

유기용제 폭로 근로자들에 대한 신경행동검사에 관한 연구

한국산업안전공단 산업보건연구원
강성규 · 정호근 · 홍정표 · 김기웅 · 조영숙

=Abstract=

A Study to the Workers Exposed to Organic Solvents by Neurobehavioral Tests

Seong-Kyu Kang, Ho Keun Chung, Jeong-Pyo Hong, Ki-Woong Kim, Young-Sook Cho
Industrial Health Research Institute, KISCO

In order to evaluate the confounding factors of neurobehavioral tests and the neurobehavioral effects in the workers exposed to organic solvents, NCTB was carried out on 100 workers. 46 workers had never been exposed to neurotoxic substances, and the others were being exposed to the solvents, mainly toluene. Simple reaction time, digit symbol, Santa Ana dexterity test and pursuit aiming were different with age in non exposure group. Simple reaction time was carried out well in males, and digit symbol and pursuit aiming were in females. There was no difference at educational level when the subject was educated over 12 years. Santa Ana dexterity and Benton visual test differed according to exposure level to toluene, however simple reaction time didn't. The acute neurotoxic effect was not excluded in this study. But, NCTB could be used to evaluate and prevent neurobehavioral changes in workers exposed to neurotoxic solvents in Korea.

key words: NCTB, neurobehavioral changes, toluene

1. 서 론

산업이 발전하면서 각종 화학물질의 사용이 증가하고 이중 신경독성이 있는 물질에 의한 건강장해를 일으킬 가능성이 증가되고 있다. 미국 환경처 보고에 의하면 현재 약 65,000여종의 화학물질이 등록되어 있고 일년에 약 1,500여종이 새로 등록되고 있는데, 이들 중 신경독성 여부에 대해 검증되는 것은 극히 일부에 지나지 않고 나머지는 신경독성여부에 대한 적절한 평가없이 사용되고 있다. 각종 화학

물질의 신경독성은 연구자에 따라 5-28% 정도로 보고되고 있는데 신경독성물질에 폭로되면 급·만성으로 명확한 증상을 나타내기도 하지만 대부분은 폭로가 점진적이고 만성적으로 이루어지기 때문에 쉽게 진단되지 않고 근로자를 괴롭히거나 영구적인 기능장해를 초래한 다음 발견되는 경우가 많다(White 등, 1990). 최근에는 일부 연구자들에게서 신경독성이 있는 화학물질에 장기간 폭로되면 Parkinson's disease, Alzheimer's disease 등의 퇴행성신경질환 발생을 촉진한다는 주장이 제기되고 있다(US OTA, 1990).

신경독성 물질을 관리하기 위한 방법은 기존 물질

중 신경계에 장애를 미치는 것을 찾아내어 인체 폭로량을 최소화시키는 것과, 신물질 중 신경독성이 있는 물질을 찾아내어 제조를 금하거나 인체 폭로를 최소화시키는 것이다. 그러기 위해서는 우선 각종 유해물질이 신경계에 미치는 영향을 정확히 파악하는 것이 필요한데, 이러한 방법으로는 설문지를 이용한 증상조사, 신경행동검사, 신경생리검사, 방사선검사 등이 있다. 이중 신경생리검사나 방사선검사는 비교적 객관성은 있으나 고가의 장비를 이용하여 병원에서만 검사가 가능하고 설문조사 방법은 현장에서 쉽게 이용할 수 있으나 주관적이어서 결과해석에 어려움이 있다. 반면, 신경행동검사는 현장에서 간편히 이용할 수 있고 설문조사방법보다는 객관적인 성적을 보이는 장점이 있어 최근 활발히 연구되고 있다(Anger, 1990; White 등, 1990). 우리나라에서는 각종 화학물질에 의한 신경독성이 천용희(1991)와 강성규 등(1992)에 의해 보고됨에도 불구하고 이에 대한 연구는 일부 자각증상 외에는 거의 이루어지지 않고 있다.

유기용제의 만성폭로로 인한 신경독성을 종합적으로 파악하기 위한 방법으로 신경행동검사는 1950년대 핀란드에서 FIOH battery가 개발된 이래 각국에서 자체 개발된 방법으로 활발한 연구가 이루어지고 있다(NRC, 1992). 그러나, 각국의 검사방법이나 항목이 약간씩 차이가 나서 신경독성을 일으키는 물질에 대한 일관성있는 자료를 얻기가 어려워, 1983년 미국 오하이오 신시네티에서 WHO와 미국 NIOSH 후원하에 WHO NCTB를 만들기로 하고 1984년 스위스 제네바에서 간단한 도구로 검사를 시행할 수 있는 7가지 방법을 채택하고 이에 대한 지침서를 마련하였다(WHO, 1986). 이 검사방법(WHO-NCTB) 선정의 목적은 현장에서 사용하기 쉽고, 일관성 있는 자료를 얻어 국제간에 유해물질에 의한 신경독성 연구를 서로 비교하려는 것인데, 방법으로는 POMS(감정상태), 단순반응시간, 숫자부호, 숫자암기, Santa Ana, Benton 시각검사, 목적추구성의 7개 검사항목이다. 국제간의 공동연구에 의하면 이 방법은 현장에서 간단하게 중추신경장애를 평가할 수 있고, 언어가 최소로 요구되므로 문화적 차이를 극복하고 세계적으로 이용될 수 있으며, 검사방법이 간단하므로 많은 피검자에게 사용하

기 적당한 것으로 Cassitto 등(1990)이 보고하였고, 우리나라에서는 이세훈(1990)에 의해 소개되고 이세훈과 이승한(1992)에 의해 연구된 바 있다.

본 연구의 목적은 첫째, 신경행동학적인 변화 평가에 이용되는 NCTB의 우리나라 근로자들에 대한 교란요인을 파악하고 둘째, 톨루엔에 주로 폭로되는 근로자들의 신경행동학적인 변화를 일부 NCTB 검사를 통해 비교해봄으로써 향후 신경독성물질 평가에 이용될 수 있는 신경행동검사의 기초자료를 얻기 위해 시행하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

유기용제 비폭로군은 경인지역에 있는 사업장의 사무직 근로자 50명을 선정하여 이중 과거 유기용제에 폭로된 적이 없고 정신질환 및 신경계 질환으로 치료받은 적이 있거나 받고 있는 근로자를 제외한 46명으로 하였다.

폭로군은 유기용제(주로 톨루엔)에 폭로되는 근로자로 작업력이 6개월 이상자인 근로자를 대상으로 3개 군으로 분류하였다. 저폭로군은 유기용제를 투입하거나 사용하는 과정이 밀폐 또는 자동공정이며 배기시설이 양호하여 기중 톨루엔 농도가 10ppm 이하인 페인트공장, 악기공장, 피혁공장의 근로자 12명을 대상으로 하였다. 중간폭로군은 유기용제를 개방하여 사용하고 있으나 배기시설이 양호하여 기중 톨루엔 농도가 10-50ppm 정도인 운동화제조공장 및 구두공장 근로자 20명을 대상으로 하였다. 고폭로군은 유기용제를 개방하여 사용하고 있으면서 배기시설이 없어 기중 톨루엔 농도가 50ppm 이상으로 나타나는 신발제조공장 및 보트제조공장 근로자 22명을 대상으로 하였다.

2. 조사방법

조사대상 근로자에 대해 유기용제 폭로력이나 정신신경계 질환을 배제하기 위하여 자기 기입식 설문 조사와 의사의 직접 면담으로 이상 근로자를 제외하였다.

신경행동 검사는 WHO-NCTB 7가지 항목 중 번역에 있어서 문화언어적인 차이가 생길 수 있는 POMS를 제외한 6개 항목을 WHO 지침 순서대로 비폭로군에 시행하였으며 폭로군에게는 단순반응시간, Santa Ana 민첩성검사 및 Benton 시각검사만을 시행하였다.

검사방법은 WHO 지침대로 하였는데, 단순반응시간은 미국 Sofeware Science사 제품의 단순반응시간 검사기를 이용하여 6분동안 무작위로 나타나는 64번의 불빛에 대한 평균 반응시간을 구하였다. 숫자암기는 Psychological Corp.의 Wechsler Adult Intelligence Scale(WAIS)의 Digit Span을 이용하여 7단계의 숫자를 한번 불러주고 대답하게 하였다. 같은 갯수의 숫자를 두가지 불러주고 두가지 다 틀리면 중단하고 맞은 갯수를 구하였다. Santa Ana 민첩성 검사는 핀란드 LEVY Ky사의 Santa Ana (Helsinki version)을 이용하여 30초간 두번의 검사를 시행하여 바르게 된 갯수의 합을 구하였다. 숫자부호는 Psychological Corp.의 Wechsler Adult Intelligence Scale(WAIS)의 Digit Symbol을 이용하여 90초동안 정확하게 쓰여진 갯수를 구하였다. Benton 시각검사는 WHO에서 제작된 Benton visual test 카드를 이용하여 10개의 그림 중 맞은 갯수를 구하였다. 목적추구성은 Psychological Services Inc.의 검사지를 이용하여 60초간 두번 시행하여 정확하게 맞은 갯수를 구하였다.

대상사업장내 외부의 소음이 차단되고 피검자가 안정감을 찾을 수 있는 장소를 선택하여 대상 근로자에게 기초 자료 설문에 대하여 직접 기입하게 한 후 검사방법을 숙지한 미리 훈련받은 연구원이 근로자 1명씩 검사를 시행하였다.

3. 자료분석방법

조사된 자료는 SPSS PC+를 이용하여 통계처리하였다. 결과 분석은 t-test와 Oneway ANOVA를 이용하였는데 폭로군과 비폭로군의 일반적 특성 차이를 보완하고 교란인자 상호작용효과를 배제하기 위하여 다분류분석을 시행하였다.

III. 결 과

1. 일반적 특성

전체 조사자 100명의 구성을 보면 남자가 50명, 여자가 50명이었으며 평균 연령은 33세로 16-25세가 31명, 26-35세가 29명, 36-45세가 22명, 46-60세가 18명이었다. 평균 학력은 약 11년으로 국졸 이하가 18명, 중졸 이하가 19명, 고졸 이하가 44명, 전문대 이상이 19명이었다. 술은 57명의 근로자가 마신다고 응답하였고 43명은 마시지 않는다고 하였다. 유기용제의 폭로정도에 따라 비폭로군, 저폭로군, 중간폭로군 그리고 고폭로군으로 구분하였는데 이들은 각각 46명, 12명, 20명, 22명이었다.

비폭로군 46명은 남자가 35명, 여자가 11명이었으며 평균 연령은 34세로 16-25세가 8명, 26-35세가 20명, 36-45세가 12명 그리고 46-60세가 6명이었다. 평균학력은 13년으로 중졸 이하가 3명, 고졸이 24명, 전문대 이상이 19명이었다. 술은 35명의 근로자가 마신다고 응답하였고 11명은 마시지 않는다고 하였다(표 1).

Table 1. General characteristics

Characteristics	Range	Total	Non-exposure	Exposure
Sex	Male	50	35	15
	Female	50	11	39
Age (years)	16-25	31	8	23
	26-35	29	20	9
	36-45	22	12	10
	46-60	18	6	12
Education (years)	0-6	18	1	17
	7-9	19	2	17
	10-12	44	24	20
	13-18	19	19	0
Alcohol	Yes	57	35	22
	No	43	11	32
Total		100	46	54

2. 비폭로군의 신경행동검사 결과

유기용제에 폭로된 적이 없는 46명의 근로자들에 시행한 신경행동검사 평균결과는 단순반응시간이 0.2561초, 숫자부호가 65.5개, 숫자암기 정순이 9.6개, 역순이 5.8개, Santa Ana는 우수가 44.8개, 열수가 39.7개, Benton은 8.7개, 목적추구성은 198.4개 이었다. 연령별 분포별로 단순반응시간, 숫자부호, Santa Ana, 목적추구성은 통계학적인 유의한 차이를 보였는데 숫자부호와 목적추구성은 연

령이 증가함에 따라 낮은 성적을 보였다. 단순반응 시간은 여성에서 낮은 반응을 보인 반면 숫자부호, 목적추구성은 여성에서 높은 결과를 보였고 이는 통계학적으로 유의하였다. 어느 항목도 교육수준이나 음주여부에 따른 통계적인 유의한 차이는 보이지 않았다(표 2).

3. 폭로정도에 따른 신경행동 검사 결과

톨루엔 폭로정도에 따른 신경행동학적 변화를 보면 단순반응시간은 지연되는 경향을 보였고, Santa

Table 2. Results of NCTB by age, sex, education and alcohol in non-exposure group

	Range	Person	SRT	DSY	DSF	DSB	SAD	SAND	Bent	PA
S	Male	35	0.2479	62.5	9.3	5.6	45.0	39.9	8.8	185.7
	Female	11	0.2830	75.1	10.4	6.6	44.0	39.1	8.5	240.0
e										
x	t value		-2.67*	-4.49**	-1.09	-1.53	0.60	0.39	0.77	-4.44**
A	16-25	8	0.2918	75.3	9.1	5.8	41.9	37.4	8.5	232.4
	26-35	20	0.2432	65.7	10.0	6.2	46.61	41.4	9.1	206.3
	36-45	12	0.2617	62.1	9.5	5.3	44.73	39.6	8.4	183.8
	46-60	6	0.2365	57.5	8.8	6.0	43.33	37.7	8.7	155.8
	F value		4.270*	6.647**	0.33	0.55	2.29*	1.50	1.19	6.66**
E	0-9	3	0.2307	61.7	7.0	4.3	47.7	40.7	8.3	179.7
	10-12	24	0.2630	66.5	10.0	6.1	44.4	39.7	8.7	203.9
	13-18	19	0.2528	64.8	9.4	5.8	44.8	39.4	8.9	194.7
	F value		1.089	0.41	1.60	1.17	0.63	0.07	0.36	0.58
A	Yes	35	0.2510	65.2	9.6	5.7	44.6	39.8	8.7	193.8
	NO	11	0.2728	66.2	9.3	6.4	45.4	39.3	9.0	215.5
l										
c	t value		-1.58	-0.28	0.33	-1.12	-0.46	0.25	-0.81	-1.36
o										
	Total	46	0.2561	65.5	9.6	5.8	44.8	39.7	8.7	198.4

*p < 0.05 **p < 0.01

SRT(simple reaction time), DSY(digit symbol), DSF(digit span forward),

DSB(digit span backward), SAD(Santa Ana dexterity test, dominant hand)

SAND(Santa Ana dexterity test, nondominant hand) Bent(Benton visual test), PA(pursuit aiming)

Ana와 Benton은 감소하는 경향을 보였고 이는 통계학적으로 유의하였다. 전체 근로자를 대상으로 비교해보면, 연령의 차이에 따라 단순반응시간과 Benton에서 통계학적인 차이를 보였으나 일정한 경향을 보이지는 않았다. 성별에 따라서는 남자가 모든 검사에서 우위를 보였고 이는 통계학적으로 유의

하였다. 교육정도에 따라서는 Santa Ana와 Benton이 증가하는 경향을 보였으며 이는 통계학적으로 유의하였다. 음주 여부에 따라서도 각 검사결과 모두 차이를 보였다(표 3).

Table 3. Results of the selected tests on the study population

	Level	Person	SRT	SAD	Bent
E x p	None	46	0.2556 ± 0.0381	44.52 ± 4.73	8.72 ± 1.11
	Low	12	0.2645 ± 0.0364	42.83 ± 5.01	7.67 ± 1.61
	Middle	20	0.2793 ± 0.0272	40.20 ± 5.06	7.30 ± 1.63
	High	22	0.2847 ± 0.0432	36.45 ± 5.03	5.82 ± 2.13
	F value		3.8192*	14.347**	17.940**
A g e	16-25	31	0.2783 ± 0.0348	40.5 ± 4.62	7.90 ± 1.30
	26-35	29	0.2519 ± 0.0240	44.0 ± 5.65	8.31 ± 1.65
	36-45	22	0.2751 ± 0.0524	41.6 ± 6.80	7.09 ± 2.27
	46-60	18	0.2664 ± 0.0401	40.1 ± 5.81	6.94 ± 2.34
	F value		2.7799*	2.626	2.972*
S e x	Male	50	0.2502 ± 0.0271	42.8 ± 5.84	8.10 ± 1.79
	Female	50	0.2854 ± 0.0410	40.5 ± 5.59	7.24 ± 1.93
	t value		-5.07**	3.016*	2.313*
E d u c a	Primary	18	0.2782 ± 0.0468	38.9 ± 6.68	5.83 ± 2.15
	Middle	19	0.2758 ± 0.0381	41.3 ± 4.74	7.37 ± 1.67
	High	44	0.2669 ± 0.0373	41.8 ± 6.18	8.05 ± 1.61
	College	19	0.2522 ± 0.0318	44.4 ± 3.66	8.84 ± 1.12
	F value		1.7689	3.016*	11.513**
A l c o	Yes	57	0.2560 ± 0.0345	42.8 ± 5.15	8.07 ± 1.53
	No	43	0.2834 ± 0.0391	40.3 ± 6.36	7.12 ± 2.21
	t value		-3.71**	2.17*	2.36*
	Total	100	0.2678 ± 0.0384	41.7 ± 5.80	7.67 ± 1.90

*p < 0.05 **p < 0.01

4. 다분류 분석에 의한 신경행동학적 변화 분석

신경행동학적 검사의 잘 알려진 교란요인인 연령, 성별, 교육정도, 음주여부가 미치는 영향과 이들의 상호작용효과를 배제하기 위하여 유기용제 폭로정도가 신경행동변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여

신경행동검사 결과를 독립변수로 하여 다분류분석을 시행하였다. 상호작용을 통제한 후 단순반응시간 결과에는 성별에 의한 차이가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고 설명력은 32%이었다. Santa Ana 와 Benton에서는 각 변수의 상호작용을 통제한 후 폭로정도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고 설명력은 각각 37%, 43%로 나타났다(표 4).

Table 4. Multiple classification analysis on the selected tests

			N	Unadjusted Dev'n	Eta	Adjusted for Independents Dev'n	Beta
SRT	Sex	Male	50	-17.62		19.53	
		Female	50	-17.62		19.53	
					0.46		0.51**
	Exposure	None	46	-12.21		-3.58	
		Low	12	-3.32		-2.56	
		Moderate	20	11.48		-8.96	
		High	22	16.91		17.04	
					0.33		0.24
	Education	Primary	18	10.35	-16.19		
		Middle	19	8.02		-3.28	
		High	44	-0.96		3.97	
		College	19	-15.61		9.41	
					0.23		0.22
	Age	16 - 25	31	10.47	-3.73		
		26 - 35	29	-15.89	-8.75		
		36 - 45	22	7.32	14.29		
46 - 60		18	-1.38	3.06			
				0.28		0.22	
Alcohol	Yes	57	-11.78		-5.75		
	No	43	15.62		7.63		
				0.35		0.17	
R Square							0.324
SAD	Sex	Male	50	1.16		-0.44	
		Female	50	-1.16		-0.44	
					0.20		0.08
	Exposure	None	46	2.84		3.07	
		Low	12	1.15		0.23	
		Moderate	20	-1.48		-0.85	
		High	22	-5.23		-5.7	

(to be continued)

			N	Unadjusted Dev'n	Eta	Adjusted for Independents Dev'n	Beta
Exposure					0.56		0.60**
Education	Primary	18	-2.79			0.52	
	Middle	19	-0.42			1.39	
	High	44	0.14			-0.60	
	College	19	2.74			-0.48	
					0.29		0.14
Age	16 - 25	31	-1.20			-1.24	
	26 - 35	29	2.35			1.83	
	36 - 45	22	-0.09			0.13	
	46 - 60	18	-1.62			-0.98	
				0.28		0.22	
Alcohol	Yes	57	1.07			0.30	
	No	43	-1.42			-0.40	
					0.21		0.06
R Square							0.366
BENT	Sex	Male	50	0.43		0.03	
		Female	50	-0.43		-0.03	
					0.23		0.01
Exposure	None	46	1.05			0.84	
	Low	12	-0.00			0.34	
	Moderate	20	-0.37			-0.50	
	High	22	-1.85			-1.49	
					0.60		0.50**
Education	Primary	18	-1.84			-0.67	
	Middle	19	-0.30			0.15	
	High	44	0.38			0.05	
	College	19	1.17			0.36	
					0.51		0.18
Age	16 - 25	31	0.23			0.31	
	26 - 35	29	0.64			0.27	
	36 - 45	22	-0.58			-0.47	
	46 - 60	18	-0.73			0.40	
					0.29		0.19
Alcohol	Yes	57	0.40			0.02	
	No	43	0.53			-0.02	
					0.24		0.01
R Square							0.434

* p < 0.1 ** P < 0.01

SRT(simple reaction time), SAD(Santa Ana dexterity test, dominant hand) Bent(Benton visual test)

IV. 고 찰

중금속이나 유기용제 등 각종 유해화학물질에 의한 신경독성은 이미 잘 알려져 있다(Norton, 1986; Baker와 Fine, 1986). 유기용제의 사용량은 날로 증가하여 많은 근로자가 유기용제에 폭로되고 있으며 이로 인해 신경독성의 영향을 받을 가능성도 증가하고 있다. 유기용제에 의한 신경독성증상은 과거에는 중추신경계의 급성(마취)증상만 생각하고 저농도의 장기폭로로 인한 만성독성은 무시되어 왔으나 최근 연구에서 유기용제의 저농도 장기 폭로로 인한 중추신경장해가 많이 보고됨으로써 이에 대한 관심이 증가되고 있다(Baker와 Fine, 1986).

유기용제 폭로로 인한 만성 신경독성 장애의 가장 일관된 소견 중의 하나는 집중력장해, 정서불안정, 수면장해 등의 신경쇠약증상이다(WHO, 1985). 급성증상은 마취전증상 즉 졸리움, 구역, 구토, 두통, 운동부조화 및 알코올불내성 등이다. 만성증상은 피로감, 기억력감퇴, 집중력장해, 의욕상실 등이 주증상이며 우울, 불쾌감, 정서불안정, 두통, 과민상태, 수면장해, 이상감각 및 현훈 등이 나타날 수 있다(Waldron, 1985). WHO에서는 이와같은 유기용제에 의한 만성신경독성작용을 3단계로 분류하였다(Baker와 Fine, 1986; NIOSH, 1987).

저농도의 유기용제에 장기 폭로될 때 신경독성증상을 일으키는지 여부에 대해서는 논란이 많다. 현재의 스칸디나비아 환경기준 이하 농도의 유기용제에 폭로되어도 도장공 증후군(Paintner syndrome)을 일으킬 수 있다는 보고(Hane, 1977; Mikkleson, 1980; Cherry 1985)가 있고 특히 Juntunen 등(1980)은 유기용제에 폭로된 근로자의 90% 이상이 인격장해가 있다고 보고하고 있다. 그러나, 저농도 장기폭로에서 나타난다는 신경증상은 조사방법상의 문제나 혼란변수에 대한 고려가 충분치 못해 나타난 것으로 저농도의 만성유기용제 폭로가 중추신경계에 기질적인 손상을 준다는 결론은 성급한 것이라고 주장하는 연구자도 있다(Cherry 등, 1985; Gade 등, 1988; van Vliet 등, 1988; Bolla 등, 1990). Maizlich 등(1987)은 연령, 성, 음주 등의 변수를

통제하고 조사한 결과 만성적으로 저농도유기용제 폭로로 인한 어떠한 신경계 이상도 발견하지 못하였는데, 이러한 차이는 Toluene을 주로 조사한 스칸디나비아 연구와는 달리 Isopropranol, hexane을 사용하는 근로자를 대상으로 하였고 또 상대적으로 짧은 폭로기간, 다른 검사방법, 표본추출요인 등이 원인인 것으로 저자들은 분석하고 있다. 어쨌든, 유기용제에 허용농도 이상으로 장기간 폭로되면 중추신경계에 영향을 미치는 것은 인정되고 있으나 그러한 상태를 객관적으로 평가하는 방법은 미흡하다.

중추신경계의 이상은 증상질문서, 신경행동검사, 신경과적 진찰, 신경생리검사, 전산화단층촬영이나 자기공명영상 등의 방법으로 찾아낼 수 있다.

유기용제의 신경독성 증 맨처음 나타나는 신경증상은 흔히 증상질문서를 이용하여 찾아내는데 이 방법은 유기용제 폭로 위험성이 높은 집단에서 매우 유용한 선별 검사방법으로 제시되고 있으나(WHO, 1985), 증상 자체가 주관적이라는 면외에 급성 중독증상과 만성 중독증상이 서로 겹쳐 이를 구별하기 어려운 문제점이 있다(Waldron, 1985). CT나 MRI 같은 첨단 장비는 뇌의 명확한 해부병리적인 변화가 있는 것을 진단하는 것이므로 뇌기능상의 손상이 있는 신경행동 변화까지 찾아내지는 못하므로 만성유기용제 중독에 활용하기는 곤란하다(Orbaek 등, 1987; Triebig 등, 1988; Triebig와 Lang, 1991). 그리고, 유기용제에 의한 중추신경계 손상은 백질부위에서 우선적으로 나타나므로 회백질부위 진단에 효과적인 CT 결과가 이상이 없다고해서 정상이라고 판단하는 것은 위험한 일이다(강성규 등, 1992). 전기생리학적 검사방법(신경전도속도, 유발전위, 뇌파검사)은 중추신경계의 기능적 이상을 찾아낼 수 있으나 검사에 시간이 걸리고 병원내에서 이루어지므로 작업현장조사방법으로는 적합하지 못하다. 따라서, 중추신경계의 기능적 변화에 대한 평가는 저렴한 비용으로 간단하게 활용할 수 있는 신경행동검사방법이 널리 이용되어 왔고 이황화탄소 취급 근로자를 비롯하여 유기용제를 취급하는 근로자에 대해서도 이런 이용방법의 가능성에 대한 연구가 계속되어 왔다(White 등, 1990; Anger, 1992). Anger(1990)는 1989년까지 신경행동검사방법을 이용한 연구는 전세계적으로 185논문에 250여개의 방법이

라고 하였다.

Hänninen 등(1976)은 유기용제 폭로군로자에게 신경독성 증상을 파악하기 위한 신경행동검사는 특이도는 상대적으로 낮지만 민감도가 높으므로 선별 검사에 유용하게 이용할 수 있다고 하였다. 하지만, 신경행동검사는 결과를 정확히 해석하고 다른 연구와 비교하려면 조사결과에 미치는 혼란 요인을 철저히 배제하여야 하는데, 이러한 결과에 영향을 미치는 인자는 나이, 성별, 교육, 사회경제적 위치, 건강상태와 약물복용, 피로, 동기 등의 피검자의 문제와 검사방법의 표준화 같은 검사자의 문제 등이 있다(WHO, 1987). 이에, WHO에서는 신경행동검사 방법의 국제간의 비교를 위해 표준화된 검사방법을 제시하고 국제간 공동연구를 수행하였다(Cassito 등, 1990).

Klinterberg 등(1987)은 신경행동검사의 여러 반응검사는 남자가 여자보다 유의하게 빠르다고 보고하였고 Heaton 등(1986)은 남자는 조작하는 검사, 다양한 기술, 육체적 노력이 필요한 검사에서 우위를 보이고, 여자는 언어능력과 관련된 검사에서 우위를 보인다고 하였다. 본 결과도 남자가 단순반응시간, Santa Ana 검사에서 빠른 수행력을 보였고 여자는 숫자부호, 목적추구성에서 높은 수행력을 보여 이들의 결과와 일치하였다. Heaton 등(1986)은 연령에 따른 차이에 가장 민감한 검사는 속도 뿐 아니라 뚜렷한 인지능력과 지각운동 능력을 요구하는 검사로 대표적인 것이 숫자부호라고 하였는데 본 결과도 숫자부호와 목적추구성에서 연령별 차이를 보이고 있다. 그러나 단순반응시간은 Heaton 등(1986)과는 달리 연령별 차이를 보이고 있었다. 신경행동검사에 영향을 미치는 여러 요인 중 중요한 것이 교육정도인데 비폭로군에서 교육정도에 따른 차이는 보이지 않고 있었다. 이는 대조군의 평균 학력이 13년이고 대부분이 고졸이상의 학력을 가지고 있어 학력정도에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 생각된다. 따라서 적어도 고졸이상의 학력이면 학력에 따른 차이는 없다고 할 수 있다.

톨루엔에 폭로되는 근로자를 대상으로 단순반응시간, Pegboard 검사, Benton 시각검사 등의 신경행동검사가 보고되고 있다. Iregren 등(1982)은 단순반응시간의 차이를 보고하였는데 본 연구에서도 톨

루엔 폭로정도에 따른 차이를 보이고 있으나 다분류 분석에 의하면 성별에 의한 차이만 유의하였다. Cherry 등(1983; 1984)은 Santa Ana와 유사한 검사인 민첩성과 협동운동성을 보는 Pegboard 검사에서 이상을 보고하였는데 본 연구에서도 다른 요인을 통제하고도 톨루엔 폭로정도가 Santa Ana 수행정도에 가장 큰 영향을 미치고 있었다. 순간기억력을 보는 Benton 시각검사는 Orbaek 등(1989)이 이상을 보고하고 있는데 본 연구에서도 다른 요인을 통제하고 나서 톨루엔 폭로정도에 따라 순간기억력이 떨어지는 양상을 보였다. 따라서 본 연구결과에 의해 톨루엔에 장기 폭로되면 민첩성과 협동운동성이 떨어지고 순간기억력이 감소된다고 파악할 수 있다.

본 연구결과에서 기존의 신경행동검사 결과와 유사한 몇가지 유의한 차이가 나타났지만 이를 곧 톨루엔에 의한 만성신경독성 결과라고 판단하기에는 몇가지 문제점이 지적된다. 첫째, 비록 다분류분석을 통해 혼란요인을 통제하였으나 피검 근로자 수가 적고 톨루엔 폭로정도에 따른 성, 교육정도가 왜곡되어 있어 이로 인한 결과차이의 가능성을 배제할 수 없는 것이다. 검사항목 및 방법에 대해서는 이미 표준화된 검사방법을 이용하고 검사자에게 검사방법을 잘 숙련시킴으로써 오차를 줄일 수 있으므로 폭로 근로자와 유사한 연령, 성, 교육정도를 갖는 비폭로군에 대한 충분한 추가 조사가 필요하다. 둘째는 본 조사가 작업장내에서 작업도중 이루어졌기 때문에 일부 근로자에 대해서는 급성폭로에 의한 영향의 가능성을 배제할 수 없다. 급성폭로의 영향을 최소화 할 수 있는 검사방법이 필요하다. 셋째는 조사 당시의 기중농도만을 기준으로 톨루엔 폭로정도를 구분하였기 때문에 폭로군간의 구분이 완벽하다고 인정하기에는 한계가 있다. 폭로군을 정확히 구분하기 위해서는 Fidler 등(1987)이 제안한 폭로량 추정방법 같은 평가방법을 통해 유기용제의 폭로정도(양과 기간)를 추정하여 신경행동검사 결과와 비교함으로써 양반응관계를 파악하거나 만성적으로 폭로되도 무해한 농도에 대한 연구가 필요하다.

IV. 결 론

신경질환이 없고 신경독성물질에 폭로된 적이 없는 근로자에게 WHO-NCTB 검사를 시행하여 교란 인자에 대해 분석한 결과 단순반응시간, 숫자부호, Santa Ana, 목적추구성이 연령별 차이를 보였고 남성은 단순반응시간, 여성은 숫자부호, 목적추구성에서 우위를 보였다. 고졸 이상의 학력수준에서는 교육수준에 따른 차이는 없었고 음주여부에 따른 차이도 보이지 않았다.

유기용제 폭로 정도에 따른 신경행동변화 비교에서는 Santa Ana와 Benton시각검사결과 유기용제 폭로 정도에 따른 차이를 보였으나 단순반응시간은 차이가 없었다.

따라서, WHO-NCTB는 이를 이용한 우리나라 근로자들의 신경행동학적변화가 외국의 결과와 비슷한 성적을 보여 향후 작업현장에서 신경독성이 있는 화학물질에 의한 중추신경장애의 선별검사나 현장조사 연구에 유용하게 쓰일 수 있는 방법으로 생각된다.

V. 참 고 문 헌

강성규, 이경용, 정호근, 이영진. 유기용제 중독에 의한 중추신경장애 1예. 대한산업의학회지 1992; 4(1): 110-117

이세훈. 화학물질 폭로에 의한 중추신경 장애평가에 이용되는 현장조사방법. 한국의 산업의학 1990; 29(2): 45-50

이세훈, 이승한. 유기용제폭로근로자들의 신경행동학적 변화에 대한 연구. 산업보건연구논문집 1992; 55-63

천용희. 혼합유기용제에 폭로된 근로자의 만성독성 뇌장애. 대한산업의학회지 1991; 3(2): 216-219

Anger WK. Assessment of neurotoxicity in humans. In: Neurotoxicology. New York, Raven Press Ltd.. 1992, 363-386

Anger WK. Worksite behavioral research:Results,

sensitive methods, test batteries and the transition from laboratory data to human health. Neurotoxicology 1990; 11: 629-720

Baker E, Fine LJ. Solvent neurotoxicity: The current evidence. J Occup Med 1986; 28: 126-129

Bolla KI, Schwartz BS, Agnew J, Ford PD, Bleecker ML. Subclinical neuropsychiatric effects of chronic low-level solvent exposure in US painter manufacturers. J Occu Med 1990; 32: 671-677

Cassitto M, Camerino D, Hanninen H, Anger WK. International collaboration to evaluate the WHO Neurobehavioral Core Test Battery. In: Johnson B. Advances in Neurobehavioral Toxicology: Applications in environmental and occupational health. Chelsea, Mich: Lewis Publishers Inc.. 1990, 203-224

Cherry N, Johnston JD, Venables H, Waldron HA, Buck L, Mackay J. The effects of toluene and alcohol on psychomotor performance. Ergonomics 1983; 26(11): 1081-1087

Cherry N, Venables H, Waldron HA. Description of the tests in the London School of Hygiene test battery. Scand J Work Environ Health 1984; 10 (supple 1): 18-19

Cherry N, Hutchins H, Pace T, Waldron HA. Neurobehavioural effects of repeated occupational exposure to toluene and paint solvents. Bri J Ind Med 1985; 42:291-300

Fidler AT, Baker EL, Letz RE. Estimation of long term exposure to mixed solvents from questionnaire data; a toll for epidemiological investigations. Bri J Ind Med 1987; 44: 133-141

Gade E, Mortensen EL, Bruhn P. "Chronic painter's syndrome". A reanalysis of psychological test data in a group of diagnosed cases, based on comparisons with matched controls. Acta Neurol Scand 1988; 77: 293-306

Hane M, Axelson O, Blume J, Hogstedt C, Sundell L, Ydreborg B. Psychological function changes

- among house painters. *Scand J Work Environ Health* 1977; 3: 91-99
- Hänninen H, Eskelinen L, Husman K, Nurminen M. Behavioral effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. *Scand J Work Environ Health* 1976; 240-255
- Heaton R, Grant I, Matthews C. Differences in neuropsychological test performance associated with age, education, and sex. In: Grant I, ed. *Neuropsychological assessment of neuropsychiatric disorders*. New York, Oxford University Press. 1986. 100-120
- Iregren A. Effects on psychological test performance of workers exposed to a single solvent (toluene)-A comparison with effects of exposure to a mixture of organic solvents. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1982; 4: 695-701
- Juntunen J, Hulpli V, Hernberg S, Luisto M. Neurological picture of organic solvent poisoning in industry. A retrospective study of 37 patients. *Int Arch Occup Environ Health* 1980; 46: 219-231
- Klinterberg B, Levander S, Schalling D. Cognitive sex differences; speed and problem-solving strategies on computerized neuropsychological tasks. *Percept Mot Skills* 1987; 65: 683-697
- Maizlish NA, Langolf GD, Whitehead LW, Fine LJ, Albers JW, Goldberg J, Smith P. Behavioural evaluation of workers exposed to mixtures of organic solvents. *Bri J Ind Med* 1985; 42: 579-590
- Mikkelsen S. A cohort study of disability pension and death among painters with special regard to disabling presenile dementia as an occupational disease. *Scand J Soc Med Suppl* 1980; 16: 34-43
- National Research Council. *Surveillance to prevent neurotoxicity in humans* In: *Environmental neurotoxicology*. Washington D.C., National Academy Press. 1992, 95-110
- NIOSH. *Current intelligence bulletin; Organic solvent neurotoxicity*. Cincinnati, U.S. DHEW (NIOSH). 1987. 87-104
- Norton S. Toxic response of the central nervous system. In: Casarett and Doull's *Toxicology*. 1986: 359-386
- Orbaek P, Lindgren M, Olivercrona H, Heger-Aronsen B. Computed tomography and psychometric test performances in patients with solvent induced chronic toxic encephalopathy and healthy controls. *Bri J Ind Med* 1987; 44: 175-179
- Orbaek P, Nise G. Neurasthenic complaints and psychometric function of toluene-exposed rotogravure printers. *Am J Ind Med* 1989; 16: 67-77
- Triebig G, Claus D, Csuzda I, Druschky KF, Holler P, Kinzel W, Lehl S, Reichwein P, Weidenhammer W, Weitbrecht WU, Schaller KH, Valentin H. Cross-sectional epidemiological study on neurotoxicity of solvents in paints and lacquers. *Int Arch Occup Environ Health* 1988; 60: 233-241
- Triebig G, Lang C. Brain imaging techniques applied to chronically solvent-exposed workers: current results and critical evaluation. *Fourth international symposium for neurobehavioral methods and effects in occupational and environmental health*. Tokyo. 1991. 117
- US OTA (Office of Technology Assessment). *Neurotoxicity, identifying and controlling poisons of the nervous system*. Washington D.C., U.S. Government Printing Office. 1990
- van Vliet C, Swaen GMH, Meijers JMM, Slangen J, De Boorder T, Sturmans F. Prenarcotic and neuroaesthetic symptoms among Dutch workers exposed to organic solvents. *Brit J Ind Med* 1989; 46: 586-590
- Waldron HA. Solvents and the brain. *Br J Ind Med* 1986; 43: 73-74
- White RF, Feldman RG, Travers PH. *Neurobehavioral Effects of toxicity due to*

- metals, solvents, and insecticides. Clinical Neuropharmacology. 1990; 13(5): 392-412*
- WHO. *Chronic effects of organic solvents on the central nervous system and diagnostic criteria. Copenhagen, Nordic Council Ministers Working Group, 1985.*
- WHO. *Field evaluation of WHO neurobehavioral core test battery. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986.*
- WHO. *Operational guide for the WHO neurobehavioral core test battery. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986.*
- WHO. *Prevention of Neurotoxic illness in Working Population, ed. Johnson BL. New York, John Willey & Sons, 1987.*