

유기용제 취급 근로자의 건강장해에 관한 연구

1993



한국산업안전공단
산업보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구 결과를 1993년도 산업보건연구원의 연구사업 중
“유기용제 취급 근로자의 건강장해에 관한 연구”에 대한 최종
결과 보고서로 제출합니다.

1993년 12월 31일

제출자 : 산업보건연구원장 정 호 근

연구책임자 : 수석연구원 강 성 규

공동연구자 : 원 장 정 호 근

기술직 5급 조 영 숙

목 차

Abstract	1
I. 서론	3
1. 연구배경	3
2. 연구목적	5
II. 연구방법	6
1. 조사대상	6
2. 조사내용	6
3. 조사방법	8
4. 분석방법	8
III. 결과	9
1. 일반적 특성	9
2. 신경행동검사 결과	9
3. 다분류 분석에 의한 신경행동 검사 교란인자 간의 관계	12
IV. 고찰	16
V. 결론	21
VI. 참고문헌	23

A study for neurobehavioral dysfunction in the workers exposed to toluene and styrene

Seong-Kyu Kang, Ho Keun Chung, Young-Sook Cho.

Occupational Diseases Diagnostic Center

Industrial Health Research Institute

Korea Industrial Safety Corporation

34-4, Koosan-dong, Buk-ku,

Inchon 403-120, Korea

-Abstract-

In order to evaluate neurobehavioral effects in the workers exposed to more than 1/2 TLV and less than TLV of toluene(100 ppm) and styrene(50 ppm), neurobehavioral tests were carried out on 110 workers. 48 workers had never been exposed to neurotoxic substances, 38 workers were being exposed to toluene and 24 workers exposed to styrene. The results of simple reaction time test and Santa ana dexterity test were not statistically

different between non-exposure group and exposure groups. The results of digit symbol test and Benton visual test were statistically different between non-exposure group and toluene exposure group, but not different with styrene exposure group. By multiple classification analysis, sex was the main factor influenced to the result of simple reaction time and age and toluene exposure were to that of digit symbol and Benton visual test.

In conclusion, this study suggested the possibility that cognitive function and short term visual memory in the workers exposed to less than 100 ppm of toluene would be affected. However, the neurobehavioral effects in those exposed to less than 50 ppm of styrene were not found.

Korea Industrial Safety Corporation

34-1, Koonam-dong, Bok-ju,

Incheon 403-120, Korea

-Abstract-

In order to evaluate neurobehavioral effects in the workers exposed to styrene and toluene, 38 workers exposed to styrene (100 ppm) and 38 workers exposed to toluene (100 ppm) and 38 workers exposed to styrene and toluene (100 ppm) were carried out on 110 workers. 45 workers had no exposure to styrene and toluene. The results of simple reaction time test and Stern and Dexterity test were not statistically different between non-exposure group and exposure groups. The results of digit symbol test and Benton visual test were statistically different between non-exposure group and toluene exposure group, but not different with styrene exposure group. By multiple classification analysis, sex was the main factor influenced to the result of simple reaction time and age and toluene exposure were to that of digit symbol and Benton visual test.

유기용제 취급 근로자의 건강장해에

관한 연구

- 톨루엔 및 스티렌 폭로 근로자의 신경행동장해에 관한 연구 -

강성규, 정호근, 조영숙

한국산업안전공단 산업보건연구원

직업병진단센터

I. 서론

1. 연구배경

방향족 탄화수소 중 벤젠의 대체물질 등으로 널리 사용되고 있는 톨루엔과 각종 수지 제작에 이용되는 스티렌은 중추신경계에 영향을 주는 것으로 대표적으로 알려져 있다. 각국은 이들 물질의 사용에 대한 허용농도를 정해 놓고 근로자들이 그 농도 이상으로 폭로되지 않도록 규제하고 있다.

현재 톨루엔에 대해서는 우리 나라를 비롯한 많은 나라에서 100 ppm을 허용

농도로 정하고 있는데 최근 미국의 ACGIH(1993)에서는 50 ppm으로 낮추어 권고하고 있고 일본에서도 50 ppm으로 낮추려는 움직임이 있다. 스티렌에 대해서는 우리나라에서는 50 ppm을 기준으로 하고 있으나 스칸디나비아 국가나 독일에서는 20 ppm을 기준으로 하고 있다. 일부 국가에서 톨루엔을 100 ppm에서 50 ppm으로 낮추거나 스티렌을 50 ppm에서 20 ppm으로 낮춘 이유는, 물론, 50-100 ppm 사이의 톨루엔에 폭로되거나 20-50 ppm의 스티렌에 폭로된 근로자에서 유기용제로 인한 건강장해가 보고되기 때문인데 그 대표적인 것이 중추신경장해이다. 신경행동검사 결과와 같은 중추신경장해의 이상 소견에 대한 보고가 증가하기 때문이다.

톨루엔에 폭로되는 근로자에 대해서는 현행의 허용농도 이하에서도 신경행동학적인 이상을 보고(Iregren et al., 1982; Cherry et al., 1984; Ørbæk et al., 1989 등)하고 있다. 스티렌에 대해서는 Seppalainen & Hakonene(1976)이나 Cherry & Gautrin(1990)은 허용농도 이하에서도 건강장해를 보고하고 있다. 그러나, 스티렌에 대해서는 현재의 허용농도에서는 중추신경계에 영향을 주지 않는다는 보고(Rosen et al., 1978; Tribieg et al., 1989 등)도 있다.

우리나라에서도 유기용제 폭로 근로자에 대하여 신경행동검사를 통해 중추신경장해를 파악하고자 하는 연구(이세훈과 이승한, 1992; 강성규 등, 1993; 사공준 등, 1993 등)가 최근들어 활발히 이루어지고 있다. 이들 연구는 유기용제 취급 근로자에 신경행동검사를 어떻게 적용할 것인가에 대한 연구이므로 허용농도 이하에 폭로되는 근로자들의 신경행동학적 이상에 대한 연구는 앞으로 계속 진행될 필요가 있다.

최근 우리나라에서도 허용농도에 대한 관심이 고조되고 있는데, 현재 사용하고 있는 허용농도가 외국의 자료를 그대로 이용하고 있어 과연 현행 허용농도 이하이면 근로자들이 안전한지 또는 허용농도 이상이면 건강장해가 오는지에 대한

우리 자체의 평가가 필요한 시점이다.

2. 연구목적

본 연구에서는 현행 우리나라 허용기준을 초과하지 않으나 1/2 의 농도 이상에 톨루엔이나 스티렌의 농도에 폭로되는 근로자들에 대해 신경행동검사를 통해 중추신경계의 영향을 파악하기 위해 실시하였다. 톨루엔과 스티렌에 폭로되는 근로자들과 유기용제에 폭로된 적이 없는 근로자들에 대해 단순반응검사, 숫자부호, 벤튼시각검사 및 산타아나 민첩성 검사를 실시하여 그 결과를 비교하고 이 검사 결과에 영향을 미치는 것으로 알려진 연령, 교육정도, 성별, 근무기간에 의한 영향의 정도를 파악하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 조사대상

조사대상자로는 정신질환 및 신경계 질환으로 치료받은 적이 없고 해당 사업장에서 6 개월 이상 근무한 자를 대상으로 하였다.

비폭로군으로는 사무직 근로자와 전자업체 생산직 근로자 중 유기용제에 전혀 폭로되지 않는 근로자 48 명을 대상으로 하였다.

톨루엔 폭로군으로는 악기공장, 피혁공장, 운동화제조공장 및 보트제조공장 등 작업장의 톨루엔 농도가 허용농도를 초과하지 않고 1/2 을 초과하는 작업장에서 톨루엔을 주로 사용하는 작업자로서 근무력이 6 개월 이상인 자 38 명을 대상으로 하였다.

스티렌 폭로군으로는 유리강화플라스틱 제조공장과 텐트용 FRP 제조공장 등 작업장의 스티렌 농도가 허용농도를 초과하지 않고 1/2 을 초과하는 작업장에서 주로 스티렌 모노머에 폭로되는 근로자 24 명을 대상으로 하였다.

2. 조사 내용

조사대상 근로자에 대해 유기용제 폭로력이나 정신신경계 질환을 배제하기 위하여 자기 기입식 설문조사와 의사의 직접 면담으로 이상 근로자를 제외하였다. 신경행동 검사는 단순반응검사, 숫자 부호, 벤톤시각검사와 산타아나 민첩성 검사를 실시하였다.

가. 단순반응시간(Simple Reaction time)

미국 Sofeware Science사 제품의 단순반응시간검사기를 이용하여 간단하게 검사방법을 알려주고 2 분간 연습을 시킨 후 6 분동안 검사를 시행하였다. 검사 방법은 약 6 분간 1 초에서 10 초사이로 무작위로 나타나는 64 번의 불빛에 대한 평균 반응시간을 구하였다.

나. 숫자부호(Digit symbol)

Psychological Corp.의 Wechsler Adult Intelligence Scale(WAIS)의 Digit Symbol을 이용하여 숫자 0 에서 9 까지 부여된 일정한 부호를 보여주고 10 개를 연습시킨 다음 90 초동안 무작위로 부여된 숫자에 대한 부호를 기록하게 하고 정확하게 쓰여진 갯수를 구하였다.

다. 벤튼시각검사 (Benton Visual Test)

WHO에서 제작된 Benton visual test 카드를 이용하여 한 개의 그림을 약 10 초간 보여준 후 비슷한 그림 4 개가 그려 있는 다음 카드를 보여주고 맞는 것을 고르게 하였다. 10 개의 그림을 보여주고 맞춘 갯수를 구하였다.

라. 산타아나 민첩성검사 (Santa Ana Dexterity Test)

핀랜드 LEVY Ky사의 Santa Ana(Helsinki version)을 이용하여 검사를 시행하였다. 먼저 시범을 보이고 많이 쓰는 손으로 4 개를 연습시킨 후 48 개의 peg을 30 초간 좌측부터 시작하여 180 도 회전시켜 끝게 하였다. 1 차 시행 30 초 후 연습없이 반복검사를 시행하여 두 검사 결과를 합한 갯수를 구하였다.

3. 조사방법

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 1 명씩 검사를 시행하였다. 톨루엔 폭로 근로자는 작업이 있는 날 오전에 검사를 시행하였으며 스티렌 폭로 근로자는 작업이 없는 날 검사를 실시 하였다.

4. 분석방법

조사된 자료는 SPSS PC+를 이용하여 통계처리하였다. 결과 분석은 분산분석을 이용하였고, 비폭로군과 톨루엔, 스티렌 폭로군 간의 일반적인 특성이 차이나는 것을 보완하기 위하여 다분류분석을 시행하였다.

III. 결 과

1. 일반적 특성

조사자의 평균 연령은 36.55 세로 30 세 이하가 42 명, 31-40 세가 24 명, 41-50 세가 26 명 그리고 50 세 이상이 26 명이었다. 성별로는 남자가 61 명 여자가 49 명이었다. 평균 교육기간은 9.67 년으로 중졸 이하가 48 명, 고졸이 41 명 그리고 고졸이상이 21 명이었다. 평균 근무기간은 8 년 3 개월로 2 년 이하가 26 명, 2 년 - 5 년이 27 명, 5 년 - 10 년이 24 명 그리고 10 년 이상이 33 명이었다(Table 1).

2. 신경행동검사 결과

단순반응검사는 평균 271.4 msec이었는데 톨루엔 폭로군이 271.4 msec, 스티렌 폭로군이 283.2 msec로 비폭로군의 265.5 msec보다는 늦어지는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 단순반응검사의 표준편차는 평균 125.9 msec로 각군 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다. 숫자부호는 평균 50.8 개로 비폭로군이 57.8 개로 톨루엔 폭로군 43.5 개보다 많았으며 이는 통계적으로 유의하였고 스티렌 폭로군은 48.4 개로 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 벤톤시각검사는 평균 7.6 개를 맞추었으며 비폭로군이 8.4 개로 톨루엔 폭로군의 6.7 개보다 많았으며 통계적으로 유의하였고 스티렌 폭로군은 7.5 개로 비폭로군보다는 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 산타아나 민

첩성 검사는 평균 41.7 개를 시행하였으며 비폭로군이 42.2 개이었고 톨루엔 폭로군이 40.9 개 스티렌 폭로군이 42.1 개로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

Table 1. General Characteristics

		Normal	Toluene	Styrene	Total	
AGE	- 30	17	11	14	42	
	31 - 40	12	11	1	24	
	41 - 50	10	13	3	26	
	51 -	9	3	6	18	p=0.0277
SEX	Male	28	19	14	61	
	Female	20	19	10	49	p=0.7050
EDU	- 9	12	24	12	48	
	10 - 12	19	13	9	41	
	13 -	17	1	3	21	p=0.0005
Duration	- 24	7	6	13	26	
	25 - 60	13	11	3	27	
	61 - 120	9	13	2	24	
	121 -	19	8	6	33	p=0.0019
Total		48	38	24	110	
		43.6	34.5	21.8	100.0	

Table 2. Results of Simple reaction time and its standard deviation, digit symbol and Benton visual test

Item	Group	No.	Mean	SD	95 % CI		
SRT	Normal	48	265.4583	39.1190	254.0994	276.8173	
	Toluene	38	271.3684	38.3789	258.7536	283.9833	t=-0.70, p=0.485
	Styrene	24	283.2083	37.9313	267.1914	299.2253	t=-1.83, p=0.071
	Total	110	271.3727	38.8547	264.0302	278.7152	
SRTSD	Normal	48	152.2083	429.3375	27.5417	276.8749	
	Toluene	38	140.0000	462.2636	-11.9423	291.9423	t=0.13, p=0.900
	Styrene	24	51.1250	23.4971	41.2030	61.0470	t=1.15, p=0.255
	Total	110	125.9364	392.0968	51.8406	200.0322	
DSY	Normal	48	57.7500	19.3539	52.1302	63.3698	
	Toluene	38	43.5263	15.5019	38.4310	48.6217	t=3.69, p=0.00
	Styrene	24	48.4167	18.6755	40.5307	56.3027	t=1.95, p=0.55
	Total	110	50.8000	18.9116	47.2262	54.3738	
Benton	Normal	48	8.3542	1.6821	7.8657	8.8426	
	Toluene	38	6.6842	2.3608	5.9082	7.4602	t=3.83, p=0.00
	Styrene	24	7.5000	2.2650	6.5436	8.4564	t=1.80, p=0.075
	Total	110	7.5909	2.1770	7.1795	8.0023	
SAP	Normal	48	42.2083	4.7623	40.826	43.5911	
	Toluene	38	40.8684	6.4981	38.733	43.0043	t=1.10, p=0.273
	Styrene	24	42.1250	5.5035	39.801	44.4489	t=0.07, p=0.974
	Total	110	41.7273	5.5585	40.677	42.7777	

SRT(simple reaction time), SRTSD(simple reaction time standard deviation), DSY(digit symbol), Bent(Benton visual test), SAP(Santa Ana Preferred)

3. 다분류 분석에 의한 신경행동 검사 교란인자 간의 관계

연령, 성별, 교육정도, 근무기간 및 폭로군간의 각 검사에 미치는 효과와 서로간의 상호작용효과를 배제하기 위하여 신경행동검사 결과를 독립변수로 하여 다분류분석을 시행하였다. 상호작용을 통제한 후 단순반응시간검사 결과에는 성별에 의한 차이가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고 설명력은 56%이었고 유기용제 폭로로 인한 설명력은 24%이었다(Table 3). 단순반응검사의 표준편차에 특별히 영향을 미치는 요인은 없었다. 숫자부호에 가장 영향을 미치는 요인은 연령으로 설명력이 56%이었고 교육정도가 39%이었고 유기용제 폭로군에 의한 설명력이 19%이었다. 벤튼시각검사에도 연령이 가장 큰 영향력을 미쳤으며 설명력은 46%이었고, 근무력이 37%, 유기용제 폭로군에 의한 설명력이 24%이었다. 산타아나 민첩성검사에는 특별히 영향을 미치는 것은 없었다.(Table 3)

Digit Symbol	48	43.5283	15.5019	38.4310	48.6517	$F=1.67$	$p=0.00$
Toluene	38	48.4187	18.6782	40.5307	56.3027	$F=1.92$	$p=0.02$
Total	110	50.8000	18.9116	47.2382	54.3738		
Benton Visual	48	8.3542	1.6821	7.9657	8.8428		
Toluene	38	6.6842	2.3808	7.9082	7.4602	$F=3.82$	$p=0.00$
Styrene	24	7.5000	2.2820	6.5436	8.4264	$F=1.90$	$p=0.02$
Total	110	7.5909	2.1770	7.1792	8.0023		
SAP	48	42.2083	4.7623	40.828	43.2811		
Toluene	38	40.8684	6.4981	38.733	43.0043	$F=1.10$	$p=0.27$
Styrene	24	42.1250	6.5035	39.801	44.4489	$F=0.07$	$p=0.92$
Total	110	41.7273	5.2582	40.677	42.7777		

Table 3. Multiple classification analysis

			N	Unadjusted Dev'n	Eta	Adjusted for Ind. Dev'n	Beta
SRT	Exposure	None	48	-5.91		-5.14	
		Tolene	38	-.00		-4.81	
		Styrene	24	11.84		17.90	
					.18		.24*
	Age	- 30	42	-8.83		-7.20	
		31 - 40	24	-10.62		.27	
		41 - 50	26	17.13		13.21	
		51 -	18	10.02		-2.64	
					.31		.20
	Education	- 9	48	17.54		-.14	
		10 - 12	41	-10.25		-1.38	
		13 -	21	-20.09		3.01	
					.41		.04
	Sex	Male	61	-20.49		-19.52	
		Female	49	25.50		24.30	
					.59		.56**
	Duration	- 12	26	-7.22		-3.01	
		13 - 24	27	10.00		3.24	
		25 - 60	24	1.92		.98	
		60 -	33	-3.89		-.99	
					.17		.06
R Square							.426
SRTSD	Exposure	None	48	26.27		45.91	
		Tolene	38	14.06		-1.66	
		Styrene	24	-74.81		-89.20	
					.10		.13
	Age	- 30	42	73.78		170.97	
		31 - 40	24	-34.35		-65.20	
		41 - 50	26	-56.05		-123.86	
		51 -	18	-45.38		-133.08	
					.15		.35
	Education	- 9	48	8.50		53.01	
		10 - 12	41	1.33		-36.73	
		13 -	21	-22.03		-49.45	
					.03		.12

(continue)

Table 3. Multiple classification analysis (continue)

			N	Unadjusted Dev'n	Eta	adjusted for Ind. Dev'n	Beta
SRTSD	Sex	Male	61	-56.64		-63.06	
		Female	49	70.51		78.51	
	Duration	- 12	26	-59.94	.16	-97.00	.18
		13 - 24	27	-51.45		-120.97	
		25 - 60	24	170.61		127.28	
		60 -	33	-34.75		82.83	
					.23		.27
	R Square						.141
DSY	Exposure	None	48	6.95		4.10	
		Tolene	38	-7.27		-3.43	
		Styrene	24	-2.38		-2.77	
	Age	- 30	42	13.08	.34	10.60	.19**
		31 - 40	24	3.78		3.09	
		41 - 50	26	-10.30		-7.41	
		51 -	18	-20.69		-18.15	
	Education	- 9	48	-16.01	.68	-8.21	.56**
		10 - 12	41	11.71		5.65	
		13 -	21	13.72		7.73	
	Sex	Male	61	7.18	.75	.02	.39**
		Female	49	-8.94		-.02	
	Duration	- 12	26	7.74	.43	.15	.00
		13 - 24	27	-6.17		-5.09	
		25 - 60	24	-.17		-1.04	
		60 -	33	-.92		4.81	
					.26		.20*
	R Square						.752
Benton	Exposure	None	48	.76		.57	
		Tolene	38	-.91		-.56	
		Styrene	24	-.09		-.26	
					.34		.24*

(continue)

Table 3. Multiple classification analysis

(continue)

			N	Unadjusted Dev'n	Eta	djusted for Ind. Dev'n	Beta
Benton Age	- 30	42	1.00	1.13			
	31 - 40	24	.33	.05			
	41 - 50	26	-1.21	-1.08			
	51 -	18	-1.04	-1.15			
				.44		.46**	
Education	- 9	48	-1.38	-.40			
	10 - 12	41	.95	.39			
	13 -	21	1.31	.17			
				.56		.17	
Sex	Male	61	.75	.20			
	Female	49	-.94	-.25			
				.39		.10	
Duration	- 12	26	.45	-.33			
	13 - 24	27	-1.18	-1.09			
	25 - 60	24	.16	.20			
	60 -	33	.50	1.01			
				.32		.37**	
R Square						.504	
SAP Exposure	None	48	.48	.41			
	Tolene	38	-.86	-.73			
	Styrene	24	.40	.35			
				.11		.10	
Age	- 30	42	1.25	.18			
	31 - 40	24	1.94	2.00			
	41 - 50	26	-1.53	-.54			
	51 -	18	-3.28	-2.31			
				.35		.24	
Education	- 9	48	-1.58	-.66			
	10 - 12	41	.66	-.08			
	13 -	21	2.32	1.67			
				.27		.15	
Sex	Male	61	1.17	.28			
	Female	49	-1.46	-.35			
				.24		.06	
Duration	- 12	26	2.39	1.87			
	13 - 24	27	-2.21	-1.63			
	25 - 60	24	1.40	1.33			
	60 -	33	-1.09	-1.10			
				.33		.27	
R Square						.228	

IV. 고 찰

중금속이나 유기용제 등 각종 유해화학물질에 의한 신경독성은 이미 잘 알려져 있다(Norton, 1986; Baker & Fine, 1986; Grasso, 1988 등). 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(Baker & Fine, 1986).

유기용제 폭로로 인한 만성 신경독성 장애의 가장 일관된 소견 중의 하나는 집중력장애, 정서불안정, 수면장애 등의 신경쇠약증상이다(WHO, 1985). 급성증상은 마취전증상 즉 졸리움, 구역, 구토, 두통, 운동부조화와 알코올불내성 등이다. 만성증상은 피로감, 기억력감퇴, 집중력장애, 의욕상실 등이 주증상이며 우울, 불쾌감, 정서불안정, 두통, 과민상태, 수면장애, 이상감각 및 현훈 등이 나타날 수 있다(Waldron, 1985). WHO에서는 이와같은 유기용제에 의한 만성신경독성작용을 3단계로 분류하였는데 신경계 손상없이 위와같은 증상만을 나타내는 상태를 유기용제 독성 제 1형으로 정의하였다. 제 2형은 기억력 장애, 정신운동장애 등이 전기생리학적 검사에서 이상을 나타내는 상태로 경증의 만성독성뇌증이라 하는데 감정이나 인격의 변화가 있는 경우는 2A형 지적능력의 변화가 있는 경우는 2B라고 하였다. 제 3형은 지적인 수준과 기억력 기능의 전반적인 파괴가 온 상태로 중증의 만성 독성뇌증이라 하였다(Baker & Fine, 1986; NIOSH, 1987 등).

저농도의 유기용제에 장기 폭로될 때 신경독성증상을 일으키는지 여부에 대해서는 논란이 많다. 현재의 스칸디나비아 환경기준 이하 농도의 유기용제에 폭로되도 도장공 증후군(Painter syndrome)을 일으킬 수 있다는 보고(Hane, 1977; Mikkleson, 1980; Cherry, 1985 등)가 있고 특히 Juntunen 등(1980)은 유기용제에 폭로된 근로자의 90% 이상이 인격장애가 있다고 보고하고 있다. 그러나, van Vliet 등(1988)에 의하면 유기용제에 폭로되는 근로자의 유기용제 증후군 제 1형의 만성 신경독성증상은 작업스트레스의 영향이 더 크기 때문에 네덜란드의 페인트공에서는 이것이 중요한 건강상의 이상은 아니라고 하고 있고, Bolla 등(1990)은 만성적으로 저농도의 유기용제에 폭로되는 미국 도장공에 대해 신경증상을 조사한 결과 도장공증후군이라고하는 독특한 신경증상을 발견하지는 못하였다. 그들은 저농도 장기폭로에서 나타난다는 신경증상은 조사방법상의 문제나 혼란변수에 대한 고려가 충분치 못해 나타난 것으로 저농도의 만성유기용제 폭로가 중추신경계에 기질적인 손상을 준다는 결론은 성급한 것이라고 주장하기도 한다. 유기용제 폭로와 모호한 중추신경계 증상과의 관계에서 중요한 혼란변수는 연령, 성, 지식, 음주, 다른 신경독성물질의 영향, 건강상태등이 있는데 특히 신경계는 연령이 증가하면서 자연적으로 노화되는 것이므로 연령에 대한 세심한 고려가 필요하다. Cherry 등(1985)은 유기용제 폭로군과 대조군 사이에 신경행동 수행력의 차이가 있었으나 지식정도를 통제하고 다시 조사한 연구에서는 차이를 보이지 않았다고 하였고 Gade 등(1988)도 지식정도를 통제하고 조사한 결과 유기용제폭로군과 비폭로군 사이에 신경증상의 차이는 없다고 하였다. Maizlich 등(1987)은 연령, 성, 음주 등의 변수를 통제하고 조사하여 저농도의 만성유기용제 폭로가 양반응의 어떤 신경계 이상은 발견하지 못하였다고 하였는데, 이러한 차이는 Toluene 을 주로 조사한 스칸디나비아 연구와는 달리 Isopropranol, hexane을 주로 사용하는 근로자를 대상으로 하였고 또 상대적으로 짧은 폭로기

간, 다른 검사방법, 표본추출요인 등이 원인인 것으로 저자들은 분석하고 있다. 그리고, Olson 들(1985)은 단시간 폭로되어도 중추신경계에 장애를 유발할 수 있으므로 허용농도는 최소로 유지해야 한다고 했으며, Flodin 들(1984)은 유기용제에 저농도라도 만성적으로 폭로되면 일정시간이 지난 후 신경행동 변화가 온다고 하였고, Edling 들(1990)은 이러한 변화에 의한 장애는 폭로가 중단되도 계속된다고 하였다. 어쨌든, 유기용제에 허용농도 이상으로 장기간 폭로되면 중추신경계에 영향을 미치는 것은 인정되고 있으나 그러한 상태를 객관적으로 평가하는 방법은 미흡하다.

우리나라에서 보고된 신경행동 검사는 이세훈과 이승한(1992)이 자동차 부품 도장공을 대상으로 WHO의 4개 항목을 조사한 것, 연구자 들(1993)이 사무직 근로자와 톨루엔에 폭로되는 근로자를 대상으로 한 결과를 보고한 것과 사공준 들(1993)이 자동차 도장공을 대상으로 컴퓨터를 이용한 신경행동검사를 보고한 것이 있다. 이세훈과 이승한(1992) 등과 사공준 들(1993)은 복합 유기용제 또는 복합적으로 영향을 미치는지에 대한 파악이 미흡하고 현재의 작업여건으로 보아 위 대상자들이 상대적으로 낮은 농도에 폭로됨으로서 허용농도 전후의 농도에 폭로되는 근로자들의 신경행동학적 영향을 평가하기는 어려울 것으로 생각된다. 연구자 들(1992)이 조사한 것을 비교적 톨루엔 단일물질을 사용하는 근로자를 대상으로 하였으나 조사 대상자 수가 적고 조사군간에 신경행동검사의 중요한 혼란 변수인 학력차가 커서 그 결과를 그대로 적용하기에는 무리가 따른다.

본 연구에서는 주로 톨루엔과 스티렌에 폭로되는 근로자를 대상으로 허용농도를 초과하지 않으면서 1/2 이상의 농도에 폭로되는 사업장의 근로자를 대상으로 하였다.

단순반응검사는 평균 271.4 msec이었는데 톨루엔 폭로군이 271.4 msec, 스티렌 폭로군이 283.2 msec로 비폭로군의 265.5 msec보다는 늦어지는 경향을 보였으

나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 연구자들의 1992년 보고와 같이 단순반응검사에는 성별간의 차이가 가장 큰 영향 요인으로 나타났다. 단순반응검사의 표준편차는 평균 125.9 msec로 세군간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 숫자부호는 평균 50.8 개로 비폭로군이 57.8 개로 틀루엔 폭로군 43.5 개보다 많았으며 이는 통계적으로 유의하였고 스티텐 폭로군은 48.4 개로 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나, 숫자부호에서는 연령과 교육정도가 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 틀루엔 폭로에 의해서도 영향을 주는 것으로 나타났다. 벤톤시각검사는 평균 7.6 개를 맞추었으며 비폭로군이 8.4 개로 틀루엔 폭로군의 6.7 개보다 많았으며 통계적으로 유의하였고 스티텐 폭로군은 7.5 개로 비폭로군보다는 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 벤톤 시각검사에서도 가장 큰 영향을 미치는 것은 연령이었고 틀루엔에 의해서도 영향을 받는 것으로 나타났다. 산타아나 민첩성 검사는 평균 41.7 개를 시행하였으며 비폭로군이 42.2 개이었고 틀루엔 폭로군이 40.9 개, 스티텐 폭로군이 42.1 개로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

틀루엔에 폭로되는 근로자를 대상으로 단순반응시간, Pegboard 검사, Benton 시각검사 등의 신경행동검사가 보고되고 있다. Iregren 들(1982)은 단순반응시간의 차이를 보고하였는데 연구자들의 1992년 연구에서도 성별에 의한 차이가 크게 나타났는데 본 연구에서도 현행 허용농도 이하에서는 성별에 의한 차이 이외에 틀루엔 폭로로 인한 차이는 없는 것으로 나타났다. 숫자부호에서는 연령에 의한 차이가 크게 나타났지만 현행 허용농도 이하에서도 틀루엔 폭로 정도에 따른 영향을 받는 것으로 나타났다. Cherry 들(1983; 1984)은 Santa Ana와 유사한 검사인 민첩성과 협동운동성을 보는 Pegboard 검사에서 이상을 보고하였는데 연구자 등의 1992년 연구에서도 틀루엔 폭로정도가 Santa Ana 수행정도에 영향을 미치는 것으로 나타났으나 본 연구에서는 현행 허용농도 이하에서는 차이가 없는

것으로 나타났다. 순간시각기억력을 보는 Benton 시각검사는 Ørbæk 등(1989)이 이상을 보고하고 있는데 본 연구에서도 다른 요인에 의한 영향을 배제하더라도 톨루엔의 폭로정도에 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나, 톨루엔 폭로 정도 보다는 연령에 의한 차이가 크게 나타나 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

스티렌에 폭로되는 근로자들에서는 현행 허용농도 이하에 폭로되는 경우 단순반응검사, 숫자부호, 산타아나 민첩성검사 및 벤톤시각검사에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과에 의하면 허용농도의 1/2 은 넘지만 허용농도를 초과하지 않는 농도에 폭로되는 근로자들 중 톨루엔에 폭로되는 근로자에서는 인지기능이나 순간 시각암기력은 감소하는 경향을 보여 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 물론, 비록 다분류분석을 통해 혼란요인을 통제하였으나 피검 근로자 수가 적고 연령에 의한 영향력이 크게 나타난 점을 고려할 때 결과 해석의 어려움은 있으나 현행의 허용농도 이하에서도 톨루엔의 폭로로 인하여 인지기능이나 순간시각 암기력이 감소할 가능성을 배제할 수는 없으므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그러나, 스티렌에 폭로되는 근로자에서는 현행 허용농도 이하에서는 신경행동학적 이상 소견을 발견할 수는 없었는데, 스티렌 폭로 근로자의 근무기간이 상대적으로 짧기 때문에 스티렌 폭로 근로자들이 현행 허용농도 이하에 장기간 폭로되어도 신경행동학적인 이상이 나타나지 않는다고 단정하기는 어려울 것으로 생각된다.

V. 결 론

톨루엔이나 스티렌 등에 폭로되는 근로자들의 중추신경계의 영향을 파악하기 위하여 현재의 허용농도 이하이지만 1/2 이상의 농도에 6 개월 이상 폭로된 근로자들에 대해 신경행동검사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 조사대상자는 유기용제에 폭로력이 전혀 없는 근로자가 48 명, 톨루엔에 폭로되는 근로자가 38 명 그리고 스티렌에 폭로되는 근로자가 24 명이었다. 조사자의 평균 연령은 36.55 세로 30 세 이하가 42 명, 31-40 세가 24 명, 41-50 세가 26 명 그리고 50 세 이상이 26 명이었다. 성별로는 남자가 61 명 여자가 49 명이었다. 평균 교육기간은 9.67 년으로 중졸 이하가 48 명, 고졸이 41 명 그리고 고졸이상이 21 명이었다. 평균 근무기간은 8 년 3 개월로 2 년 이하가 26 명, 2 년-5 년이 27 명, 5 년-10 년이 24 명, 그리고 10 년 이상이 33 명이었다.

2. 단순반응검사는 평균 271.4 msec이었는데 톨루엔 폭로군이 271.4 msec, 스티렌 폭로군이 283.2 msec로 비폭로군의 265.5 msec보다는 늦어지는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 단순반응검사의 표준편차는 평균 125.9 msec로 각군 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다. 숫자부호는 평균 50.8 개로 비폭로군이 57.8 개로 톨루엔 폭로군 43.5 개보다 많았으며 이는 통계적으로 유의하였고 스티렌 폭로군은 48.4 개로 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 벤젠시각검사는 평균 7.6 개를 맞추었으며 비폭로군이 8.4 개로 톨루엔 폭로군의 6.7 개보다 많았으며 통계적으로 유의하였고 스티렌 폭로군은 7.5 개로 비폭로군보다는 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 산타아나 민첩성 검사는 평균 41.7 개를 시행하였으며 비폭로군이 42.2 개이었고 톨루엔 폭로군이

40.9 개 스티텐 폭로군이 42.1 개로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 연령, 성별, 교육정도, 근무기간 및 폭로군간의 각 검사에 미치는 효과와 서로간의 상호작용효과를 배제하기 위하여 신경행동검사 결과를 독립변수로 하여 다분류분석을 시행하였다. 상호작용을 통제한 후 단순반응시간검사 결과에는 성별에 의한 차이가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고 설명력은 56%이었고 유기용제 폭로로 인한 설명력은 24%이었다. 단순반응검사의 표준편차에 특별히 영향을 미치는 요인은 없었다. 숫자부호에 가장 영향을 미치는 요인은 연령으로 설명력이 56% 이었고 교육정도가 39%이었고 유기용제 폭로군에 의한 설명력이 19%이었다. 벤튼시각검사에도 연령이 가장 큰 영향력을 미쳤으며 설명력은 46%이었고, 근무력이 37%, 유기용제 폭로군에 의한 설명력이 24%이었다. 산타아나 민첩성검사에는 특별히 영향을 미치는 것은 없었다.

4. 현행 허용농도의 1/2 은 넘지만 허용농도를 초과하지 않는 농도에 폭로되는 근로자들 중 톨루엔에 폭로되는 근로자에서는 인지기능이나 순간 시각암기력은 감소하는 경향을 보였고, 스티텐에 폭로되는 근로자에서는 현행 허용농도 이하에서는 신경행동학적 소견의 차이는 없었다.

VI. 참고 문헌

- 강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 폭로 근로자들에 대한 신경행
동검사에 관한 연구. 대한예방의학회지 1993;46(2):210-221
- 사공준. 자동차 도장공에서 컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사. 대한예방의학회
지 추계학술대회 초록집 1993:61-62
- 이세훈, 이승한. 유기용제폭로근로자들의 신경행동학적 변화에 대한 연구. 산업
보건연구논문집 1992:55-63
- ACGIH. Threshold limit values and biological exposure indices. 1993.
- 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 Occup Med 1990;32:671-677
- 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, Gautrin D. Neurotoxic effects of styrene. Further evidence. Br J
Ind Med 1990;47:29-37
- 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. *Br J Ind Med* 1985;42:291-300
- Edling C, Ekberg K, Ahlborg JrG, Alexandersson R, Barregard L, Ekenvall L, Nilsson L, Svensson BG. Long term follow up of workers exposed to solvents. *Br J Ind Med* 1990;47:75-80
- Flodin U, Edling C, Axelson O. Clinical studies of psychoorganic syndrome among workers with exposure to solvents. *Am J Ind Med* 1984;5:287-295
- 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
- Grasso P. Neurotoxic and neurobehavioral effects of organic solvents on the nervous system. *Occup med* 1988;3(3):525-539
- 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
- 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. *Intern Arch Occup Environ Health* 1980;46:219-231
- Maizlish NA, Langolf GD, Whitehead LW, Fine LJ, Albers JW, Goldberg J, Smith P. Behavioural evaluation of workers exposed to mixtures of

- organic solvents. Br 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
- 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
- Olson BA, Gamberale F, Iregren A. Coexposure to toluene and p-xylene in man: central nervous functions. Br J Ind Med 1985;42:117-122
- Ørbæk P, Nise G. Neurasthenic complaints and psychometric function of toluene-exposed rotogravure printers. Am J Ind Med 1989;16:67-77
- Rosen I, Haeger-Aronsen B, Rehnstrom S, Welinder H. Neurophysiological observation after chronic styrene exposure. Scand J Work Environ Health 1978;4(supple 2):184-194
- Seppalainen AM, Harkonen H. Neurophysiological findings among workers occupationally exposed to styrene. Scand J Work Environ Health 1976;3:140-146
- Triebig G, Lehl S, Welte D, Schaller KH, Valentin H. Clinical and neurobehavioural study of the acute and chronic neurotoxicity of styrene. Br J Ind Med 1989;46:799-804
- van Vliet C, Swaen GMH, Meijers JMM, Slangen J, De Boorder T, Sturmans F. Prenarcotic and neurasthenic symptoms among Dutch workers exposed to organic solvents. Br J Ind Med 1989;46:586-590

- Waldron HA. Solvents and the brain. Br J Ind Med 1986;43:73-74
- WHO. Chronic effects of organic solvents on the central nervous system and diagnostic criteria. Copenhagen, Nordic Council Ministers Working Group, 1985
- NIOSH Current Intelligence Bulletin Organic solvent neurotoxicity. Cincinnati, U.S. DEW(NIOSH) 1987;87-104
- Morton S. Toxic response of the central nervous system. In: Casarett and Doull's Toxicology, 1988:353-388
- Olsen RJ, Gundersen F, Irgens A. Exposure to toluene and xylene in man: central nervous functions. Br J Ind Med 1985;42:117-122
- Wise G. Neurotoxic complaints and psychometric function of solvent-exposed potroom printers. Am J Ind Med 1989;16:67-77
- Rosen I, Hager-Aronsen E, Reinertsen S, Weindler H. Neurophysiological observation after chronic styrene exposure. Scand J Work Environ Health 1978;4(suppl 2):184-194
- Seppanen AL, Harkonen H. Neurophysiological findings among workers occupationally exposed to styrene. Scand J Work Environ Health 1976;2:140-148
- Triebig H, Leht J, Welle D, Schaller KH, Valentin H. Clinical and neurophysiological study of the acute and chronic neurotoxicity of styrene. Br J Ind Med 1989;46:793-804
- van Vliet C, Swaan GMR, Meijers MM, Stinson J, De Boorder T, Brouwer F. Tremor and neurotoxic symptoms among Dutch workers exposed to organic solvents. Br J Ind Med 1989;46:586-590

유기용제 취급 근로자의
건강장해에 관한 연구
(93-1-19)

발 행 일 : 1993.12

발 행 인 : 정 호 근

발 행 처 : 한국산업안전공단 산업보건연구원

인천직할시 북구 구산동 34 - 3

전 화 : (032) 518-0861

인 쇄 인 : 김 재 극

인 쇄 처 : 문 원 사

<비매품>