

자동차 페인트 도장공에 있어서 컴퓨터를 이용한 신경행동검사 수행기능의 평가

사 공 준 · 정 종 학

영남대학교 의과대학 예방의학교실

= Abstract =

Effect on Computerized Neurobehavioral Test Performance of the Car Painters Exposed to Organic Solvents

Kong Joon Sa, Jong-Hak Chung

Department of Medical Science, College of Medicine, Yeungnam University

A cross-sectional study was performed to evaluate the effects of chronic low-dose solvent on neurobehavioral performance of 118 male car painters. A control group of 113 workers matched for age was selected from different sections of the factory.

The mean age and the mean duration of employment were 33 years and 6.7 years in both groups. Mean years of education were 11.4 years in car painters and 11.8 years in controls. Each worker completed a medical and occupational questionnaire and four tests of Swedish performance evaluation system. These included simple reaction time, symbol digit, digit span and finger tapping speed.

Although the mean duration of employment was 6.7 years, comparison of mean performance showed a significantly poorer performance on simple reaction time ($p < 0.05$), symbol digit ($p < 0.01$) and digit span ($p < 0.05$) in car painters. In univariate analysis, age and educational level contributed to poorer performance on symbol digit and digit span. Smoking appeared to slow finger tapping speed in car painters. Performance of four tests of car painters exposed to high level of solvent was poorer than that of car painters exposed to low level.

In multiple regression models, controlling for age, alcohol, smoking and shift work, solvent exposure was found to be associated with performance of simple reaction time, symbol digit and digit span and exposure to high level of solvent was related to poorer performance of symbol digit and digit span.

Key words : car painter, neurobehavioral test, computer

서 론

산업장에서 사용되는 유기용제의 세계적 생산량은 1978년에 400만톤을 넘었으며 1980년대에도 매년 1.7%씩 증가하였다(Baker, 1985). 우리나라에서도 유기용제에 직업적으로 폭로되는 인구가 급속히 증가하여 1991년에 유기용제에 관한 특수건강진단을 받은 근로자는 98,605명으로서 전체 수검자의 18%에 해당하며 특수건강진단의 수검률(대한산업보건협회, 1991)을 감안할 때 더 많은 수의 근로자가 유기용제에 폭로되고 있는 것으로 추정된다.

저농도의 유기용제에 장기간 폭로됨으로서 발생하는 정서이상, 집중력감소, 기억력감소 및 협조운동장애 등 신경행동기능장애와 관련된 질병들은 도장공증후군(painter's syndrome), 정신기질증후군(psycho-organic syndrome) 혹은 신경쇠약증후군(neurasthenic syndrome) 등으로 불려져 왔다(Bleecker 등, 1991). 그러나 이들 질병들은 증상이 매우 비특이적이며 명백한 병리적 소견을 동반하지 않을 뿐아니라 작업장의 다른 요인에 의해서도 충분히 발생할 수 있으므로 유기용제와 이들 질병들과의 관계를 정확히 밝히는 데는 많은 어려움이 있으며 의학적으로도 크게 주목을 받지 못하였다. 1970년대부터 북부유럽 등 산업의학이 발전한 선진국을 중심으로 저농도 유기용제에 만성적인 폭로가 신경행동기능에 미치는 영향을 양적으로 측정하거나, 폭로에 의해 발생할 수 있는 질병의 종류와 장애의 범위를 규명하기 위한 연구들(Baker, 1985; Ekberg 등, 1988; Gerr와 Letz, 1992)이 진행되어 왔다.

Cook 등(1991), Esheverria 등(1991) 및 Gamberale 등(1989)은 실험적 연구에서 허용농도 이하의 유기용제에 폭로되어도 반응시간(reaction time), 단기기억(short-term memory), 지각속도(perceptual speed) 등의 기능이 저하된다고 보고하였으며, 레이온공장에서 이황화탄소에 폭로되는 근로자들을 대상으로 한 연구(Hänninen,

1971), 건축도장공들과 보트공장 근로자들을 대상으로 한 연구(Fidler 등, 1987; Baker 등, 1988; Letz 등, 1990), 자동차공장과 조선소의 도장공을 대상으로 한 연구 등(Elofsson 등, 1980; Bleecker 등, 1991; Daniell 등, 1993) 산업장 근로자들을 대상으로 한 역학적 연구들도 폭로군이 비폭로군에 비해 인지기능(cognitive function), 단기기억력, 지각속도 및 정신운동기능(psychomotor performance)이 저하되어 있다고 보고하였다.

세계보건기구(WHO, 1985)는 유기용제중독의 명확한 자각증상과 감각이상, 시각 및 청각장애, 협조운동저하, 기억력저하 및 이해력저하 등의 신경행동기능장애와 함께 뇌파이상 및 신경전달 속도감소 등의 신경생리학적 장애가 동시에 나타나는 경우 만성중독성 뇌증(chronic toxic encephalopathy)로 분류하고 있으며, 핀란드와 스웨덴 등의 북유럽지역에서도 유기용제중독의 진단 기준에 폭로의 확인, 전형적인 자각증상 및 임상적 감별진단과 함께 신경행동기능장애를 포함시킴으로서 만성적으로 유기용제에 폭로되는 근로자들에게 적용할 수 있는 신경행동검사의 필요성을 강조하고 있다.

현재 비교적 많이 이용되는 신경행동검사에는 Goldstein의 Halstead-Reitan battery, Hänninen 등이 개발한 Helsinki neurobehavioral test battery, Ryan 등의 Pittsburgh occupational exposures battery 및 WHO와 National Institute for Occupational Safety and Health가 공동으로 개발한 WHO neurobehavioral core test battery (WHO-NCTB) 등 매우 다양한 종류(Singer, 1990)가 있으나 검사방법이 연구자의 필요에 의해 변형되거나 연구자의 경험에 의해 검사항목이 선택되는 경향이 있어 연구간의 결과를 비교하는데 어려움이 있으며, 종이의 연필 또는 기구를 이용하여 검사자와의 면접을 통하여 검사가 이루어지므로 검사의 타당성과 신뢰성에도 많은 문제가 초래되었다.

우리나라에서도 유기용제의 직업적 폭로로 인

대상 및 방법

한 만성중독성 뇌증의 발생이 보고된 바 있어(천용희, 1991; 강성규 등, 1992) 유기용제와 같은 신경독성물질에 의한 신경계 기능장애를 조기에 발견할 수 있는 신경행동검사의 필요성이 강조되고 있다. 그러나 지금까지 국내에서 수행된 연구들은 유기용제폭로에 의한 주관적인 자각증상, 작업환경농도 및 유기용제의 인체내 대사산물에 관한 것이 대부분으로 신경행동기능에 관한 연구는 매우 미흡하였다(Lee와 Lee, 1992; 강성규 등, 1993). 이는 숙련된 전문인과 다양한 기구 및 장비가 필요하고 많은 시간이 소요되는 신경행동검사를 산업장 근로자들에게 시행하는 데 따르는 현실적인 어려움 때문으로 생각된다.

신경행동검사들 중 컴퓨터를 이용한 신경행동검사는 여러 가지 요인으로 인해 편견이 개입되기 쉬운 기존의 신경행동검사에 비해 검사과정이 표준화되어 있어 연구들의 결과를 비교하기 쉽고, 각각의 자극과 반응에 대한 개별적 관찰이 가능하며, 측정의 재현성이 우수하고, 수행기능의 점수화와 자료의 저장 및 변환이 용이하며, 다양한 종류의 검사항목을 쉽게 선택할 수 있고 필요에 따라 쉽게 변경할 수 있는 장점을 가지므로(Baker 등, 1985; Iregren, 1988; Gamberale 등, 1989; Singer, 1990; Iregren과 Gamberale, 1990; Letz, 1991) 기존의 신경행동검사들이 가지는 단점이 보완된 새로운 검사방법으로 주목받고 있으나 우리나라에서 신경독성물질에 폭로되는 근로자들의 신경행동기능을 평가하기 위하여 컴퓨터를 이용한 신경행동검사를 시행한 실험적 혹은 역학적 연구는 아직 보고된 바 없다.

이 연구의 목적은 유기용제에 만성적으로 폭로되는 자동차공장 도장공들을 대상으로 컴퓨터를 이용한 신경행동검사 중 단순반응시간(simple reaction time), 숫자부호짜짓기(symbol digit), 숫자외우기(digit span) 및 손가락 민첩성검사(finger tapping speed)를 시행하여 유기용제폭로가 근로자의 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하는데 있다.

울산시에 있는 모 자동차공장 근로자 중 도장공 118명과 대조군 113명, 총 231명을 대상으로 하였다. 유기용제 폭로군은 자동차공장의 도장부서에서 차체에 분무식 도장작업을 하는 도장공으로서 톨루엔, 크실렌, 노말헥산, 테트라클로로에틸렌, 메틸에틸케톤 및 메틸이소부틸케톤 등에 만성적으로 폭로되며 유기용제에 관한 특수건강진단 대상자이다. 대조군으로는 사회경제적 상태와 학력수준 및 컴퓨터에 대한 친숙도가 도장공과 유사한 생산직 근로자 중 주조, 단조, 의장, 차체, 프레스 및 품질관리 등의 부서에 근무하는 근로자들을 대상으로 면접을 통하여 작업내용을 조사한후 도장공과 연령을 짝짓기하여 선택하였다.

자동차공장의 경우 여성 근로자의 수는 매우 적으므로 남성 근로자만을 대상으로 하였으며 근로자 중 고혈압, 당뇨병, 청각 및 시각이상, 심한 요통 등 검사에 영향을 미칠 수 있는 신체적 장애를 가진 근로자와 약을 복용하고 있거나 전날 음주를 한 근로자는 제외하였다. 그의 교통사고 및 안전사고의 경험이 있는 근로자도 제외하였다.

폭로군과 대조군을 대상으로 1992년 4월부터 두 달 동안 연령, 작업부서, 근무년수, 주야간 교대작업 여부, 음주 및 흡연습관을 자기기입식 설문지를 통하여 조사하였다. 도장부서의 유기용제에 관한 작업환경농도는 활성탄관(charcoal tube)을 부착한 공기시료채취기(personal air sampler)를 스프레이 도장작업이 주로 이루어지는 전착, 중도, 상도 부서의 근로자들의 호흡기 위치에 부착하여 포집하였다. 흡인된 유기용제 시료를 가스크로마토그래프를 이용하여 메틸에틸케톤, 톨루엔, 크실렌, 노말헥산 등의 농도를 측정하고 각 부서별 혼합물의 허용농도에 대한 백분율을 구하였다. 신경행동검사는 비교적 조용하고 격리된 공간에서 개인용 컴퓨터(286AT, color monitor)와 신경행동검사용 컴퓨터 프로그램 Swedish Performance Evaluation System(SPES)을 이용하여

단순반응시간, 숫자부호짜짓기, 숫자의우기, 손가락 민첩성검사를 모든 대상자에게 동일한 순서와 session으로 시행하였다. 피검자와의 대화를 규격화, 최소화 하기 위해 검사자는 준비된 설명서를 이용하여 화면에 나타나는 자극의 형태와 키보드를 이용하여 반응하는 방법을 교육하였으며 피검자의 폭로상태를 모르는 상태에서 검사를 시행하였다.

각 검사의 수행방법과 수행기능의 점수화과정은 다음과 같다.

1. 단순반응시간

단순반응시간은 정신운동기능을 평가하기 위한 검사이다(Baker 등, 1988; Gamberale 등, 1989). 화면에 붉은 색의 사각형이 2.5~5초 간격으로 불규칙하게 96회 나타나며 피검자는 사각형이 나타나면 최대한 빨리 키보드의 키를 누른다. 컴퓨터는 화면에 사각형이 나타나는 순간부터 피검자가 키를 누를 때까지의 시간을 0.001초 단위로 측정한다. 사각형은 6분 동안 96번 나타나며 처음 1분 동안 연습을 한 뒤 나중 5분간의 검사에서 하나의 자극에 대한 반응시간과 평균반응시간 및 표준편차가 자동적으로 기록된다.

2. 숫자부호짜짓기

숫자부호짜짓기는 다른 검사에 비해 상대적으로 복잡하고 높은 지각능력을 요구하는 검사로서 신경독성물질로 인한 광범위한 뇌기능장애를 발견하는 데 예민한 검사이다(Singer, 1990). 화면의 상단에 임의로 짜지어진 부호와 1에서 9까지의 숫자가 나타나며 하단에는 상단과 다른 순서로 배열된 부호와 9개의 빈 칸이 나타난다. 피검자는 상단에 예시된 부호와 숫자의 짝과 일치되게 숫자키를 이용하여 하단의 빈칸에 숫자를 입력한다. 총 90회의 숫자부호짜짓기를 시행하게 되며 처음 40회의 연습시행 후 나중 60회의 시행에 있어서 짜짓기의 반응시간과 잘못 짜지은 횟수가 자동적으로 기록된다.

3. 숫자의우기

숫자의우기는 최대로 기억할 수 있는 숫자의 개수를 측정함으로써 단기기억력을 평가한다. 반복해서 시행하는 경우 검사의 단순성에 비해 타당성이 매우 높다(Singer, 1990). 한 자리 숫자가 화면에 한 개씩 연속적으로 나타난다. 피검자는 나타났던 모든 숫자를 기억하였다가 화면에 물음표와 빈칸이 나타나면 키를 이용하여 나타난 순서에 따라 숫자를 입력한다. 숫자는 1초 동안 보여지며 3개의 숫자에서 시작하여 피검자가 정확하게 기억하면 자동적으로 한 개씩 증가하고 틀리게 기억하면 자동적으로 한 개씩 감소한다. 컴퓨터는 피검자가 기억하는 숫자의 개수를 기록하며 피검자가 특정 개수에서 맞힘과 틀림을 여섯 번 이상 반복하면 자동적으로 검사를 중단한다.

4. 손가락 민첩성검사

지속적인 운동능력을 평가하기 위한 검사이다(Gamberale 등, 1989). 팔을 테이블 위에 얹은 상태에서 중지를 알리는 음향과 화면이 나타날 때까지 집게손가락으로 특정 키를 가능한 빠르게 두드린다. 평상시 자주 쓰는 손, 우수(dominant hand)와 자주 쓰지 않는 손, 열수(nondominant hand)를 교대로 검사하며 연습 2회를 포함하여 한손에 4회씩 총 8회의 검사를 수행한다. 컴퓨터는 10초 동안의 두드림 횟수와 양손의 평균횟수를 기록한다.

4가지 검사에 필요한 시간은 25분이나 소개와 교육에 소요된 시간을 합친 실제소요시간은 35~40분이었다. 검사결과는 컴퓨터의 기억장치에 자동적으로 저장되는 동시에 프린터를 통하여 출력됨으로 피검자에게 검사결과를 즉시 알려줄 수가 있으며 기억장치에 저장된 자료는 통계프로그램용으로 쉽게 전환된다.

자료의 통계적 분석을 위하여 SPSS-PC+ (Norusis, 1990)프로그램을 이용하여 t-test, χ^2 -test, 일원변량분석 및 다중회귀분석을 실시하였다.

성 적

연구에 참여한 근로자의 특성은 Table 1 과 같다. 평균연령은 도장공과 대조군 모두 33세, 평균 근무년수는 도장공과 대조군이 6.7년, 6.8년, 교육을 받은 년수는 도장공이 11.4년, 대조군이 11.8년으로 나타났다. 음주군의 비율은 도장공에서 26.3%, 대조군에서 35.4% 였으며, 근로자를 비흡연군, 1갑 이하 및 더 많이 피우는 군으로 나누었을 때 세 군의 비는 도장공에서 27:34:39, 대조군에서 28:25:47로서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 주야간 교대작업에 참여하는 근로자의 비율은 도장공의 경우 79% 인데 비해, 대조군은 65% 로서 도장공에서 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

도장공과 대조군의 신경행동검사 수행기능의 평균 및 표준편차는 Table 2 와 같다. 단순반응시간에서의 평균반응시간은 도장공이 257.5 msec 로서 대조군의 242.5 msec 에 비해 유의하게 길었다 ($p < 0.05$). 숫자부호짜짓기의 평균반응시간은 도장공이 3087.4 msec, 대조군이 2842.3 msec 으로 도

장공이 유의하게 길었다 ($p < 0.01$). 잘못 짝지은 횟수도 도장공이 1.8 회로서 대조군의 1.3 회에 비해 많았으나 유의하지는 않았다. 숫자의우기의 평균개수는 도장공이 7.6 개로서 대조군의 8.2 개에 비해 유의하게 적었다 ($p < 0.05$). 손가락 민첩성검사의 두드림 횟수는 도장공과 대조군에서 우수와 열수 모두에서 도장공의 두드림 횟수가 적었으나 두 군간의 차이가 유의하지는 않았다.

근로자의 일반적인 특성과 직업과 관련된 특성이 신경행동기능에 미치는 영향은 다음과 같다. 단순반응시간에서 주야간 교대근무가 반응시간을 지연시키는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았으며 여러 특성들이 반응시간에 미치는 영향이 도장공과 대조군에서 일치하지 않는 경향을 보였다 (Table 3).

숫자부호짜짓기에서는 연령과 근무년수가 증가할수록, 교육수준이 낮을수록 반응시간이 매우 유의하게 지연되었으며 ($p < 0.01$) 다른 변수들의 영향도 도장공과 대조군에서 일관성 있게 나타났다. 잘못 짝지은 횟수는 교육수준이 높은 군이 낮

Table 1. General and work related characteristics of car painters and controls

Characteristics	Car painters (n=118)	Controls (n=113)	p-value
Age (yrs.)	33.0 ± 4.4	33.1 ± 3.8	NS
Education (yrs.)	11.4 ± 1.2	11.8 ± 0.9	0.01
Duration of employment (yrs.)	6.7 ± 3.2	6.8 ± 3.0	NS
Shift work (%)			
No	21.2	35.4	0.02
Yes	78.8	64.6	
Alcohol (%)			
No	26.3	35.4	NS
Yes	73.7	64.6	
Smoking (%)			
None	27.1	28.3	NS
≤ 1 pack / day	33.9	24.8	
> 1 pack / day	39.0	46.9	

Table 2. Results of neurobehavioral performance test for car painters and controls

Performance test	Parameter	Car painters (n = 118)	Controls (n = 113)
Simple reaction time	Reaction time (msec)	257.5 ± 46.9*	242.5 ± 32.8
Symbol digit	Reaction time (msec)	3087.4 ± 600.8**	2842.3 ± 485.6
	No. of error	1.80 ± 2.4	1.32 ± 1.9
Digit span	Length of memory span	7.61 ± 1.43**	8.23 ± 1.62
Finger tapping speed	No. of taps/10 sec:		
	Dominant hand	65.63 ± 6.1	66.33 ± 6.2
	Nondominant hand	59.29 ± 5.9	59.67 ± 6.0

* p < 0.05, ** p < 0.01 as measured by t-test.
Values are Mean ± SD.

Table 3. Results of simple reaction time for car painters and controls by characteristics (unit: msec)

Characteristics	Car painters (n = 118)		Controls (n = 113)	
	No.	Mean ± SD	No.	Mean ± SD
Age (yrs.)				
≤ 29	26	260.2 ± 59.5	16	238.5 ± 25.7
30~34	57	256.7 ± 39.5	65	239.2 ± 31.5
35~39	24	251.3 ± 32.2	23	250.6 ± 33.4
40+	11	268.9 ± 74.6	9	253.4 ± 48.5
Education (yrs.)				
≤ 9	23	265.0 ± 53.2	10	228.0 ± 20.4
10+	95	255.7 ± 45.4	103	243.9 ± 33.5
Duration of employment (yrs.)				
≤ 4.9	32	260.5 ± 54.6	30	232.1 ± 20.5
5.0~9.9	67	256.4 ± 38.9	70	248.3 ± 36.9
10.0+	19	256.6 ± 60.1	13	235.2 ± 25.4
Shift work				
No	25	251.4 ± 36.8	40	239.2 ± 34.1
Yes	93	259.2 ± 49.4	73	244.4 ± 32.1
Alcohol				
No	31	246.9 ± 37.0	40	247.3 ± 36.0
Yes	87	261.3 ± 49.6	73	239.9 ± 30.8
Smoking				
None	32	251.2 ± 37.1	32	243.1 ± 28.3
≤ 1 pack/day	40	256.2 ± 43.4	28	244.2 ± 34.3
> 1 pack/day	46	263.1 ± 55.5	53	241.3 ± 35.0

은 군에 비해 두 군 모두에서 적었다(Table 4).

숫자의외우기의 개수는 연령이 낮을수록, 교육수준이 높을수록 두 군 모두에서 유의하게 증가하였으며 근무년수의 증가와 음주에 따라 감소하는 경향을 보였다(Table 5).

손가락 민첩성검사에서는 흡연군이 비흡연군에 비해 양손 모두에서 두드림 횟수가 적었고 교육수준이 높을수록 양손 모두에서 두드림 횟수가 많았다(Table 6, 7).

유기용제 작업환경농도를 복합유기용제 허용농도(ACGIH, 1991)의 백분율로 전환하고 이에

따라 도장공들을 3군으로 나누었을 때 유기용제 농도가 높을수록 숫자부호짜짓기의 반응시간이 지연되었으며 통계적으로도 유의하였다($p < 0.01$). 단순반응시간 및 숫자의외우는 작업환경농도의 증가에 따라 반응시간이 지연되고 개수가 적어지는 경향을 보였으나 유의하지는 않았다(Table 8).

혼란변수의 영향을 통제한 후 유기용제폭로 여부가 신경행동검사에 미치는 영향을 평가하기 위해 신경행동검사 수행기능을 종속변수로 하고, 유기용제폭로 여부, 연령, 주야간 교대작업, 음주

Table 4. Results of symbol digit for car painters and controls by characteristics (unit: msec)

Characteristics	Car painters (n = 118)			Controls (n = 113)		
	No.	Mean ± SD	No. of error	No.	Mean ± SD	No. of error
Age (yrs.)						
≤ 29	26	2862.3 ± 359.1**	1.2	16	2559.9 ± 342.2**	1.1
30~34	57	2987.1 ± 478.3	2.0	65	2802.2 ± 355.3	1.4
35~39	24	3316.7 ± 741.7	1.8	23	3032.1 ± 661.6	1.4
40+	11	3638.6 ± 839.4	2.4	9	3179.8 ± 689.8	1.3
Education (yrs.)						
≤ 9	23	3654.1 ± 877.4**	2.0	10	3637.4 ± 715.5**	2.2
10+	95	2950.1 ± 414.0	1.7	103	2765.2 ± 381.7	1.2
Duration of employment (yrs.)						
≤ 4.9	32	2917.7 ± 443.3**	1.2	30	2693.8 ± 332.5**	1.5
5.0~9.9	67	3030.3 ± 536.1	1.8	70	2816.4 ± 382.8	1.2
10.0+	19	3574.3 ± 800.2	2.9	13	3324.8 ± 882.7	1.8
Shift work						
No	25	3277.5 ± 735.3	1.7	40	2834.5 ± 567.2	1.3
Yes	93	3036.2 ± 552.7	1.8	73	2846.7 ± 438.7	1.7
Alcohol						
No	31	2950.0 ± 527.0	1.3	40	2824.2 ± 524.7	1.7
Yes	87	3136.3 ± 620.4	2.0	73	2852.3 ± 466.2	1.1
Smoking						
None	32	2986.8 ± 508.4	2.1	32	2819.1 ± 580.9	1.6
≤ 1 pack/day	40	3041.6 ± 528.0	1.5	28	2844.8 ± 458.1	1.2
> 1 pack/day	46	3197.0 ± 705.3	1.8	53	2855.1 ± 444.0	1.2

** $p < 0.01$ as measured by one-way ANOVA.

** $p < 0.01$ as measured by t-test.

Table 5. Results of digit span for car painters and controls by characteristics (unit: length of memory span)

Characteristics	Car painters (n = 118)		Controls (n = 113)	
	No.	Mean ± SD	No.	Mean ± SD
Age (yrs.)				
≤ 29	26	7.46 ± 1.37	16	8.81 ± 1.50*
30~34	57	7.99 ± 1.28	65	8.41 ± 1.54
35~39	24	7.08 ± 1.47	23	7.80 ± 1.72
40+	11	7.14 ± 1.80	9	7.06 ± 1.59
Education (yrs.)				
≤ 9	23	6.85 ± 1.64**	10	7.00 ± 2.01*
10+	95	7.79 ± 1.32	103	8.35 ± 1.54
Duration of employment (yrs.)				
≤ 4.9	32	7.50 ± 1.48	30	8.33 ± 1.37
5.0~9.9	67	7.77 ± 1.33	70	8.46 ± 1.56
10.0+	19	7.24 ± 1.66	13	6.81 ± 1.89
Shift work				
No	25	7.50 ± 1.47	40	8.40 ± 1.60
Yes	93	7.64 ± 1.43	73	8.14 ± 1.64
Alcohol				
No	31	7.89 ± 1.36	40	8.33 ± 1.58
Yes	87	7.51 ± 1.45	73	8.18 ± 1.65
Smoking				
None	32	7.81 ± 1.45	32	8.16 ± 1.49
≤ 1 pack/day	40	7.58 ± 1.46	28	8.39 ± 2.02
> 1 pack/day	46	7.50 ± 1.41	53	8.20 ± 1.48

* p < 0.05 as measured by one-way ANOVA.

† p < 0.05, ** p < 0.01 as measured by t-test.

및 흡연습관을 독립변수로하여 다중회귀분석을 실시하였다. 유기용제폭로는 단순반응시간(B = 14.1, p = 0.01), 숫자부호짝짓기(B = 259.4, p = 0.00), 숫자외우기(B = -0.60, p = 0.00)에서 유의하게 영향을 미치는 변수로 나타났고, 그 밖의 변수로서는 연령이 숫자부호짝짓기(B = 57.2, p = 0.00)와 숫자외우기(B = -0.09, p = 0.00)에서 유의하게 영향을 미치는 변수로 나타났다. 손가락 민첩성검사에서는 흡연(우수: B = -1.05, p = 0.05, 열수: B = -1.26, p = 0.01)만이 유의한 변수로 나타났다(Table 9).

도장부서내 유기용제 작업환경농도가 신경행 동검사에 미치는 영향을 보기 위해 도장공들만을 대상으로 유기용제 폭로여부 대신 폭로농도를 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 작업장의 유기용제 작업환경농도는 단순반응시간(B = 25.2, p = 0.03), 숫자부호짝짓기(B = 379.2, p = 0.00)에서 유의한 변수로 나타났으며 그 외의 검사항목에서는 유의하지 않았다(Table 10).

Table 6. Results of finger tapping speed of dominant hand for car painters and controls by characteristics

(unit: number of taps/10sec)

Characteristics	Car painters (n = 118)		Controls (n = 113)	
	No.	Mean ± SD	No.	Mean ± SD
Age (yrs.)				
≤ 29	26	66.96 ± 6.6	16	68.69 ± 7.3
30~34	57	66.23 ± 5.7	65	66.17 ± 5.9
35~39	24	62.29 ± 6.0	23	66.78 ± 6.0
40+	11	66.64 ± 4.9	9	64.67 ± 6.8
Education (yrs.)				
≤ 9	23	63.87 ± 5.5	10	62.20 ± 4.7 [†]
10+	95	66.05 ± 6.2	103	66.73 ± 6.2
Duration of employment (yrs.)				
≤ 4.9	32	65.66 ± 6.7	30	67.23 ± 5.9
5.0~9.9	67	65.72 ± 6.0	70	65.70 ± 6.3
10.0+	19	65.26 ± 5.8	13	67.62 ± 6.5
Shift work				
No	25	65.52 ± 6.9	40	65.80 ± 6.2
Yes	93	65.66 ± 6.0	73	66.62 ± 6.3
Alcohol				
No	31	67.45 ± 6.4	40	66.25 ± 5.9
Yes	87	64.98 ± 5.9	73	66.37 ± 6.5
Smoking				
None	32	67.88 ± 5.4*	32	67.56 ± 6.3
≤ 1 pack/day	40	65.30 ± 6.1	28	64.96 ± 4.8
> 1 pack/day	46	64.35 ± 6.2	53	66.30 ± 6.8

* p < 0.05 as measured by one-way ANOVA.

† p < 0.05 as measured by t-test.

고 찰

저농도의 유기용제에 만성적으로 폭로되는 경우 신경계 기능장애는 매우 서서히 진행되고 연령의 증가로 인한 기능저하와의 구분이 뚜렷하지 않으므로 폭로로 인한 장애의 유무와 정도를 규명하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 저농도의 유기용제에 만성적인 폭로로 인한 중추신경계 기능장애를 조기에 발견할 수 있는 신경행동검사에 대한 관심이 높아지고 있다. 신경행동검사에는

매우 간단한 검사에서부터 복잡한 검사에 이르기 까지 매우 다양한 종류의 검사방법이 있으며 신경계 기능을 객관적으로 평가하는 데 도움을 준다. 따라서 임상적으로는 신경계 질병의 진단을 도우며 치료의 방향을 제시하고 질병의 진행을 평가하는 데 이용할 수 있으며, 산업보건 측면에서는 신경독성물질에 폭로되는 근로자들에 있어서 중독의 조기발견은 물론 집단평가를 통한 폭로-효과관계의 조사와 신경독성물질의 허용농도를 설정하는 데 이용할 수 있다(WHO, 1985; Sin-

Table 7. Results of finger tapping speed of nondominant hand for car painters and controls by characteristics
(unit: number of taps/10sec)

Characteristics	Car painters (n=118)		Controls (n=113)	
	No.	Mean ± SD	No.	Mean ± SD
Age (yrs.)				
≤29	26	59.54 ± 6.3	16	61.44 ± 5.2
30~34	57	59.49 ± 5.8	65	59.31 ± 5.5
35~39	24	57.63 ± 5.8	23	59.78 ± 6.5
40+	11	61.27 ± 5.3	9	58.89 ± 9.4
Education (yrs.)				
≤ 9	23	58.39 ± 5.6	10	56.30 ± 7.2
10+	95	59.51 ± 5.9	103	60.00 ± 5.8
Duration of employment (yrs.)				
≤4.9	32	59.88 ± 7.2	30	60.33 ± 5.4
5.0~9.9	67	58.84 ± 5.0	70	59.00 ± 5.8
10.0+	19	59.89 ± 6.2	13	61.77 ± 7.9
Shift work				
No	25	58.76 ± 6.0	40	60.43 ± 6.6
Yes	93	59.43 ± 5.8	73	59.26 ± 5.7
Alcohol				
No	31	60.03 ± 4.9	40	58.80 ± 5.6
Yes	87	59.02 ± 6.2	73	60.15 ± 6.2
Smoking				
None	32	61.09 ± 4.4*	32	60.00 ± 6.3
≤1 pack/day	40	59.75 ± 6.2	28	59.57 ± 5.0
>1 pack/day	46	57.63 ± 6.1	53	59.52 ± 6.4

* p < 0.05 as measured by one-way ANOVA.

Table 8. Results of neurobehavioral performance test of car painters by percent of threshold limit value of mixed organic solvents

% TLV of mixed solvents	No. (%)	SRT	SD		DS	FTS(dom.)	FTS(nondom.)
		Mean ± SD	Mean ± SD	No. of error	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
≤49	30 (25.4)	251.6 ± 32.2	2797.1 ± 405.2**	1.4	7.77 ± 1.51	66.17 ± 4.3	60.73 ± 4.5
50~99	37 (31.4)	253.6 ± 44.1	2986.0 ± 501.6	1.8	7.66 ± 1.34	67.41 ± 6.4	60.95 ± 6.0
100+	51 (44.2)	263.9 ± 55.5	3331.6 ± 670.2	2.0	7.48 ± 1.46	64.02 ± 6.5	57.24 ± 6.0

** p < 0.01 by one-way ANOVA.

SRT: simple reaction time (msec), SD: symbol digit (msec), DS: digit span (length of memory span),

FTS (dom.): finger tapping speed of dominant hand (number of taps/10sec),

FTS (nondom.): finger tapping speed of nondominant hand (number of taps/10sec).

Table 9. Multiple regression analysis of neurobehavioral performance test of car painters and controls

Variable	SRT		SD		DS		FTS(dom.)		FTS(nondom.)	
	B [†]	p value	B	p value	B	p value	B	p value	B	p value
Group (controls = 0, car painters = 1)	14.1	0.01	259.4	0.00	-0.60	0.00	-0.79	0.33	-0.49	0.53
Age (yrs.)	0.8	0.25	57.2	0.00	-0.09	0.00	-0.25	0.12	-0.13	0.16
Smoking (none = 0, ≤ 1 pack/day = 1 > 1 pack/day = 2)	2.7	0.44	-20.9	0.19	-0.50	0.70	-1.05	0.05	-1.26	0.01
Alcohol (no = 0, yes = 1)	0.9	0.89	20.3	0.79	-0.16	0.49	-0.20	0.83	1.16	0.21
Shift work (no = 0, yes = 1)	7.8	0.20	56.3	0.78	-0.21	0.36	-0.00	1.00	0.74	0.40
Constant	208.2	0.00	881.9	0.00	11.53	0.00	75.98	0.00	65.33	0.00
R ² /p value of F	4.7 / 0.05		23.5 / 0.00		10.2 / 0.00		5.3 / 0.03		3.5 / 0.15	

† regression coefficient.

SRT: simple reaction time (msec), SD: symbol digit (msec), DS: digit span (length of memory span),

FTS (dom.): finger tapping speed of dominant hand (number of taps/10sec),

FTS (nondom.): finger tapping speed of nondominant hand (number of taps/10sec).

Table 10. Multiple regression analysis of neurobehavioral performance test of car painters

Variable	SRT		SD		DS		FTS(dom.)		FTS(nondom.)	
	B [†]	p value	B	p value	B	p value	B	p value	B	p value
% TLV of mixed solvent	25.2	0.03	379.2	0.00	-0.23	0.50	-1.57	0.28	-2.56	0.07
Age (yrs.)	0.0	0.98	56.0	0.00	-0.05	-0.13	-0.18	0.16	-0.00	0.99
Smoking (none = 0, ≤ 1 pack/day = 1 > 1 pack/day = 2)	2.3	0.71	32.6	0.65	-0.05	0.79	-1.40	0.08	-1.74	0.03
Alcohol (no = 0, yes = 1)	11.0	0.33	-15.8	0.90	-0.20	0.56	-0.83	0.57	0.74	0.59
Shift work (no = 0, yes = 1)	19.4	0.09	26.6	0.84	-0.10	0.78	-1.63	0.27	-1.05	0.46
Constant	211.7	0.00	887.1	0.04	9.68	0.00	76.41	0.00	63.68	0.00
R ² /p value of F	7.1 / 0.14		26.8 / 0.00		4.0 / 0.46		8.8 / 0.06		8.8 / 0.06	

† regression coefficient.

SRT: simple reaction time (msec), SD: symbol digit (msec), DS: digit span (length of memory span),

FTS (dom.): finger tapping speed of dominant hand (number of taps/10sec),

FTS (nondom.): finger tapping speed of nondominant hand (number of taps/10sec).

ger, 1990).

신경독성물질에 의해 초래되는 신경행동기능 장애에는 두뇌기능의 다양한 영역이 포함되므로 한 종류의 검사로는 장애의 정도를 정확히 평가할 수 없다. 따라서 대부분의 연구들은 지각, 인지 및 운동기능 등을 복합적으로 평가하기 위해 몇 가지 검사항목들로 battery를 구성하여 신경행동검사에 이용한다. 본 연구에 이용된 SPES 역시 십여 가지의 다양한 검사항목들로 구성되어 있으나 산업장의 근로자들을 대상으로 여러 검사항목으로 구성된 신경행동검사를 오랜 시간 동안 시행하는 데는 현실적인 어려움이 따르므로 다른 연구에서 타당성과 민감도가 인정되고, 검사하고자 하는 기능이 비교적 중복되지 않으며, 많은 시간이 소요되지 않는 4 가지 검사항목으로 battery를 구성하였다.

신경행동검사의 모든 검사항목에서 도장공의 수행기능이 대조군에 비해 낮았으며 단순반응시간($p < 0.05$), 숫자부호짝짓기($p < 0.01$), 숫자의 우기($p < 0.05$)에서는 유의한 차이를 나타내었다. 손가락 민첩성검사에서는 도장공의 두드림 횟수가 적게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 평균근무년수가 6.7년으로 비교적 짧음에도 불구하고 도장공에서 수행기능이 유의하게 낮게 나타난 것으로 미루어 자동차공장 도장공의 신경행동기능에 관한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

근로자의 신경행동검사에 SPES를 이용한 연구는 지금까지 비교적 적으며, 특히 자동차공장 도장공을 대상으로 한 역학적 연구는 아직 보고된 바가 없으므로 연구간의 결과비교에 다소 어려움이 있다. 또한 동일한 방법의 신경행동검사라도 적용되는 산업장, 폭로되는 독성물질 및 대상의 집단적, 개인적 특성에 따라 그 결과는 다르게 나타나므로(Gamberale 등, 1989) 본 연구의 결과를 대상이 다른 연구 또는 다른 기구를 이용한 연구 및 다른 종류의 컴퓨터 프로그램을 이용한 연구의 결과와 직접 비교하는 것은 의미가 적다. 단지

평가하고자 하는 신경행동기능이 적절하게 일치한다면 그 기능의 증가 혹은 감소경향에 관하여 다른 연구와 비교할 수 있을 것이다.

스웨덴의 Elofsson 등(1980)은 자동차공장에서 분무식 도장작업에 종사하는 도장공들에 있어서 반응시간, 손가락 민첩성, 지각속도, 단기기억력의 수행기능이 낮았다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. WHO-NCTB를 이용하여 자동차공장 도장공의 신경행동기능을 검사한 Lee와 Lee(1991)의 연구에서의 Benton visual retention test에 의한 단기기억력과 숫자부호짝짓기의 수행기능은 본 연구와 유사하였으며, Santa Ana 민첩성검사도 본 연구의 손가락 민첩성검사와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 강성규 등(1993)은 피혁, 신발, 약기 및 보트공장의 유기용제폭로 근로자에 있어서 Santa Ana 민첩성검사의 수행기능이 유기용제의 폭로량에 따라 매우 유의한 차이가 있다고 보고하였으나 본 연구의 손가락 민첩성검사의 수행기능은 유기용제폭로에 비교적 영향을 적게 받는 것으로 나타나 강성규 등(1993)의 연구와는 다른 양상을 보였다.

일반적으로 신경행동검사에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 연령이다. 즉 연령이 증가함에 따라 대부분의 신경행동기능은 저하되므로(Elofsson 등, 1980) 검사결과의 해석에는 반드시 연령이 고려되어야 한다. Letz(1991)는 연령이 수행기능의 총변화량의 5~40%까지 설명한다고 보고한 바 있고 많은 연구들(Fidler 등, 1987; Gamberale 등, 1989; Singer, 1990)에서도 연령이 신경행동검사에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구에서는 도장공과 대조군간의 연령분포의 차이가 신경행동기능을 비교하는 데 미치는 영향을 제거하기 위하여 연령을 짝짓기 하였다.

숫자부호짝짓기 등의 검사항목에서 수행기능의 측정에 이용되는 반응시간은 연령의 증가에 따라 지연되는 것으로 알려져 있으며 SPES를 이용한 연구(Echeverria 등, 1991)에서도 연령이 증가함에 따라 반응시간이 지연된다고 보고하고 있

다. 본 연구에서도 연령이 증가함에 따라 숫자부호 짝짓기의 반응시간이 유의하게 지연되어 연령의 변화에 민감하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 연령이 증가함에 따라 단순반응시간의 반응시간은 지연되고 숫자외우기의 개수는 짧아져 기억 및 정신운동기능도 연령에 따라 감소하는 경향을 보였다.

연령과 함께 신경행동검사에 큰 영향을 미치는 인자는 교육수준이다(Singer, 1990; Echeverria 등, 1991). 교육수준이 높다는 것은 지적능력과 지식수준이 높고 검사에 쉽게 적응할 수 있다는 것을 의미하며 SPES를 이용한 연구(Gamberale 등, 1989)에서도 교육수준이 높을수록 숫자부호 짝짓기와 숫자외우기의 수행기능이 높다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 숫자부호 짝짓기와 숫자외우기의 수행기능이 교육수준에 따라 유의한 차이를 나타내었다. 그러나 전체대상자의 84%가 고졸이었고 또한 연령이 증가할수록 교육수준이 낮아지는 경향이 있으므로 교육수준에 따른 수행기능의 변화를 정확히 관찰하기는 어렵다고 생각된다.

Elofsson 등(1980)은 도장공증후군과 같은 유기용제의 만성적 폭로에 따른 중추신경계 기능장애는 9년 정도의 폭로기간이 경과한 후에 발생한다고 보고하였고 Bleecker 등(1991)도 근무경력 10년 이하인 군에서는 폭로로 인한 신경행동기능장애가 뚜렷하게 나타나지 않았다고 보고하였다. 본 연구의 대상이 된 근로자의 근무기간을 5년 단위로 나누어 분석하였을 때 근무년수가 10년 미만인 근로자군에서도 도장공이 대조군에 비해 단순반응시간, 숫자부호 짝짓기 및 숫자외우기의 수행기능이 낮았다. 이는 비록 폭로기간이 길지 않아 신경행동기능장애가 임상적으로 발현되지는 않더라도 그 기능의 저하는 폭로와 동시에 점진적으로 진행될 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 도장공들에 있어서 유기용제의 급성효과로 인한 기능저하의 가능성도 배제할 수는 없다. 근무기간이 길수록 숫자부호 짝짓기 등 신경행동검사

수행기능이 낮아지는 경향을 보였으나 근무기간은 연령과 높은 상관관계를 가지므로 이의 해석에는 연령을 보정할 필요가 있다.

주야간 교대작업은 근로자에 있어서 수면장애, 소화기 기능장애 뿐만아니라 불안, 우울, 집중력 장애 등 일부 정신병리적 문제를 일으킨다는 것이 밝혀져 있다(Kalimo 등, 1987). 주야간 교대작업으로 인한 일교차의 혼란은 근로자의 자성상태와 민첩성을 저하시킴으로서 신경행동검사에 영향을 미칠 수 있다. 즉 자성상태가 낮은 경우 집중력이 저하되어 자극에 반응을 못하거나 반응시간이 지연되는 경향을 보인다(Gamberale 등, 1989). 현재까지의 연구는 주로 하루 중 검사가 시행된 시간대의 차이가 신경행동검사에 미치는 영향에 관한 것이었으며 지속적인 주야간 교대작업이 근로자의 신경행동기능에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 없다. 본 연구의 대상공장에서는 다수의 생산직 근로자가 하루 2교대로 이루어지는 주야간 교대작업에 참여한다. 근로자들을 주야간 교대작업에 참여하는 군과 참여하지 않는 군으로 나누었을 때 통계적인 의미는 없었으나 대부분의 검사에서 주야간 교대작업자가 교대작업을 하지 않는 근로자에 비해 수행기능이 낮았다. 특히 근로자의 수가 적어 분석에서는 제외하였으나, 검사 당시 야간작업조에 속했던 근로자(도장공 10명, 대조군 14명)는 4가지 검사 모두에서 수행기능이 낮아 주야간 교대작업이 신경행동기능에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

급성 또는 만성알콜중독에서 인지기능, 기억력의 저하 및 수안협동작용장애(hand-eye incoordination)가 초래된다는 사실은 이미 알려져 있으며(Fidler 등, 1987) 중독상태가 아니더라도 음주량이 과다한 경우 다수의 중추신경계 기능장애가 초래된다는 보고(Parker와 Noble, 1977)도 있다. 그러나 생산활동에 참여하고 있는 근로자 중에 중독상태에 있는 근로자는 거의 없으므로 보통의 음주량을 가지는 근로자들을 대상으로 음주와 신

경행동기능에 관한 역학적 연구가 필요하다. 근로자 개인의 음주량을 정확히 측정하여 분류하는 것은 현실적으로 어려우므로 음주 여부만을 조사하여 분석한 결과 숫자부호짜짓기와 숫자외우기에서 음주군의 수행기능이 낮았으나 유의하지는 않았다. 이러한 결과는 음주군과 비음주군에서 정신운동기능이 큰 차이를 보이지 않았다는 Parker 등(1982)의 보고와 일치하였다.

다른 인자에 관한 연구에 비해 흡연이 신경행동기능에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 적으며 그 결과도 연구마다 다르게 보고되고 있다 (Andersson과 Hockey, 1977). 본 연구에서도 숫자부호짜짓기의 반응시간이 흡연량이 증가할수록 지연되는 경향이 나타났을 뿐 그 밖의 검사항목에서는 도장공과 대조군에서 흡연량에 의한 수행기능의 특별한 경향은 나타나지 않았다.

산업장에서는 다수의 유기용제가 혼합된 상태로 사용되는 경우가 대부분이므로 개인의 폭로량을 정확히 측정하기가 어려우며 특히 만성적인 폭로의 경우 생물학적 시료를 이용하더라도 폭로의 측적을 정확히 측정하는 것은 매우 어렵다 (Fidler 등, 1987). 도장공정의 특성상 도장공들은 외부와 엄격히 차단된 공장내에서 분무식 도장작업을 하므로 도장부서에서의 근무기간이 폭로량을 반영할 수도 있다. 그러나 본 연구에서는 근무년수가 연령과 높은 상관관계를 보이고, 근무년수가 길수록 폭로가 적은 부서로 이동하거나 관리업무를 맡음으로서 작업에 직접 참여하지 않는 경향이 있고, 근로자가 폭로되었던 작업환경농도를 근무년수 동안 모두 구하기는 어려우므로 개인용 시료포집기를 이용하여 측정한 도장부서의 작업환경농도를 근로자의 유기용제 폭로량으로 이용하였다. 작업환경농도 측정시 대상이 되지 않았던 근로자의 경우 같은 공장, 부서 및 과에 근무하면 동일한 수준의 작업환경농도에 폭로되는 것으로 간주하였다. 작업환경농도에 따라 도장공들은 저폭로군, 중간폭로군 및 고폭로군으로 나누었을 때 (Table 8) 4가지 검사 모두에서 고폍

로군이 저폭로군에 비해 수행기능이 낮았고 특히 숫자부호짜짓기에서는 매우 유의한 차이를 보임으로서 유기용제폭로가 신경행동기능을 저하시키는 것으로 나타났다. 그러나 근로자 개인의 측정된 폭로량이 아닌 연구 당시 단면적으로 측정된 부서별 작업환경농도를 개인의 폭로량으로 이용한 것과 도장부서 내 근로자의 이동은 폭로량에 따른 분류의 정확성을 감소시킬 가능성이 있다. 또한 검사시행 전 작업장으로부터의 격리시간이 충분하지 않았던 도장공이 다소 있었음을 감안할 때 유기용제의 급성효과가 완전히 배제되었다고 할 수는 없다.

연령, 직업력, 학력, 사회경제적 상태, 음주, 흡연 및 약물 등 매우 많은 인자들이 신경행동검사에 영향을 미치므로 이들 변수의 통제없이 두 군간의 검사결과를 단순비교하는 것은 적절하지 못하다 (WHO, 1985; Fidler 등, 1987; Gamberale 등, 1989). Bleecker 등(1991)도 페인트공장 근로자들을 대상으로 한 연구에서 단순비교에서는 폭로량이 증가할수록 숫자부호짜짓기, 연속숫자학습(serial digit learning), 단순반응시간 및 손가락 민첩성검사의 수행기능이 낮았으나 연령, 단어능력, 인종, 음주 및 흡연의 혼란효과를 보정한 후에는 연속숫자학습과 반응시간만이 폭로량과 유의한 관련이 있다고 보고한 바 있다.

유기용제폭로와 신경행동검사의 관계를 관찰하는 데 혼란효과를 가지는 변수들을 통제하기 위하여 신경행동검사 수행기능을 종속변수로 하고 유기용제 폭로유무와 연령, 흡연, 음주 및 주야간 교대작업을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 분석에 앞서 독립변수들 사이의 공선성(collinearity)을 분석하여 연령과 공선성을 가지는 교육수준과 근무기간은 독립변수에서 제외하였다. 유기용제폭로가 단순반응시간, 숫자부호짜짓기 및 숫자외우기에서 유의한 변수로 채택되어 정신운동, 지각속도 및 단기기억기능에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 손가락 민첩성검사는 다른 검사항목에 비해 유기용제폭로에 비교적

영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 연령은 숫자 부호짜짓기, 숫자의우기에서 유의한 변수로 채택되어 폭로요인 다음으로 신경행동검사의 수행기능에 가장 크게 영향을 미치는 변수로 나타났다. 그 밖에 흡연이 손가락 민첩성검사서 우수 및 열수의 수행기능을 저하시키는 것으로 나타났다. 다중회귀분석에서 나타난 폭로수준과 연령의 의미는 본 연구와 유사한 성격의 종속변수와 독립변수들을 이용하여 다중회귀분석을 실시한 Fidler 등(1987)의 연구에 나타난 의미와 유사하였다. 또한 연령과 교육수준이 가장 중요한 변수라고 보고한 Baker 등(1985)의 연구와 유기용제폭로가 기억력이나 인지기능에 미치는 영향에 비해 운동기능에 미치는 영향이 적은 것으로 보고한 Foo 등의 연구(1990)와 유사한 경향을 보였다. 폭로량이 증가할수록 손가락 민첩성검사의 수행기능이 떨어지는 경향을 보였으나 연령, 인종 등의 혼란변수를 통제한 후에는 폭로량과의 관련성이 없어졌다고 보고한 Bleecker 등(1991)의 보고와도 일치하였다.

다중회귀분석에서 유기용제폭로와 그 밖의 변수들이 가지는 설명력이 단순반응시간 4.7%, 숫자부호짜짓기 23.5%, 숫자의우기 10.2%, 손가락 민첩성검사가 각각 5.3%, 3.5%로서 숫자부호짜짓기를 제외한 검사항목들에 있어서 설명력은 낮았다. Fidler 등(1987)도 신경행동검사용 컴퓨터 프로그램인 neurobehavioral evaluation system을 이용한 연구에서 단순반응시간 10%, 숫자부호짜짓기 7%, 숫자의우기 26%로서 낮은 설명력을 보고하고 있다. 이는 중추신경계의 기능이 매우 복잡하고 개인간의 차이가 크다는 것을 반영하며 신경행동검사에 보다 다양한 변수들의 고려가 필요함을 의미하기도 한다.

폭로여부가 아닌 폭로수준, 즉 폭로량과 신경행동기능 사이의 용량반응관계를 관찰하기 위해 작업환경농도를 측정된 도장공부서에 근무하는 도장공들에 있어서 신경행동검사 수행기능을 종속변수로하고 유기용제의 작업환경농도와 연령, 흡

연, 음주 및 주야간 교대작업을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 작업환경농도가 높을수록 단순반응시간과 숫자부호짜짓기의 반응시간은 유의하게 지연되었다. 숫자의우기에서는 숫자의 개수가 적어지는 경향을 보였으나 유의하지는 않았다. 이러한 결과는 숫자부호짜짓기, 숫자의우기 및 단순반응시간의 수행기능이 평생평균폭로량과 용량반응관계를 가진다고 보고한 Bleecker 등(1991)의 연구와 유사하였다.

높은 수준의 인지능력을 요구하는 검사, 즉 복잡한 검사가 비교적 단순한 검사에 비해 유기용제폭로로 인한 신경행동기능의 저하에 민감한 것으로 알려져 있다. 그러나 복잡한 검사의 수행기능은 유기용제폭로 외의 다른 요인들 즉 지적수준, 교육수준, 언어능력 및 사회경제적 환경 등에도 쉽게 영향을 받는다고 한다(Singer, 1990). 인지기능과 지각운동기능을 평가하는 숫자부호짜짓기가 연령의 영향을 가장 많이 받는 검사로 알려져 있으며 Fidler 등(1987)도 숫자부호짜짓기가 연령과 교육수준, 만성적 음주에 가장 영향을 많이 받는 검사라고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 숫자부호짜짓기가 도장공과 대조군에서 통계적으로 가장 유의한 수행기능의 차이를 보이는 검사항목이었으며 연령, 교육수준, 근무연수 및 작업환경농도의 변화에 따라 도장공과 대조군 모두에서 일관성있게 변화하였다. 이는 근로자들의 연령이 대부분 30대에 속하고 평균근무연수가 약 7년이므로 유기용제폭로로 인한 신경행동기능의 저하가 심하지 않을 것으로 가정한다면 다른 검사항목에 비해 다소 복잡하고 높은 수준의 수행기능을 요구하는 숫자부호짜짓기가 신경행동기능의 경미한 저하와 연령 등 다른 인자의 영향에 민감하게 반응한 것으로 생각된다.

신경행동검사에 있어서 피검자의 태도가 매우 수동적 이거나, 실수에 집착하거나, 진지하지 못한 경우 검사의 타당성과 신뢰성은 떨어진다(Gamberale 등, 1989). 본 연구에서 시행된 4가지 검사항목 중 숫자부호짜짓기와 숫자의우기는 피

검자에게 흥미를 유발시킴으로서 피검자가 검사의 수행에 적극성을 보이는 경향이 있었다.

연구참여의 동의를 구하기 위해 도장공과 대조군 모두에게 검사의 목적을 교육하였는데 유기용제에 폭로되고 있는 도장공이 대조군에 비해 보다 진지하게 검사에 임하는 경향이 있었다. 따라서 대조군에 비해 도장공의 수행기능이 과대평가되었을 가능성이 있다.

도장공과 대조군의 신경행동검사 수행기능을 단면조사연구를 통하여 비교하였으므로 건강근로자효과(healthy worker effect)가 포함되었을 것으로 생각된다. 즉 유기용제에 만성적으로 매일 폭로되어야 하는 도장공의 경우 유기용제의 급성작용에 민감하게 반응하거나 이미 유기용제중독 증상이 나타났던 근로자는 폭로가 적은 부서로 이동하였거나 퇴직하여 연구대상에서 빠짐으로서 신경행동기능에 미치는 유기용제의 영향이 과소평가되었을 가능성이 있다.

본 연구에서는 신경행동검사의 수행기능에 중요한 영향을 미치는 지능, 성격, 컴퓨터에 관한 친숙도, 개인보호구 착용여부, 육체적 및 정신적 작업량 등 개인적 특성들과 검사시간 및 검사요일 등 시간과 관련된 변수 등이 고려되지 못하였다. 또한 연구당시의 작업환경농도를 도장공의 폭로량으로 이용하였으므로 과거의 폭로에 관한 고려가 충분하지 못하였다. 따라서 유기용제폭로와 신경행동기능과의 관계를 보다 정확하게 관찰할 수 있고, 작업환경개선의 효과를 알 수 있으며, 특히 연령 및 다른 혼란변수의 영향을 밝힐 수 있는 지속적인 추적관찰이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

유기용제폭로가 근로자의 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 1992년 4월부터 두 달 동안 울산의 모 자동차공장에서 분무식 도장작업을 하는 도장공 118명을 폭로군으로, 동일공장내 다른 부서의 생산직 근로자 113명을 대조

군으로 하여 개인용 컴퓨터와 신경행동검사를 위한 컴퓨터 프로그램 Swedish Performance Evaluation System을 이용하여 단순반응시간(simple reaction time), 숫자부호짜짓기(symbol digit), 숫자외우기(digit span), 손가락 민첩성 검사(finger tapping speed)를 시행하고 인구학적 변수와 작업과 관련된 변수를 조사하였다. 단순반응시간의 평균반응시간은 도장공이 257.5 msec, 대조군이 242.5 msec이었다($p < 0.05$). 숫자부호짜짓기의 평균반응시간은 도장공이 3087.4 msec, 대조군이 2842.3 msec이었고($p < 0.01$), 잘못 짚지는 횟수는 도장공은 평균 1.80 회, 대조군은 평균 1.32 회였다. 숫자외우기의 평균개수는 도장공이 7.61 개, 대조군이 8.23 개였으며($p < 0.05$), 손가락 민첩성 검사는 도장공과 대조군 각각에서 우수가 평균 65.6 과 66.3 회, 열수가 평균 59.3 과 59.7 회로서 4 검사항목 모두에서 도장공이 대조군에 비해 신경행동검사의 수행기능이 낮았다.

주야간 교대작업이 단순반응시간의 반응시간을 지연시키는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 숫자부호짜짓기에서는 연령과 근무년수가 증가할수록, 교육수준이 낮을수록 반응시간이 지연되었으며 통계적으로도 유의하였다. 잘못 짚지은 횟수는 교육수준이 높을수록 적었다. 숫자외우기의 개수는 연령이 낮을수록 교육수준이 높을수록 유의하게 증가하였으며 근무년수의 증가 및 음주에 따라 감소하는 경향을 보였다. 손가락 민첩성검사에서는 흡연군이 비흡연군에 비해 양손 모두에서 두드림 횟수가 적었고 교육수준이 높을수록 양손 모두에서 두드림 횟수가 많았다. 도장부서의 유기용제 작업환경농도가 높을수록 단순반응시간과 숫자부호짜짓기의 반응시간은 지연되고 숫자외우기의 개수가 적어지는 경향을 보였다.

혼란변수의 영향을 통제하기 위해 신경행동검사 수행기능을 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 유기용제폭로는 단순반응시간($B = 14.1$, $p = 0.01$), 숫자부호짜짓기($B = 259.4$, $p =$

0.00), 숫자외우기 ($B = -0.6, p = 0.00$)에서 유의한 변수였고, 연령은 숫자부호짜짓기 ($B = 57.2, p = 0.00$)와 숫자외우기 ($B = -0.09, p = 0.00$)에서 유의한 변수였다. 손가락 민첩성검사에서는 흡연(우수: $B = -1.1, p = 0.05$, 열수: $B = -1.3, p = 0.01$)만이 유의한 변수로 나타났다.

도장공들의 작업환경농도를 독립변수로 한 다중회귀분석에서 작업환경농도가 높을수록 단순반응시간($B = 25.2, p = 0.03$), 숫자부호짜짓기($B = 379.2, p = 0.00$)의 반응시간이 유의하게 지연되었다.

4가지 검사항목 중 숫자부호짜짓기의 수행기능이 도장공과 대조군간에 통계적으로 가장 유의한 차이를 보였으며 도장공과 대조군 모두에서 연령, 교육수준, 근무년수 및 작업환경농도의 변화에 따라 일관성있게 변화하였다.

참 고 문 헌

- 강성규, 이경용, 정호근, 이영진. 유기용제 중독에 의한 중추신경장애 1례. 대한산업의학회지 1992; 4(1): 110-117
- 강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 취급 근로자의 중추신경장애 평가방법에 관한 기초 연구. 한국산업안전공단 산업보건연구원, 1993, 쪽 1-32
- 강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 폭로 근로자들에 대한 신경행동검사에 관한 연구. 대한예방의학회지 1993; 46(2): 210-221
- 대한산업보건협회. 근로자건강진단종합연보. 대한산업보건협회, 1991, 쪽 3-18
- 천용희. 혼합유기용제에 폭로된 근로자의 만성중독뇌장애. 대한산업의학회지 1991; 3(2): 216-219
- ACGIH. 1991-1992 Threshold limit value for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. 2nd printing. Cincinnati, ACGIH, 1991, pp. 43-45
- Andersson K, Hockey RJ. Effect of cigarette smoking on incidental memory. Psychopharmacologia 1977; 52: 223-226
- Baker EL. Organic solvent neurotoxicity. Ann Rev Public Health 1988; 9: 223-232 Cited from Guillemin MP. Air contaminant exposure measurements of organic solvents - past and present. Scand J Work Environ Health 1985; 11(suppl 1): 33-43
- Baker EL, Letz RE, Eisen EA, Pothier LJ, Plantamura DL, Larson M, Wolford R. Neurobehavioral effects of solvents in construction painters. J Occup Med 1988; 30(2): 116-123
- Baker EL, Letz RE, Fidler A. A computer-administered neurobehavioral evaluation system for occupational and environmental epidemiology-Rationale, methodology, and pilot study results. J Occup Med 1985; 27(3): 206-212
- Bleecker ML, Bolla KI, Agnew J, Schwartz BS, Ford DP. Dose-related subclinical neurobehavioral effects of chronic exposure to low levels of organic solvents. Am J Ind Med 1991; 19: 715-728
- Cook MR, Bergman FJ, Cohen HD, Gerkoyich MM, Grabam C, Harris RK, Siemann LG. Effects of methanol vapor on human neurobehavioral measures. Kansas, Health Effect Institute, 1991; 1-55
- Daniell W, Stebbins A, O'Donnell J, Horstman SW, Rosenstock L. Neuropsychological performance and solvent exposure among car body repair shop workers. Br J Ind Med 1993; 50: 368-377
- Echeverria D, Fine L, Langolf G, Schork T, Sampaio C. Acute behavioral comparisons of toluene and ethanol in human subjects. Br J Ind Med 1991; 48: 750-761
- Eikberg K, Hane M, Berggren T. Psychologic effects of exposure to solvents and other neurotoxic agents in the work environment. In Zenz C. Occupational medicine. Principles and practical applications. 2nd ed, Chicago, Year Book Medical Publishing Inc., 1988; 785-795
- Elofsson S, Gamberale F, Hindmarsh T, Iregren A, Isaksson A. Exposure to organic solvents-A cross section epidemiologic investigation on occupationally exposed car and industrial spray painter with special reference to the nervous system. Scand J Work Environ Health 1980; 6: 239-273
- Fidler A, Baker EL, Letz RE. Neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents among construction painters. Br J Ind Med 1987; 44: 292-308
- Foo SC, Jeyaratnam J, Koh D. Chronic neurobehavioral effect of toluene. Br J Ind Med 1990; 47: 480-484
- Gamberale F, Iregren A, Kjellberg A. SPES: The computerized Swedish performance evaluation system: Background, critical issues, empirical data and a users' manual. Solna, National Institute of Occu-

- pational Health*, 1989; 1-77
- Gerr F, Letz RE. Organic chemicals-solvents. In Rom WN. *Environmental and occupational medicine*. 2nd ed, Boston, Little, Brown and Company, 1992: 843-860
- Hänninen H. Psychological picture of manifest and latent carbon disulphide poisoning. *Br J Ind Med* 1971; 28: 374
- Iregren A. Effects on human performance from acute and chronic exposure to organic solvents: A short review. *Toxicology* 1988; 49: 349-358
- Iregren A, Gamberale F. Human behavioral toxicology-Central nervous effects of low-dose exposure to neurotoxic substances in the work environment. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16 (suppl 1): 17-25
- John BM, Vega A. Cognitive performance measured the ascending and descending limb of the blood alcohol curve. *Psychopharmacologia* 1972; 23: 99-114
- Kalimo R, El-Batawi MA, Cooper CL. Psychosocial factors at work. Geneva, WHO, 1987; 99-126
- Lee SH, Lee SH. A study on the neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents in Korean worker. *The Korean J Occup Med* 30 1991; (suppl. July): 10-15
- Letz RE. Use of computerized test batteries for quantifying neuro-behavioral outcomes. *Environmental Health Perspectives* 1991; 90: 195-198
- Letz RE, Mahoney FC, Hershman DL, Woskie S, Smith TJ. Neurobehavioral effects of acute styrene exposure in fiberglass boatbuilders. *Neurotoxicology and Teratology* 1990; 12: 665-668
- Norusis MJ, SPSS Inc.. *SPSS/PC+ Statistics™ 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2*. Chicago, SPSS Inc., 1990; B1-B122
- Parker ES, Noble EP. Alcohol consumption and cognitive functioning in social drinkers. *J Stud Alcohol* 1977 38: 1224-1232
- Parker ES, Parker DA, Brody JA, Schoenberg R. Cognitive patterns resembling premature aging in male social drinkers. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 1982; 6: 46-52
- Singer R. *Neurotoxicity guidebook*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990; 40-76
- World Health Organization, Nordic Council of Ministers Working Group. *Chronic effects of organic solvents on the central nervous system and diagnostic criteria*. Geneva, WHO, 1985; 1-32