 구하고, 총색채차점수를 지수화(Bowman 법)²⁴⁾하여 색혼란지수(color confusion index: CCI)를 산출하였다.

총색채차점수는 피검자가 16개 색환을 배열한 후 배열된 색환의 순서대로 거리를 계산한 값의 총합이며, 오류 없이 정상적으로 배열했을 경우 총색채차점수는 56.4이다. 색혼란지수는 총색채차점수를 56.4로 나누어 구한 값으로, 오류없이 정상적으로 배열했을 때 색혼란지수는 1.00이다. 이 연구에서는 총색채차점수 65.0, 색혼란지수 1.25를 초과하는 경우 색각이상으로 판정하였다.

색각이상 정도는 총색채차점수와 색혼란지수의 점수범위로 분류하였는데, 총색채차점수 56.4, 색혼란지수 1.00은 단 한 개의 배열오류도 없는 경우이다. 정상범위는 총색채차점수 56.5-65.0, 색혼란지수 1.01-1.25로 단일 색환의 한두 개 배열오류이며(minor errors), 경도 색각이상은 총색채차점수 65.1-80.0, 색혼란지수 1.26-1.50, 중등도 색각이상은 총색채차점수 80.1-100.0, 색혼란지수 1.51-1.80, 고도 색각이상은 총색채차점수 100.1 이상, 색혼란지수 1.81 이상으로 구분하였다.

3) 분석방법

통계처리는 SPSS 18.0 프로그램을 이용하였다. 흡입군과 대조군의 일반적 특성 비교분석은 χ^2 검정을 사용하였

Table 1. General characteristics of the study subjects

Characteristics	Inhalation group	Control group	Unit: N(%) p-value*
Age (years)			
≤29	20 (24.7)	9 (22.0)	0.038
30-34	30 (37.0)	6 (14.6)	
35-39	16 (19.8)	13 (31.7)	
≥40	15 (18.5)	13 (31.7)	
Drinking (g/week)			
≤99	25 (30.9)	12 (29.2)	0.047
100-399	23 (28.4)	20 (48.8)	
≥400	33 (40.7)	9 (22.0)	
Smoking			
Never smoker	0 (0.0)	11 (26.8)	<0.001
Ex smoker	23 (28.4)	15 (36.6)	
Current smoker	58 (71.6)	15 (36.6)	
Education (years)			
≤12	74 (91.4)	12 (29.3)	<0.001
≥13	7 (8.6)	29 (70.7)	
Total	81 (100.0)	41 (100.0)	

* values are calculated by χ^2 test.

고, 흡입군과 대조군에서의 총색채차점수와 색혼란지수의 평균 비교는 t 검정, 정도와 색각이상형태에 따른 분포의 차이는 Fisher's exact 검정을 사용하였다. 색각이상 유무에 따른 일반적 특성과 흡입관련 특성의 비교는 χ^2 검정, Fisher's exact 검정 및 Mann-Whitney U 검정을 사용하였다.

후천성 색각이상에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위하여 색각이상 유무를 종속변수로 하여 단변량 로지스틱 회귀분석을 실시하였고, 여기서 p값이 0.25 이하로 나온 변수들에 대하여 다중 로지스틱 회귀분석(multiple logistic regression analysis)을 실시하여 비차비와 95% 신뢰구간을 산출하였다. 통계적 유의수준은 p값이 0.05미만일 때 유의한 것으로 하였다.

결 과

1. 대상자들의 일반적 특성

대상자들의 평균 연령은 흡입군 33.6±6.0세, 대조군

36.3세±6.7세이며, 흡입군에서는 30-34세가 30명(37.0%), 대조군에서는 35-39세 및 40세 이상이 각각 13명(31.7%)으로 가장 많았다. 주당 음주량은 흡입군에서 주 400 g의 알코올을 섭취하는 경우가 33명(40.7%), 대조군에서는 주 100-399 g의 알코올을 섭취하는 경우가 20명(48.8%)으로 각각 가장 많았다. 흡입군에서 현재 흡연을 하고 있는 경우는 58명(71.6%), 과거에 흡연을 하였으나 현재 하지 않는 경우 23명(28.4%), 흡연을 한 번도 한적이 없는 경우는 0명(0.0%)이었으나, 대조군은 11명(26.8%)이 흡연을 한 번도 한적이 없었고, 현재 흡연자 및 과거 흡연자가 각각 15명(36.6%)이었다. 교육은 흡입군에서 고등학교 졸업이하가 74명(91.4%)이었으나 대조군은 대학졸업 이상이 29명(70.7%)이었다 (Table 1).

2. 대상자들의 우안과 좌안에서 색각이상 정도에 따른 분포와 점수

대상자들의 우안에서 색각이상의 정도를 총색채차점수

Table 2. Grade and scores of color vision impairment according to scores with Lanthony D-15 desaturated color vision test in the study subjects Unit: N(%)

Scores	Eye	Grade*	Inhalation group (n=81)	Control group (n=41)	p-value
TCDS [†]	Right	Normal	18 (22.2)	19 (46.4)	0.001 [§]
		Normal limit	13 (16.0)	11 (26.8)	
		Mild degree	26 (32.0)	10 (24.4)	
		Moderate degree	12 (14.8)	1 (2.4)	
		Severe degree	12 (14.8)	0 (0.0)	
		Mean±SD	75.58±21.07	61.25±6.79	
	Left	Normal	23 (28.4)	17 (41.5)	0.005 [§]
		Normal limit	10 (12.4)	11 (26.8)	
		Mild degree	27 (33.3)	12 (29.3)	
		Moderate degree	8 (9.9)	1 (2.4)	
		Severe degree	13 (16.0)	0 (0.0)	
		Mean±SD	75.47±23.63	62.49±7.14	
CCI [‡]	Right	Normal	18 (22.2)	19 (46.3)	0.001 [§]
		Normal limit	25 (30.9)	18 (43.9)	
		Mild degree	17 (21.0)	3 (7.4)	
		Moderate degree	12 (14.8)	1 (2.4)	
		Severe degree	9 (11.1)	0 (0.0)	
		Mean±SD	1.34±0.37	1.09±0.12	
	Left	Normal	23 (28.4)	17 (41.5)	0.016 [§]
		Normal limit	23 (28.4)	17 (41.5)	
		Mild degree	18 (22.2)	6 (14.6)	
		Moderate degree	4 (4.9)	1 (2.4)	
		Severe degree	13 (16.0)	0 (0.0)	
		Mean±SD	1.34±0.42	1.11±0.13	

*normal: 56.4, normal limit: 56.5~65.0, mild degree: 65.1~80.0, moderate degree: 80.1~100.0, and severe degree: over 100.1 in TCDS, and normal: 1.00, normal limit: 1.01~1.25, mild degree: 1.26~1.50, moderate degree: 1.51~1.80, and severe degree: over 1.81 in CCI, [†]TCDS: total color distance score, [‡]CCI: color confusion index, [§]values are calculated by Fisher's exact test, ^{||}values are calculated by t test.

에 따라 분류하면 흡입군에서 정상 31명(38.1%), 경도 이상 26명(32.1%), 중등도이상 12명(14.8%), 고도이상 12명(14.8%)이며, 대조군은 정상 30명(73.2%), 경도이상 10명(24.4%), 중등도이상 1명(2.4%)으로 유의한 차이가 있었다(p=0.001). 좌안은 흡입군에서 정상 33명(40.8%), 경도이상 27명(33.3%), 중등도이상 8명(9.9%), 고도이상 13명(16.0%)이었고, 대조군은 정상 28명(68.3%), 경도이상 12명(29.3%), 중등도이상 1명(2.4%)으로 유의한 차이가 있었다(p=0.005). 또한 흡입군에서 우안의 총색채차점수는 75.58±21.07로 대조군의 61.25±6.79보다 유의하게 높았으며(p<0.001), 좌안의 총색채차점수는 75.47±23.63으로 대조군의 62.49±7.14보다 유의하게 높았다(p<0.001).

색각이상의 정도를 색혼란지수에 따라 분류하면 우안은 흡입군에서 정상 43명(53.1%), 경도이상 17명(21.0%), 중등도이상 12명(14.8%), 고도이상 9명(11.1%)이며, 대조군은 정상 37명(90.2%), 경도이상 3명(7.4%), 중등도이상 1명(2.4%)으로 유의한 차이가 있었다(p=0.001). 좌안은 흡입군에서 정상 46명(56.8%), 경도 이상 18명(22.2%), 중등도이상 4명(4.9%), 고도이상 13명(16.0%)이었고, 대조군은 정상 34명(83.0%), 경도 이상 6명(14.6%), 중등도이상 1명(2.4%)으로 유의한 차이가 있었다(p=0.016). 우안의 색혼란지수는 흡입군에서 1.34±0.37로 대조군의 1.09±0.12보다 유의하게 높았으며(p<0.001), 좌안은 흡입군에서 1.34±0.42로 대조군의

1.11±0.13보다 유의하게 높았다(p<0.001)(Table 2).

3. 대상자들의 색각이상 형태

흡입군에서 우안 50명(61.8%), 좌안 48명(59.2%)에서 색각이상을 나타냈고, 제1색형 적록 색각이상이 우안 1명(1.2%), 좌안 4명(4.9%), 제2색형 적록·청황 색각 이상은 우안 8명(9.9%), 좌안 5명(6.2%), 제3색형 청황 색각이상은 우안 34명(42.0%), 좌안 31명(38.3%), 복합형은 우안 7명(8.6%), 좌안 8명(9.9%)이었다. 대조군은 제3색형 청황 색각이상만 우안 11명(26.8%), 좌안 13명(31.7%)으로 흡입군과 우안 및 좌안 각각에서 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01)(Table 3).

4. 제3색형 청황 색각을 나타낸 흡입군과 대조군의 총색채차점수 및 색혼란지수 비교

후천성 색각 이상의 두드러진 현상인 청황 색각 범위인 제3색형 색각이상자의 총색채차점수는 우안에서 흡입군 77.64±14.30, 대조군 70.31±6.83, 색혼란지수는 우안에서 흡입군 1.38±0.25, 대조군 1.25±0.12로 유의한 차이가 있었으나(p=0.028), 좌안에서 총색채차점수는 흡입군 74.41±9.08, 대조군 71.48±5.16, 색혼란지수는 흡입군 1.32±0.16, 대조군 1.27±0.09로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.184)(Table 4).

Table 3. Type of color vision impairment with lanthony D-15 desaturated color vision test Unit: N(%)

Type*	Inhalation group (n=81)		Control group (n=41)		p-value [†]
	Right eye	Left eye	Right eye	Left eye	
Normal	31 (38.2)	33 (40.7)	30 (73.2)	28 (68.3)	Right eye 0.001
Type I	1 (1.2)	4 (4.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Type II	8 (9.9)	5 (6.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	Left eye 0.009
Type III	34 (42.0)	31 (38.3)	11 (26.8)	13 (31.7)	
Complex	7 (8.6)	8 (9.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	

*type I: red-green deficiency, type II: red-green and blue-yellow deficiency, type III: blue-yellow deficiency, complex type: type in difficulty of classification, [†] values are calculated by Fisher's exact test.

Table 4. Comparison of TCDS and CCI on subjects with type III deficiency

Eye	Divisions	Inhalation group		Control group		p-value [†]
		N (%)	Mean ± S.D.	N(%)	Mean ± S.D.	
Right	TCDS*	34 (42.0)	77.64 ± 14.30	11 (26.8)	70.31 ± 6.83	0.028
	CCI [†]		1.38 ± 0.25		1.25 ± 0.12	0.028
Left	TCDS	31 (38.3)	74.41 ± 9.08	13 (31.7)	71.48 ± 5.16	0.184
	CCI		1.32 ± 0.16		1.27 ± 0.09	0.184

*total color distance score, [†] color confusion index, [†] values are calculated by t test.

5. 색각이상유무에 따른 일반적 특성 및 흡입제 흡입관련 특성의 비교

색각이상을 나타내는 대상자는 흡입자 및 대조군 총 122명 중 72명(59.0%)이었다.

일반적 특성 중 흡연은 정상군에서 현재 흡연자 25명(50.0%), 과거 흡연자 16명(32.0%), 흡연을 한 번도 한적이 없는 자 9명(18.0%)으로 색각이상군의 현재 흡연자 48명(66.7%), 과거 흡연자 22명(30.5%), 흡연을 한적이 없는 자 2명(2.8%)과 비교하여 유의한 분포의 차이가 있었다(p=0.011). 교육은 정상군에서는 대학교졸업과 고등학교졸업 이하가 각각 25명(50.0%)으로 색각이상군의 대학교졸업 11명(15.3%), 고등학교졸업 이하가

61명(84.7%)로 분포에서 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 그러나 연령, 주당 음주량은 두 군에서 분포의 유의한 차이가 없었다.

흡입제 흡입관련 특성 중 흡입제 월흡입량은 주당 흡입 횟수에 일회 흡입량을 곱한 후 1개월로 환산한 값이며, 정상군은 월 0통이 25명(50.0%), 1-29통 11명(22.0%), 30-79통 8명(16.0%), 80통 이상이 6명(12.0%)이고, 색각이상군은 0통이 16명(22.2%), 1-29통과 80통 이상이 각각 18명(25.0%), 30-79통이 20명(27.8%)으로 두 군의 분포에서 유의한 차이가 있었다(p=0.010). 일생동안 흡입제를 흡입한 기간은 색각이상군에서 7.18±5.37년으로 정상군의 3.00±3.94년보다 유의하게 많았다(p=0.001). 그러나 흡입제를 시작한 연령은 두 군에서 유

Table 5. Comparison of general and inhalation related characteristics by acquired color vision status Unit: N(%)

Characteristics	Color vision status		p-value*
	Normal (n=50)	Impairment (n=72)	
Age (years)			
≤29	17 (34.0)	12 (16.7)	0.129
30-34	14 (28.0)	22 (30.5)	
35-39	11 (22.0)	18 (25.0)	
≥40	8 (16.0)	20 (27.8)	
Drinking (g/week)			
≤99	13 (26.0)	24 (33.3)	0.120
100-399	23 (46.0)	20 (27.8)	
≥400	14 (28.0)	28 (38.9)	
Smoking			
Never smoker	9 (18.0)	2 (2.8)	0.011
Ex smoker	16 (32.0)	22 (30.5)	
Current smoker	25 (50.0)	48 (66.7)	
Education (years)			
≤12	25 (50.0)	61 (84.7)	<0.001
≥13	25 (50.0)	11 (15.3)	
Type of inhalant [†] (n=81)			
Glue	12 (48.0)	31 (55.4)	0.280
Butane	5 (20.0)	10 (17.9)	
Polish	4 (16.0)	2 (3.6)	
Complex	4 (16.0)	13 (23.2)	
Inhalation quantity (bottle/month) [‡]			
0	25 (50.0)	16 (22.2)	0.010
1-29	11 (22.0)	18 (25.0)	
30-79	8 (16.0)	20 (27.8)	
≥80	6 (12.0)	18 (25.0)	
Inhalation period (years)	3.00±3.94 [§]	7.18±5.37	0.001
Inhalation beginning age (years) (n=81)			
≤14	5 (20.0)	20 (35.7)	0.243
15-17	12 (48.0)	17 (30.4)	
≥18	8 (32.0)	19 (33.9)	

*values are calculated by χ^2 test and Fisher's exact test, [†]glue is composed with toluene, methyl alcohol, acetone, and etc. Butane is composed with n-butane, iso-butane, and etc. Polish is composed with ethylene, propylene, and etc. Complex is consisted with glue, butane, thinner (thinner is composed with toluene, xylene, ethyl benzene, and etc), and polish, [‡]inhalation quantity=bottle per one inhalation × inhalation frequency (n/week) × 4.2875, [§]mean ± standard deviation, ^{||}values are calculated by Mann-Whitney U test.

의한 분포의 차이가 없었다(Table 5).

6. 후천성 색각이상 유무에 대한 일반적 특성과 흡입제 흡입관련 특성의 관련성

전체 연구대상자들에서 후천성 색각이상 유무와 일반적 특성과 흡입제 흡입관련 특성과의 관련성을 파악하기 위하여 색각이상이 없다와 있다로 종속변수를 두고 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 다른 변수를 통제하지 않은 단변량 로지스틱 회귀분석과 단변량분석에서 p값이 0.25이하인 연령, 주당 음주량, 흡연, 교육, 흡입기간, 월흡입량을 각각 상호 보정변수로 한 다변량 로지스틱 회귀분석을 실시하여 후천성 색각이상에 대한 비차비와 95% 신뢰구간을 산출하였다.

이분형 로지스틱 회귀분석에서 비차비는 연령이 29세 이하군에 비하여 30-34세군은 2.23(95% CI: 0.82~6.04), 35-39세군은 2.32(95% CI: 0.81~6.64), 40세 이상군은 3.54(95% CI: 1.17~10.68)이었고, 비흡연자에 비하여 과거흡연자가 6.19(95% CI: 1.17~32.61), 흡연자는 8.64(95% CI: 1.73~43.08)였으며, 고등학교 졸업 이하군에 비하여 대학교졸업 이상군이 0.18(95% CI: 0.08~0.42)이었다. 또한 흡입제 월흡입량에서는 흡입을 하지 않는 군에 비하여 월 1-29통 흡입하는 경우

2.43(95% CI: 0.91~6.49), 월 30-79통 흡입하는 경우 2.70(95% CI: 0.99~7.37), 월 80통 이상 흡입하는 경우 4.86(95% CI: 1.52~15.52)이었고, 흡입기간은 1년씩 증가할 때마다 비차비가 1.17(95% CI: 1.08~1.28)이었다.

각 변수를 상호보정한 다중 로지스틱 회귀분석에서 비차비는 흡입기간이 1년씩 증가할 때마다 1.20(95% CI: 1.03~1.40)이었고, 다른 변수는 유의하지 않았다(Table 6).

7. 흡입자들의 후천성 색각이상 유무에 대한 일반적 특성과 흡입제 흡입관련 특성의 로지스틱 회귀분석 결과

흡입자들에서 후천성 색각이상 유무에 대한 일반적 특성과 흡입제 흡입관련 특성의 관련성을 살펴보기 위한 단변량분석에서 연령, 흡입기간 및 흡입제를 시작한 연령의 p값이 0.25 이하였으며, 이 변수들에 대한 이분형 로지스틱 회귀분석에서 비차비는 흡입기간이 1년씩 증가할 때마다 비차비가 1.22(95% CI: 1.07~1.41)이었고, 각 변수를 상호보정한 다중 로지스틱 회귀분석에서 비차비는 흡입기간이 1년씩 증가할 때마다 1.23(95% CI: 1.06~1.43)으로 물질의 흡입기간이 1년씩 증가할수록

Table 6. Odds ratio for acquired color vision impairment according to general and inhalation related characteristics (N=122)

Characteristics	Unadjusted		Adjusted*	
	OR [†]	95%CI [‡]	OR	95%CI
Age (years)				
≤29	1.00		1.00	
30-34	2.23	0.82-6.04	1.17	0.35-3.89
35-39	2.32	0.81-6.64	2.42	0.67-8.77
≥40	3.54	1.17-10.68	3.22	0.83-12.44
Drinking (g/week)				
≤99	1.00		1.00	
100-399	0.47	0.19-1.16	0.48	0.15-1.51
≥400	1.08	0.43-2.75	0.76	0.23-2.55
Smoking				
Never smoker	1.00		1.00	
Ex smoker	6.19	1.17-32.61	2.48	0.32-19.31
Current smoker	8.64	1.73-43.08	2.33	0.31-17.86
Education (years)				
≤12	1.00		1.00	
≥13	0.18	0.08-0.42	0.31	0.09-1.08
Inhalation periods (years)	1.17	1.08-1.28	1.20	1.03-1.40
Inhalation quantity (bottle/month)				
0	1.00		1.00	
1-29	2.43	0.91-6.49	0.30	0.05-1.74
30-79	2.70	0.99-7.37	0.49	0.08-3.00
≥80	4.86	1.52-15.52	0.72	0.11-4.85

*multiple logistic regression analysis, adjusted with each variables in the table, [†] odds ratio, [‡] 95% confidence interval.

Table 7. Odds ratio for acquired color vision impairment according to general and inhalation related characteristics in inhalant group (N=81)

Characteristics	Unadjusted		Adjusted*	
	OR [†]	95%CI [‡]	OR	95%CI
Age (years)				
≤29	1.00		1.00	
30-34	1.91	0.59-6.20	1.11	0.35-3.89
35-39	3.55	0.77-16.43	2.21	0.67-8.77
≥40	2.25	0.53-9.54	1.09	0.20-5.90
Inhalation periods (years)	1.22	1.07-1.41	1.23	1.06-1.43
Inhalation beginning age (years)				
≥18	1.00		1.00	
15-17	0.60	0.20-1.81	0.49	0.14-1.75
≤14	1.68	0.47-6.07	1.17	0.27-5.12

*multiple logistic regression analysis, adjusted with each variables in the table, [†]odds ratio, [‡]95% confidence interval.

색각이상이 나타날 위험도가 1.23배 높았으며, 다른 변수는 유의하지 않았다(Table 7).

고 찰

색각(color sense)이란 망막의 추체(cone)가 물체의 색체를 구별, 인식하는 능력을 말한다²⁵⁾. 색각이상에는 선천성과 후천성이 있는데 임상적으로 흔히 볼 수 있는 것은 X 염색체와 관련있는 선천성 색각이상으로 선천적으로 망막 추체의 감광물질 중 한 가지에 이상이 있는 상태이며, 적·녹색 색각이상이 일반적이고 청황 색각이상은 매우 드물다^{26,27)}. 후천성 색각이상은 망막 추체의 후천적 손상 또는 시피질 경로의 이상으로 발생하고, 시신경, 망막질환, 백내장, 녹내장과 같은 안과의 주요한 질환에서 동반된다²⁸⁾. 특히 화학약품에 노출되는 근로자들이나 파킨슨병 같은 퇴행성 신경질환에서도 나타나는 색각 이상은 주로 청황 색각이상이 나타난다^{29,30)}.

Verriest²³⁾는 후천적 색각이상의 형태를 3가지로 분류하였는데, 제1색형(적록색각)이상과 제2색형(적록과 청황색각)이상은 후천적 색각이상이 심해질 경우 초래되며, 독성 시신경장애로 인한 것인 반면에, 제3색형(청황색각)은 후천적 색각 이상의 초기증상으로 나타나며 독성 망막병증에 의해 유발된다고 하였다. 하지만 대부분의 경우 제3색형이상은 시간이 지남에 따라 제2색형으로 진행하는 경향이 있으며, 이는 제2색형이 좀 더 진행된 단계임을 의미한다. Mergler 등¹²⁾에 의하면 청황색범위의 색각이상은 유기용제에 저농도 노출시 발생하는 것으로 대다수가 외부망막층 손상 등의 원인에 의해 초래되며, 노출 농도가 높고 노출기간이 길어질수록 내부망막층과 시신경로가 악화되어 적록·청황 색각이상으로 변화된다고 하였다.

지방족 및 방향족 탄화수소 등의 흡입제를 흡입하는 경우에는 주로 중추신경계 증상이 나타나는데³¹⁾, 비교적 가벼운 증상부터 의식소실, 간질발작 등의 심한 중추신경계 증상까지 나타난다. 대부분 형태학적 변화없이 기능적 변화를 유발하며³²⁾, 습관성 흡입자들에게서는 독성 다발성 신경염³³⁾이 발생하기도 한다.

‘본드’는 공업용 접착제로 합성고무를 다양한 종류의 유기용제에 용해시킨 것으로서 주성분은 톨루엔이다. 톨루엔은 간, 신장, 신경계, 골수, 심혈관계에 이상을 초래하는데³⁴⁾ 톨루엔은 지방친화성으로 신경세포를 쉽게 통과하므로 백색질뇌증(leukoencephalopathy), 소뇌증상 및 치매를 유발하기도 한다³⁵⁾. Borne 등³⁶⁾은 톨루엔에 만성적으로 노출되는 사람의 MRI 소견에서 대뇌와 소뇌의 탈수초화 소견을 보고 하였으며, Kamran³⁷⁾ 역시 MRI에서 뇌량과 소뇌 충부의 위축 소견을 보고 하였다.

흡입제 남용은 혼합 유기용제에 반복적으로 노출된다는 점에서는 직업적 노출과 유사하지만 흡입제 남용의 경우 의식상실을 초래할 정도의 고농도에, 주로 청소년들이 직업적 노출이 없이 노출된다는 측면에서 의의가 있다.

흡입제에 포함된 유기용제는 신경막의 수용체를 변화시킴으로서 시각경로의 신경신호 전달을 방해하거나 시신경 섬유질의 탈수초화 작용으로 시각인지 기능의 장애를 일으켜 색각이상을 유발한다^{10,38-40)}. 유기용제에 의해 유발될 수 있는 색각이상은 선천성 색각이상과 달리 대부분이 청황 색각이상이며 후천적이므로, 환자가 색각이상을 자각할 수 있고, 유기용제의 특성, 노출농도 및 노출기간에 따라 색각이상의 경과가 다양하다⁴¹⁾.

유기용제에 노출된 근로자들의 색각이상에 대한 연구들이 다수 있으나 결론이 일치하지 않고 있다. 일부 연구자들에서 근로자의 유기용제 노출과 후천성 색각이상과는 유의한 관련성이 없다고 보고하고 있고, 선별검사로 사용하

기에 민감도가 부족한 단점을 보고하기도 하였다^{15,16,42,43)}. 그러나 Campagna 등¹⁰⁾, Mergler 등¹²⁾, Gobba 등¹³⁾, Hart²⁶⁾, Triebig 등⁴¹⁾, Pokomey 등⁴⁴⁾의 연구들에서는 유기용제 노출과 색각이상간에 연관성이 있다고 보고하였고, 본 연구 결과에서도 화학물질을 흡입한 대상자들의 총색채차점수가 우안 75.58±21.07, 좌안 75.47±23.63, 색혼란지수가 우안 1.34±0.37, 좌안 1.34±0.42로, 대조군 총색채차점수 우안 61.25±6.79, 좌안 62.49±7.14, 색혼란지수 우안 1.09±0.12, 좌안 1.11±0.13보다 유의한 차이가 있어 유기용제 노출은 색각이상을 유발할 수 있음을 알 수 있다.

경도이상 색각이상자가 흡입군에서 56명(69.1%), 대조군에서 16명(39.0%)으로 유의한 차이가 있었다. 흡입군에서 나타난 후천적 색각이상 유형은 제3색형(청황 색각이상)과 제1색형(적록 색각이상), 제2색형(적록청황 색각이상), 복합형이 모두 나타났다. 이 중 신경손상을 반영하는 청황색 범위의 색각이상인 제3색형 유형은 우안 흡입군 34명(42.0%), 대조군 11명(26.8%), 좌안 흡입군 31명(38.3%), 대조군 13명(31.7%)으로 유의한 차이가 없었으나, 제3색형 색각이상을 나타내는 흡입군의 총색채차점수가 우안 77.64±14.30, 색혼란지수가 1.38±0.25로 대조군 우안의 총색채차점수 70.31±6.83, 색혼란지수 1.25±0.12보다 유의하게 높았다. 또한 손상이 더 진행되었음을 반영하는 제1색형(적록 색각이상)이 4명(4.9%), 제2색형(적록청황 색각이상) 11명(13.6%), 복합형이 12명(14.8%)으로 흡입군에서는 총 24명(29.7%)이 나타난 반면 대조군에서는 제3색형 외의 색각이상을 보이는 대상자가 없었다.

이는 가벼운 색각이상은 비흡입자에게도 나타날 수 있으나, 진행된 색각이상은 흡입자에서 특이적으로 나타남을 의미하는 소견으로 흡입자들을 조기 발견하는데도 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이 결과는 선행 연구들에서 후천적 색각이상은 대다수가 청황색 범위의 색각이상이지만 적록색 색각이상도 있다는 보고²⁹⁾를 뒷받침할 수 있고, 낮은 농도 유기용제 노출은 주로 청황색 범위의 색각이상으로 나타나지만, 고농도의 유기용제에 많이 노출되면 될수록 적록색 범위의 색각이상과 관련이 있다는 보고^{13,34,45)}와 일치하는 소견이다.

Valic 등⁴⁶⁾의 연구에서는 유기용제에 노출되는 근로자들에게서 알코올의 섭취가 후천성 색각이상의 위험성을 높인다고 하였고, Campagna 등¹⁰⁾도 알코올을 섭취하는 근로자들에서 트리클로에틸렌, 톨루엔, 자일렌, 퍼클로에틸렌 등에 노출되는 경우 색혼란지수가 더 많은 영향을 받는다는 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 다중 로지스틱 회귀분석 결과 음주가 색각이상에 영향을 주는 변수는 아니었다.

다중 로지스틱 회귀분석 결과는 후천적 색각이상에 영향을 주는 변수가 흡입기간뿐 이었는데 이로 미루어 보아 유기용제에 만성적으로 노출되는 근로자들에 있어서 작업경력이 많은 대상자들에게는 특수검진항목으로 색각검사를 포함하여 확인하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 이 연구의 제한점으로 흡입제로 인한 유기용제 및 화학물질 노출이 직업적 노출과 달리 고강도지만 간헐적으로 이루어지므로 흡입으로 인한 개인의 노출정도를 계량화하여 측정할 수 없었으며, 물질 종류별 노출량을 정확히 측정하여 노출 정도별 색각이상의 차이를 파악하기 어려웠고, 정보수집시 대상자의 기억편견이 개입될 가능성이 있다는 점을 생각할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 정확한 누적노출량을 측정할 수 있는 방법의 고안이 필요할 것이다.

이 연구를 통해 흡입제 남용자에서 발생한 색각이상을 색각검사로 확인할 수 있었고, 흡입기간이 유일하게 색각이상에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 이 결과는 흡입제 남용이나 유기용제 노출에 의한 중추신경계 손상을 조기에 발견하는데 색각검사의 적용점에 있어 참고가 되고, 비가역적인 신경손상의 위험성을 교육하는데 적절하게 활용할 수 있을 것이다.

요 약

목적: 국립부곡병원과 국립법무병원에 입원한 신경독성 화학물질 흡입자를 대상으로 흡입제 노출이 후천성 색각이상에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

방법: 국립부곡병원과 국립법무병원에 입원한 신경독성 화학물질 흡입자 총 81명을 흡입군으로 하고, 비슷한 연령대의 국립부곡병원 사무직 직원 41명을 대조군으로 총 122명을 대상으로 2009년 6월부터 12월까지 색각검사를 수행하였다. 면접조사로 대상자의 일반적 특성, 음주력, 흡연력, 화학물질 흡입 시작시기, 흡입제 종류, 일회 흡입량 및 빈도, 흡입기간에 대해 조사하였다. 색각이상은 Lanthony D-15 desaturated 색각검사를 이용하여 정성분석으로 색각이상을 형태적으로 분류하고, 정량분석으로 총색채차점수를 Bowman법으로 지수화하고, 총색채차점수 65.1 또는 색혼란지수 1.26 이상일 때 색각이상으로 판정하였다.

결과: 화학물질 흡입제 흡입군 우안의 총색채차점수 75.58±21.07, 색혼란지수 1.34±0.37은 대조군 총색채차점수 61.25±6.79, 색혼란지수 1.09±0.12에 비해 유의하게 높았고, 흡입군 좌안의 총색채차점수 75.47±23.63, 색혼란지수 1.34±0.42는 대조군 총색채차점수 62.49±7.14, 색혼란지수 1.11±0.13에 비해 유의하게 높았다(p<0.001). 색각이상자는 흡입군 우안 50명(61.8%), 좌안 48명(59.2%), 대조군 우안 11명

(26.8%), 좌안 13명(31.7%)으로 흡입군에서 유의하게 많았고, 색혼란지수에 의한 색각이상자도 흡입군에서 우안 38명(46.9%) 좌안 35명(43.2%), 대조군에서 우안 4명(9.8%), 좌안 7명(17.0%)으로 흡입군이 유의하게 많았다($p < 0.01$). 제3색형 색각이상의 색혼란지수는 흡입군 우안 1.38 ± 0.25 로 대조군 우안 1.25 ± 0.12 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 흡입군에서는 망막손상이 더 진행되었음을 반영하는 제1색형(적록색각이상)이 4명(4.9%), 제2색형(적록청황색각이상) 11명(13.6%), 복합형 12명(14.8%)이었으나, 대조군은 없었다. 후천적 색각이상 유무를 종속변수로 한 다중 로지스틱 회귀분석에서 흡입기간($OR=1.20$, 95% CI: 1.03~1.40)이 유의한 변수로 나타났다.

결론: 신경독성 화학물질 흡입은 색각이상을 발생할 수 있으며, 흡입제의 흡입과 관련된 조건 중 흡입기간이 후천성 색각이상에 유의한 영향을 주는 변수이다.

참 고 문 헌

- 1) Chang JK. The literature review of inhalant abuse. Journal of Korean Home Management Association 1995;13(1):168-78. (Korean)
- 2) Cheon KS. A war against crime and violence: Story about a policeman for crime prevention (translated by Kim MH). Light and Salt. Seoul. 1994. (Korean)
- 3) Nicholi AM. Recent patterns of psychoactive drug use among college students: The inhalants. J Am Coll Health 1983;32(1):41-3.
- 4) Park MY. Countermeasure and state for drug abuse of adolescents (translated by Kim MH). Studies on Korean Youth. 1990;1(3):115-6. (Korean)
- 5) Korea Food and Drug Administration. Introduction to education about drug abuse (translated by Kim MH). Korea Food and Drug Administration. Seoul. 2009. pp 52-68. (Korean)
- 6) Massengale ON, Glaser HH, LeLievre RE, Dodds JB, Klock ME. Physical and psychologic factors in glue sniffing. N Engl J Med 1963;269:1340-4.
- 7) Ministry of Health and Welfare. A white book of 2007 adolescent. Ministry of Health and Welfare. Seoul. 2008. pp 371-408. (Korean)
- 8) An YC. Study on way on stop the realities of juveniles substance abuse and preventional method. Graduate school of venture, Hoseo university. Asan. 2006. pp 51-76. (Korean)
- 9) Sakong J. Neurobehavioral assessment of the workers exposed to organic solvents. Korean J Occup Health 2002;41(1):8-15. (Korean)
- 10) Campagna D, Mergler D, Huel G, Belanger S, Truchon G, Ostiguy C, Drolet D. Visual dysfunction among styrene-exposed worker. Scand J Work Environ Health 1995;21(5):382-90.
- 11) Mergler D, Huel G, Belanger S, Bowler RM, Truchon

- G, Drolet D, Ostiguy C. Surveillance of early neurotoxic dysfunction. Neurotoxicology 1996;17(3-4):803-12.
- 12) 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.
- 13) Gobba F, Galassi C, Imbriani M, Ghittori S, Candela S, Cavalleri A. Acquired dyschromatopsia among styrene-exposed workers. J Occup Med 1991;33(7): 761-5.
- 14) Grant WM. The peripheral visual system as a target. In Schaumberg HH, Spencer P(eds) Neurotoxicology. Williams and Wilkins. London. 1980.
- 15) Lee EH, Choi KH, Chae HH, Paek DM. Usefulness of color vision test for early detection of neurological damages by neurotoxic substances. J Prev Med Public Health 2008;41(6):397-406. (Korean)
- 16) Kang MJ, Kang SH, Suh SK, Shin DH, Lee JY. The assessment of acquired dyschromatopsia among organic-solvents exposed workers. J Prev Med Public Health 1996;29(3):529-38. (Korean)
- 17) 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)
- 18) Byun JH, Lee KY, Kim YK, Ko KW, Lee YH. Acquired dyschromatopsia in women workers in shoe manufacturing who were exposed to organic solvents. Korean J Occup Environ Med 2001;13(3):232-41. (Korean)
- 19) Lee EH, Cho SI, Cheong HK, David AA, Paek DM. Acquired color vision impairment among solvent-exposed workers in petrochemical industry. J Korean Ophthalmic Opt Soc 2004;9(2):257-67. (Korean)
- 20) Hahn CS. Color test using the Hahn pseudoisochromatic plates. J Korean Ophth Soc 1980;21(3):239-46. (Korean)
- 21) Lanthoney P. The desaturated Panel D-15. Doc Ophthalmol 1978;46:185-9.
- 22) Lanthoney P. Evaluation of the desaturated panel D-15. III. Evaluation of the validity of desaturated Panel D-15. J Fr Ophthalmol 1994;17(1):15-21.
- 23) Verriest G. Further studies on acquired deficiency of color discrimination. J Opt Soc Am 1963;53:185-95.
- 24) Bowman KJ. A method for quantitative scoring method of the Farnsworth Panel D-15. Acta Ophthalmol 1982;60(6):907-16.
- 25) Kim JH, Park JS, Shin HH. A review of color deficiency among the industrial workers. J Soonchunhyang Univ 1986;9(2):1279-84. (Korean)
- 26) Hart WM Jr. Acquired dyschromatopsias. Surv Ophthalmol 1987;32(1):10-31.
- 27) Han CS. Aptitude of congenital color - defectives for school and occupation. J Korean Ophthalmol Soc 1985;26(2):185-91. (Korean)
- 28) Lee KC, Lee JH, Jung WS. A case of withdrawal epileptic attack after the discontinuation of the volatile solvent abuse (glue sniffing). J Korean Neuropsychiatr Assoc 1992;30(2):414-8. (Korean)

- 29) Gobba F, Cavalleri A. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology* 2003;24(4-5):693-702.
- 30) Urban P, Gobba F, Nerudova J, Lukas E, Cabelkova Z, Cikrt M. Color discrimination impairment in workers exposed to mercury vapor. *Neurotoxicology* 2003; 24(4-5):711-6.
- 31) Westermeyer J. The psychiatrist and solvent inhalant abuse: recognition, assessment, and treatment. *Am J Psychiatry* 1987;144(7):903-7.
- 32) Kim H, Kim SM, Cho SH. Effects of glue sniffing on weight increase or central nervous system of young rat. *J Prev Med Public Health* 1993;26(2):222-30. (Korean)
- 33) Arena JM, Drew RH. Miscellaneous compounds. In *toxicology*. 5th ed. Charies C Thomas. Illinois. 1986. pp 875-8.
- 34) Park SH, Choi HJ, Chun SM, Ha NR, Park SL, Kim GH, Im TH. Glue sniffing presenting with severe hypokalemia and metabolic acidosis - A case report -. *J Korean Soc Emerg Med* 2005;16(5):595-600. (Korean)
- 35) Kaufman DM. Peripheral nerve disorders. In *clinical neurology for psychiatrists*. 3rd ed. Library of Congress. New York. 1990.
- 36) Borne J, Riascos R, Cuellar H, Vargas D, Rojas R. Neuroimaging in drug and substance abuse part II: opioids and solvents. *Top Magn Reson Imaging* 2005;16(3):239-45.
- 37) Kamran S, Bakshi R. MRI in chronic toluene abuse: low signal in the cerebral cortex on T2-weighted images. *Neuroradiology* 1998;40(8):519-21.
- 38) Cavalleri A, Gobba F, Nicali E, Fiocchi V. Dose-related color vision impairment in toluene-exposed workers. *Arch Environ Health* 2000;55(6):399-404.
- 39) Raitta C, Teir H, Tolonen M, Nurminen M, Helpio E, Malmstrom S. Impaired color discrimination among viscose rayon workers exposed to carbon disulfide. *J Occup Med* 1981;23(3):189-92.
- 40) Wyse DG. Deliberate inhalation of volatile hydrocarbons: a review. *Can Med Assoc J* 1973;108(1):71-4.
- 41) Triebig G, Stark T, Ihrig A, Dietz MC. Intervention study on acquired color vision deficiencies in styrene-exposed workers. *J Occup Environ Med* 2001;43(5): 494-500.
- 42) Paramei GV, Meyer-Baron M, Seeber A. Impairments of colour vision induced by organic solvents: A meta-analysis study. *Neurotoxicology* 2004;25(5):803-16.
- 43) Nakatsuka H, Watanabe T, Takeuchi Y, Hisanaga N, Shibata E, Suzuki H, Huang MY, Chen Z, Qu QS, Ikeda M. Absence of blue-yellow color vision loss among workers exposed to toluene or tetrachloroethylene, mostly at levels below occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64(2):113-7.
- 44) Pokomey J, Smith VC, Verriest G, Pinkers AJ. Congenital and acquired colour vision defects. Grune and Stratton. New York. 1979.
- 45) 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.
- 46) Valic E, Waldhor T, Konnaris C, Michitsch A, Wolf C. Acquired dyschromatopsia in combined exposure to solvents and alcohol. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;70(6):403-6.