

복합유기용제의 누적 폭로 정도에 따른 신경행동학적 변화

이덕희¹ · 박인근¹ · 김진하¹ · 이용환¹ · 강성규² · 김두희³

고신대학교 의학부 예방의학교실¹, 산업보건연구원², 동국대학교 의과대학 예방의학교실³

= Abstract =

Neurobehavioral Changes according to Cumulative Exposure of Complex Organic Solvents*

Duk Hee LEE¹, In Geun Park¹, Jin Ha Kim¹, Young Hawn Lee¹, Sung Gye Kang², Doo Hie Kim³

*Department of Preventive Medicine, Kosin College of Medicine¹, Industrial Health Research Institute²,
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University³*

A cross sectional study was performed to evaluate the neurobehavioral effects of chronic exposure of complex organic solvents, using NCTB(Neurobehavioral Core Test Battery) recommended by WHO(World Health Organization). Forty female shoe factory workers and twenty-two controls matched with age were participated. The tests were performed in the morning before start of work, to exclude the effects of acute exposure.

Workers were exposed mainly to toluene, methyl ethyl ketone, n-hexane, cyclo-hexane, dichloroethylene, trichloroethylene, benzene, xylenes etc. The ranges of present solvent exposure of hygienic effect were 0.46~0.71 in the process using adhesives indirectly, and 1.83~2.39 in the process using it directly. We reclassified the subjects, according to cumulative exposure.

It showed significantly poorer performances in high exposed group on Santa Ana Dexterity and Benton Visual Retention, compared with control group. After controlling confounder, the significances were still remained.

But, further cohort studies, having the information of personal exposure dose from entering a factory, are required to clarify the effects of chronic exposure of complex organic solvents in

* 본 연구는 1993년도 고신대학교 부설연구소 지원 연구비로 수행되었음.

relation to dose and duration of exposure.

Key words : NCTB, organic solvents, cumulative exposure, neurobehavioral change

서 론

유기용제에 대한 고농도 폭로가 인간이나 동물에게 급성 혹은 만성 중추신경계 장애를 유발함은 그 기전과 함께 이미 잘 알려져 있다(Gerr와 Letz, 1992). 또한 주로 직업적인 폭로와 같이 비교적 미약한 마취 전 단계의 증상 정도만을 유발하는 농도에서 장기간 반복적으로 폭로가 계속될 때 중추신경계에 미치는 영향에 관하여서도 상당한 논란이 있었으나(Grasso 등, 1984) 최근의 연구결과에 따르면 초기에는 주관적 정신신경학적인 증상을 주로 나타내다가 중독에는 기질적 뇌중후군의 위험이 높아진다고 한다(Gerr와 Letz, 1992).

그러나 만성적인 유기용제 폭로와 관련되어 있다고 생각되는 질환의 성상이나 분류(Waldron, 1986; Cramer과 Goldberg, 1987)와 그 병리학적인 기전(Backer과 Fine, 1986; Cranmer과 Goldberg, 1987)에 대하여서는 일치된 견해를 보이고 있지 않으며 특히 만성적인 중추신경계 장애를 유발하는 유기용제의 종류와 폭로 농도와 기간에 관하여서는 역학 연구상 그 결과와 용량 반응 관계가 일정하지 않아서(Baker과 Fine, 1986; Ekberg 등, 1986) 인과관계 추정에 상당한 어려움이 있다.

이와 동시에 장기간 직업적으로 폭로될 경우 중추신경 장애를 일으킬 가능성이 있는 화학 물질들을 조기에 찾아내기 위한 노력의 일환으로 신경행동 검사가 연구에 사용되기 시작하였는데 Hönninen과 Lindström(1979)은 몇 개의 검사 항목으로 구성된 검사 도구를 최초로 개발하고 1970년대 일련의 연구를 통하여 이를 발전시켜 나갔다.

그러나 화학 물질의 신경 독성 영향을 파악한다는 비교적 동질적인 목적에 비하여 이 분야의 연구들이 점차 증가함에 따라 연구자에 따라서 사용된 검사의

종류는 매우 방대하고 다양해져 1980년대 초에는 약 60종(Johnson과 Anger, 1992), 1990년대 초에는 약 250종의 검사가 동일한 목적을 위하여 사용되었으나(Anger, 1990), 같은 검사라 할지라도 시행 방법이 연구자에 따라 상당히 달랐다. 따라서 그 결과를 비교 해석하는데 상당한 어려움을 초래하게 되었으며 검사 항목의 선정과 시행 방법에서의 표준화 필요성이 대두하였다.

그리하여 1983년 WHO(World Health Organization)와 미국의 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)는 이러한 신경행동 검사의 질적 관리에 관심을 가지고 현재까지의 연구를 비교 검토한 결과 상당한 유용성을 가지고 있는 핵심적인 검사 도구로써 NCTB(Neurobehavioral Core Test Battery)를 제안하게 되었고 1984년 이에 대한 시행 지침서를 발간하였다(WHOa, 1986).

NCTB는 감정 상태를 파악하기 위한 POMS(profile of mood states), 주의력과 반응속도 측정을 위한 단순 반응시간(simple reaction time), 청각에 의한 단기 기억력을 알기 위한 숫자 암기(digit span), 손동작의 기민함을 측정하는 Santa Ana Dexterity, 인지에 의한 동작 속도를 보기 위한 숫자 부호 짝짓기(digit symbol), 시각인지 정도와 단기 기억력 측정을 위한 Benton Visual Retention, 운동의 안정성 측정을 위한 목적추구성(pursuit aiming)의 7가지 검사 항목으로 구성되어 있다(WHOa, 1986).

Johnson 등(1987)은 NCTB는 중추신경계 장애의 조기 증상을 찾는 데 매우 민감한 방법일 뿐 아니라 문화적인 배경 등에 영향을 거의 받지 않으므로 여러 나라의 연구를 직접 비교할 수 있으며 검사 시행시 특별히 훈련된 사람을 필요로 하지 않으며 시간적, 비용적 장점이 있다고 주장한 바 있다. NCTB는 현재까지 컴퓨터

터가 아닌 검사자에 의하여 수행되는 검사 도구로는 세계에서 가장 널리 사용되는 도구로 알려져 있다 (Anger 1990; Cassitto 등 1990).

우리 나라에서 이세훈(1990)이 가장 먼저 NCTB를 소개하였으며 이세훈과 이승한(1991), 강성규 등 (1993)은 이중 일부를 이용하여 유기용제에 폭로된 근로자들을 대상으로 신경행동학적 변화 양상을 연구 보고한 바 있다. 그러나 이들 연구는 작업중의 근로자들을 대상으로 신경행동 검사를 시행함으로써 만성 폭로 영향과 급성 폭로 영향이 혼재되어 나타났을 것으로 생각되며 현재의 폭로 정도에만 근거하여 폭로군을 분류함으로써 분류 착오가 발생할 가능성도 있었을 것으로 생각된다. 그리고 상당수의 연구자들이 약 10년 정도의 폭로 기간이 지나야 유기용제 만성 폭로의 영향이 나타날 것으로 보고 있음(Gerr와 Letz, 1992)을 고려할 때, 위 대상자들의 평균 폭로 기간은 5~10년 정도로서 만성 폭로로 보기에는 폭로 기간이 다소 부족할 것으로 생각된다(Flodine 등, 1984). 정종학 등(1994)과 사공준과 정종학(1994)은 컴퓨터를 이용하여 유기용제 폭로 근로자들에게 신경행동학적 장애 검사를 시행하였는데, 보다 객관성 있는 수행 방법이란 장점에도 불구하고 역시 위에서 언급한 동일한 문제점을 가지고 있을 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 복합유기용제 취급 공정이 가장 문제시되는 신발 산업 근로자들을 대상으로(산업 기술연구원, 1993) 현재까지의 폭로량과 폭로 기간을 모두 반영할 수 있는 누적 폭로량을 폭로 지표로 하여 NCTB를 이용한 신경행동 검사를 시행함으로써 만성적인 복합유기용제에 대한 폭로가 중추신경계에 미치는 영향을 보기 위하여 시행되었다.

대상 및 방법

1. 연구대상

폭로군은 부산 시내 1개 혁운동화 제조업체에서 근무하고 있는 여성 근로자 중에서 근무 경력이 최소한

5년 이상이면서 현재 신발 조립 부서 중 준비 공정, 성형 공정, 선처리 공정, 호칠 공정에서 일하고 있는 근로자 40명을 선정하였다. 대상 업체는 월요일에서 토요일까지 교대제없이 주 6일, 오전 8시부터 오후 5시까지 하루 9시간 근무를 시행하고 있었으며 근로자들은 보호구를 착용하지 않고 작업을 시행하고 있었다. 전체 환기 시설과 국소 배기 장치가 비교적 잘 설치되어 있었으나 작업장이 하나의 공간으로 구성되어 있어 직접 폭로와 간접 폭로가 모두 가능하였다. 대조군은 유기용제를 취급한 과거력이 없는 여성 근로자 28명을 연령에 대하여 빈도수 짝짓기를 하여 선택하였다. 모든 연구 대상자는 정신 질환, 신경계 질환, 두부의상 등으로 치료받은 적이 없고 교정시력과 청각에 이상이 없는 자로 한정하였다.

검사 기간은 1993년 11월부터 1994년 2월까지로 폭로군의 경우 급성 폭로 영향을 배제하고 만성 폭로 영향만을 보기 위하여 하루 일과 시작 전인 오전 7시와 8시 사이에 하루 1인씩만을 시행하였으며, 대조군은 피로로 인한 영향을 배제하고자 오전 9시에서 12시 사이에만 시행하였다.

2. NCTB 측정

검사는 훈련받은 2명의 의사가 WHO의 시행 지침서(1986b)에 따라서 시행하였는데 검사시 항상 표준화된 단어로 구성된 지시문을 사용하도록 하기 위하여 검사자용 지시문을 만들어 이용하였으며 근로자가 이러한 지시를 이해하지 못할 경우에만 추가적인 설명이나 지시 사항을 약간 변경할 수 있도록 하였다. POMS의 경우 영어로 만들어진 원본을 미국에서 10년 이상 거주한 경력이 있는 의사 2인과 정신과 전문의의 자문을 구하여 한국어로 번역하여 사용하였다. 검사 장소는 외부의 소음이 차단되고 피검자가 안정을 찾을 수 있는 장소로, 폭로군은 해당 산업장 안의 회의실에서, 대조군은 학교 안의 연구실에서 시행되었다. 두 군 모두에게 동기부여를 위하여 만원(US\$ 12)씩을 검사비로 지불하였으며 1인당 평균 검사 시간은 약 1시간이 소요

되었다.

3. 분석 방법

1) 작업 공정의 분류

준비 공정, 성형 공정, 선처리 공정, 호칠 공정에서 각 2인씩을 무작위로 선택하여 기중 복합유기용제의 농도를 근로자의 호흡기 위치에서 확산형 개인용 시료 포집 장치(Organic Vapor Monitors, Passive Sampler 575 Series, SKC Inc.)를 장착하여 오전 8시부터 오후 4시까지 8시간을 측정하였으며 정량분석은 가스 크로마토그래피(Hitachi, G-3000 model)로 시행하였다.

측정된 유기용제 성분 - 톨루엔, 메칠에칠케톤, 노말렉산, 시크로hex산, 디클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 벤젠, 크실렌 - 중 TLV의 10% 이상 검출된 유기용제는 주성분으로, TLV의 10% 미만은 기타 성분으로 하여 주성분만을 대상으로 hygienic effect인 혼합 상가 계수를 계산하였다. 현재 공정별 평균 혼합 상가 계수는 준비 공정 0.46, 성형 공정 0.71, 선처리 공정 1.83, 호칠 공정 2.39였으며 유기용제 폭로 농도가 산업 안전보건법 상 유해 물질의 허용 기준(노동부, 1991)인 1을 초과한 공정은 고폭로 공정으로, 허용 기준 이하 공정은 저폭로 공정으로 분류하였다. 작업 유형상 고폭로 공정은 직접 복합유기용제를 사용하고 있는 공정이었으며 저폭로 공정은 간접적으로 복합유기용제에 폭로되고 있는 공정이었다.

2) 개인별 누적 폭로량 계산

근로자들의 작업 공정 변화를 고려한 개인별 누적 폭로량을 계산하기 위하여 현재까지 근무하였던 모든 공정에 대한 정보를 개인 면담을 통하여 얻은 후 각 공정에서 근무한 연수에 공정별 가중치를 주어 곱한 다음 이를 모두 더한 것을 근로자 개인별 누적 폭로량으로 간주하였다.

이때 공정별 가중치를 준 방법은 다음과 같다. 현재

근무 공정의 경우 각 공정별 현재의 평균 혼합 상가 계수를 가중치로 주었다. 그러나 과거 근무하였던 공정의 경우 구체적인 공정에 관한 정보는 얻을 수 없었으며, 다만 직접 복합유기용제를 사용하는 고폭로 공정인가 혹은 간접적으로 폭로되는 저폭로 공정인가 하는 정보만을 얻을 수 있었다. 따라서 과거 근무하였던 공정의 경우 고폭로 공정은 현재 선처리 공정과 호칠 공정의 혼합 상가 계수의 평균값인 2.11, 저폭로 공정은 현재 준비 공정과 성형 공정의 혼합 상가 계수의 평균값인 0.59를 가중치로 주었다.

위의 방법으로 계산한 누적 폭로량을 기준으로 하여 10폭로년 이상을 고폭로군, 10폭로년 미만을 저폭로군으로 나누었다.

3) 통계분석

결과 분석은 하나의 결과치만으로 해석하는 숫자 부호 짝짓기와 Benton Visual Retention은 일변량 분산분석을, 2가지 이상의 결과치가 나오는 그 외의 검사 항목에 대하여는 다변량 분산분석을 시행한 후, 유의하게 나온 검사 항목에 대하여서만 각 세부 항목에 대한 사후 분석을 추가적으로 시행하였다. 혼란 변수의 영향을 제거하기 위하여는 폭로 변수와 공변수와의 교호작용 유무를 먼저 확인한 후 공분산분석과 다변량 공분산분석을 시행하였다. 1종 오류 5%로 하여 양측검정 시행하였으며 통계 프로그램은 SAS (6.04 ver)를 사용하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

각 군의 연령 분포는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 평균 연령은 대조군 48.2세, 저폭로군 48.4세, 고폭로군 49.0세였다. 교육 수준의 경우, 대조군에서는 7년 이상 교육을 받은 대상자가 53.5%인데 반하여 저폭로군은 30.8%, 고폭로군은 14.3%로 폭로

Table 1. General characteristics of control and exposure group

Characteristics	Control (n=28)	Low exposure (n=26)	High exposure (n=14)	P-value*
Age(yrs)				
30 ~ 39	4 (14.3)	5 (19.2)	2 (14.3)	
40 ~ 49	11 (39.3)	10 (38.5)	5 (35.7)	
50 ~ 59	13 (46.4)	11 (42.3)	7 (50.0)	
Mean ± SD	48.2±7.7	47.4±7.9	49.2±7.8	NS
Education(yrs)				
1 ~ 3	5 (17.9)	3 (11.5)	5 (35.7)	NS
4 ~ 6	8 (28.6)	15 (57.7)	7 (50.0)	
7 ~ 12	15 (53.5)	8 (30.8)	2 (14.3)	
Mean ± SD	6.3±3.1	6.4±2.7	4.6±2.9	0.042
Employment duration(yrs)				0.140
Mean ±SD	-	6.6±2.7	12.8±3.7	
(range)	(-)	(5 ~ 13)	(8 ~ 22)	
Current working process				
High exposure	-(-)	11 (42.2)	11 (78.6)	
Low exposure	-(-)	15 (57.8)	3 (21.4)	

* Statistical significances were tested by Fischer's exact test or analysis of variance(ANOVA)

Table 2. Results of neurobehavioral test for control and exposure group

Test	Control (n=28)	Low exposure (n=26)	High exposure (n=14)	Wilk's lambda [@] F value ^{@@}	P-value
POMS(score)				0.743	0.109
Tension-Anxiety	6.3± 5.4	9.5± 6.1	7.4± 5.1		
Depression-Dejection	8.1± 9.8	10.5± 9.7	10.5± 9.3		
Anger-Hostility	7.8± 6.7	7.8± 8.3	8.1± 6.6		
Vigor	11.2± 5.1	16.9± 6.1	12.8± 4.8		
Fatigue	14.1± 4.8	12.5± 5.2	13.8± 4.8		
Confusion-Bewildering	4.3± 4.5	4.3± 4.3	3.6± 4.7		
Simple reaction time(msec)				0.866	0.054
Mean	294.0±32.0	282.0±31.4	315.4±36.0		
Standard Deviation	55.4±30.5	50.0±13.5	67.0±22.2		
Digit span				0.967	0.703
Forward	7.8± 2.3	7.3± 2.4	7.4± 2.9		
Backward	4.0± 1.1	4.0± 0.9	3.7± 1.1		
Santa ana dexterity				0.795	0.006
Preferred hand	39.3± 5.5	36.5± 6.5	32.5± 5.0 ²⁾		
Nonpreferred hand	37.1± 5.7	34.8± 7.7	32.0± 6.5 ²⁾		
Digit symbol	37.4±12.8	34.2±13.6	29.2±12.9	0.601	0.211
Benton visual retention	6.9± 1.8	6.7± 1.9	5.1± 1.5 ²⁾	5.222	0.008
Persuit aiming				0.964	0.663
Correct	153.5±37.7	152.7±27.7	143.2±33.5		
Wrong	23.0±14.8	28.8±19.9	25.9±19.5		

@ :Wilk's lambda statistics is measured by multivariate analysis of variance(MANOVA)

@@ :F value statistics is measured by analysis of variance(ANOVA)

Multiple comparion is executed by Tukey procedure.

Below signs were presented when they are significant(P < 0.05)

- 1) control vs low exposure
- 2) control vs high exposure
- 3) low exposure vs high exposure

수준이 높을수록 교육 수준이 유의하게 낮은 분포를 보였다($P<0.05$). 세 군 모두에서 평균 교육 기간은 대조군 6.3년, 저폭로군 6.4년, 고평로군 4.6년으로 비교적 낮은 편이었다. 신발 산업장에서 평균 근무 기간은 저폭로군 6.6년, 고평로군 12.8년이었으며 현재 저폭로 공정과 고평로 공정에 근무하는 비율은 저폭로군은 각각 57.8%, 42.2%였으며 고평로군은 각각 21.4%, 78.6%였다(표 1).

2. 대상군에 따른 신경행동 검사의 결과

폭로군과 대조군의 신경행동 검사결과는 표 2와 같다. 고평로군이 대조군에 비하여 Santa Ana Dexterity의 우수와 열수, Benton Visual Retention에서 유의하게 낮은 수행 능력을 보였으며 저폭로군에서는 대조군에 비하여 유의하게 차이가 있는 항목이 없었다. 단순 반응시간의 경우 다변량 분산분석상에서 경계선 정도의 유의성을 나타내었다. 통계적 유의성에 관계없이 세 군 사이에 증가, 혹은 감소의 추세가 일치하는 항목은 Santa Ana Dexterity의 우수와 열수, 숫자 부호 짝짓기, 목적추구성의 맞는 갯수였다. 7가지 검사 항목 중 Santa Ana Dexterity가 가장 큰 유의한 차이를 보였으며 폭로 정도가 증가할수록 수행 능력이 감소하는 추세도 보여주었다.

POMS는 각 항목에 대한 내적 일치도를 Cronbach's α 로 산출하였는데 긴장과 불안은 0.6838, 우울은 0.8094, 분노와 적개심은 0.7526, 활기는 0.8578, 피로는 0.7567, 혼란은 0.6634이었으며 모든 감정 항목에서 대상군간 유의한 차이를 볼 수 없었다. 점수의 경향도 일정하지 않았는데 활기 항목에서는 저폭로군에서 가장 높은 점수를 보였으며 우울 항목에서는 저폭로군과 고평로군에서 대조군보다 높은 점수를 보였다.

단순 반응시간은 대상군간 경계선의 유의성을 보였다($p=0.054$). 평균 반응시간은 대조군 294.0msec, 저폭로군 282.0msec, 고평로군 315.4msec, 분산은 대조군 55.4msec, 저폭로군 50.0msec, 고평로군 67.0msec로 저폭로군과 고평로군 사이에서 가장 큰 차이를 보였

다.

숫자 암기는 각각 정순과 역순에서 맞힌 갯수가 대조군 7.8개와 4.0개, 저폭로군 7.3개와 4.0개, 고평로군 7.4개와 3.7개로 정순의 경우 세 군에서 거의 비슷하였으며 역순의 경우에만 고평로군에서 약간 감소하는 양상을 보여주고 있으나 통계학적으로 유의한 정도는 아니었다.

Santa Ana Dexterity는 우수와 열수 모두에서 고평로군이 대조군에 비하여 유의한 차이를 보였다($p<0.01$). 우수의 경우 대조군 39.3개, 저폭로군 36.5개, 고평로군 32.5개였으며 열수의 경우 37.1개, 34.8개, 32.0개였다. 유의한 차이는 아니었으나 전반적으로 폭로의 정도가 증가함에 따라 맞게 쏘는 갯수가 감소하는 경향을 보였다.

숫자 부호 짝짓기의 경우 각 군간에 유의한 차이를 보이지는 않았으나 대조군 37.4개, 저폭로군 34.2개, 고평로군 29.2개로 감소하는 양상을 보이고 있다.

Benton Visual Retention은 고평로군의 점수가 대조군에 비하여 유의한 감소를 보였으며($p<0.01$) 각 군의 점수는 대조군 6.9, 저폭로군 6.7, 고평로군 5.1이었다.

목적추구성의 경우 맞춘 갯수는 고평로군이 143.2개로 대조군 153.5개, 저폭로군 152.7개보다 낮은 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었으며 틀린 갯수도 세 군 사이에 차이를 보이지 않았다.

3. 교란 인자 제거 후 대상군에 따른 신경행동 검사의 결과

대상군간 유의한 분포의 차이를 보였던 교육 수준을 보정한 신경행동 검사 결과는 다음과 같다(표 3). Santa Ana Dexterity, Benton Visual Retention 모두에서 여전히 대상군간 유의한 차이를 보이고 있다. 각 검사 항목의 설명력은 Benton Visual Retention이 30.0%로 가장 크며 Santa Ana Dexterity의 우수는 28.4%였다. 그러나 Santa Ana Dexterity의 열수는 설명력이 8.9%로 상당히 작은 편이었다.

고 찰

유기용제로 인한 중추신경계 독성은 최근 산업보건 분야에서 가장 중요한 문제 중 하나로(Baker, 1988) 최근까지 많은 연구들이 수행되어 왔지만 아직 상당한 부분에서 의견들이 일치되고 있지 않으며 특히 저농도에 만성적으로 폭로된 경우, 인체에 미치는 영향에 관하여서는 더욱 논란이 많다(Gerr과 Letz, 1992).

WHO(1986a)에서는 연구자간 다양하고 상반된 결과가 나온 가장 큰 이유를 사용된 신경행동 검사 도구의 종류와 시행 방법의 차이로 보고 이를 표준화하는 작업을 시행하여 NCTB를 제안하게 되었으며 최근에는 검사 수행 과정의 객관성과 많은 대상자를 검사할 때의 효율성 등의 장점으로 컴퓨터를 이용한 신경행동 검사가 주목을 받고 있다(Hänninen, 1985). 그러나 컴퓨터를 이용한 신경행동 검사의 경우에도 비록 각각의 검사 수행상에서는 상대적으로 객관성이 보장된다고는 하나, 이 역시 연구자가 증가함에 따라 검사 항목의 종류와 구체적인 시행 방법이 상당히 달라서 연구들간의 비교에는 여전히 어려움이 존재한다(Hänninen, 1985). 그 외에도 Letz(1990)는 컴퓨터를 이용한 대부분의 검사는 시각적인 자극과 손으로 하는 반응만을 요구하므로 다른 부분의 감각 기능을 이용한 자극을

평가하기에는 미흡한 점이 있다고 하였으며 Liang 등(1990)은 컴퓨터를 이용하여 측정하는 중추신경계 영역이 기존의 검사자가 시행하는 측정 방법과 동일한 영역의 신경행동 기능을 측정한다고 할 수 있는가 하는 의문을 제기하였다. 따라서 Hänninen(1985)과 Liang 등(1990)은 컴퓨터를 이용한 신경행동 검사의 타당성이 검사자가 시행하는 기존의 방법을 이용한 검사보다 확실하게 우수하다는 것이 밝혀질 때까지는 이 두 가지 방법을 병행하여 발전시켜 나가는 것이 바람직하다고 주장하였다. 그리고 Letz(1991)는 컴퓨터를 이용할 경우 검사에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 컴퓨터에 대한 잠재적 두려움을 지적하였다. 따라서 평균 연령이 40대 후반, 평균 교육 수준이 국졸 정도인 본 대상자들에게 컴퓨터를 이용한 검사를 시행하기에는 다소 부적합할 것으로 생각되어 본 연구에서는 검사자가 시행하는 방법 중 시행 방법의 표준화 과정을 거친 NCTB를 사용하였다.

본 연구에서 Santa Ana Dexterity의 우수와 열수, Benton visual Retention에서 고폭로군이 대조군에 비하여 유의하게 낮은 수행 능력을 보였으며, 저폭로군에서는 대조군에 비하여 유의하게 차이가 있는 항목은 없었다. 통계적 유의성과 관계없이 세 군 사이에 증가, 혹은 감소의 추세가 일치하는 항목은 Santa Ana

Table 3. Results of neurobehavioral test for control and exposure group adjusted by education

Test	wilk's lambda [@]	F-value ^{@@}	P-value	R ²
Santa Ana dexterity	0.8159		0.012	
Preferred hand				28.4%
Exposure group		6.95	0.002	
Education		8.07	0.006	
Nonpreferred hand				8.9%
Exposure group		2.84	0.066	
Education		0.13	0.715	
Benton visual retention				30.0%
Exposure group		3.21	0.047	
Education		14.80	0.000	

@ : Wilk's lambda statistics is measured by multivariate analysis of covariance(MANCOVA)

@@ : F value statistics is measured by analysis of covariance(ANCOVA)

Dexterity의 우수와 열수, 숫자 부호, 목적추구성의 맞은 개수였다.

본 연구에서의 결과는 Benton Visual Retention에서는 유의한 차이는 보였지만 단순 반응시간, 숫자 부호, Santa Ana Dexterity에서는 차이가 없었던 이세훈과 이승한(1991)의 연구결과와는 상당히 달랐으며, 단순 반응시간은 차이가 없었으나 Benton Visual Retention과 Santa Ana Dexterity에서는 유의한 차이를 보였던 강성규 등(1993)의 연구와는 일치하는 소견이었다. 그러나 컴퓨터를 이용하여 유사한 검사를 시행하였던 정종학 등(1994)과 사공준과 정종학(1994)의 연구와는 여러 가지 항목에서 차이를 보였는데 이러한 결과는 비록 검사 항목의 명칭은 동일 혹은 유사하더라도, 구체적인 시행 방법이 달랐기 때문으로 생각되며 따라서 그 결과를 직접적으로 비교하는데는 상당한 어려움이 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 국내에서 이전에 수행된 연구와 연구 방법상에서 중요한 차이를 보이고 있다. 즉 본 연구에서는 최대한 복합기기용제의 급성 영향을 배제하고 만성 영향만을 보기 위하여 신경행동 검사를 전날 마지막 폭로 후 약 14시간 정도가 경과한 후인 다음날 작업 시작 직전에 시행하였으며, 폭로 대상자를 5년 이상의 폭로 기간을 가진 근로자들만으로 구성하여 누적 폭로량으로 폭로군을 재분류하여 분석함으로써 좀더 연구 목적에 타당한 분석이 되도록 하였다.

유기용제의 급성 폭로가 신경계에 미치는 영향에 대한 연구들(Iregren, 1988; Dick, 1988)에 따르면 TLV 이하 농도의 급성 폭로에서도 이미 신경행동 검사에 변화를 보이고 있으므로 작업 도중에 신경행동 검사를 시행할 경우 급성 폭로 영향으로 인하여 만성 폭로 영향이 과대 평가될 가능성이 크며(Ekberg 등, 1986) 검사 직전의 폭로 농도에도 영향을 많이 받을 것으로 생각된다. 또한 Flodine 등(1984)과 Ekberg 등(1986)은 5~10년 정도의 폭로 기간으로는 만성적인 영향이 나타날 가능성이 없는 것으로 보고하고 있다. 따라서 국내에서 수행된 이전의 연구들(이세훈과 이승한, 1991; 강성규 등, 1993; 정종학 등, 1994; 사공준과 정종학,

1994)에서 검사시 충분한 휴식 시간을 가지지 못한 채 작업도중에 시행하였고 평균 폭로 기간이 약 5~10년 정도임을 고려할 때 주로 급성 폭로 영향으로 인한 신경행동학적 변화일 가능성이 크며 이 점이 결과에서 본 연구와 차이를 보인 중요한 이유일 것으로 생각된다. 그 외에도 단순히 현재 폭로 정도에만 근거하여 폭로군을 분류한 이전의 연구들과는 달리 본 연구에서는 과거의 폭로 정도와 기간을 모두 고려한 누적 폭로량을 산출하여 다시 폭로군을 재분류하였기 때문에 비록 동일한 검사 도구를 사용하였더라도 직접적으로 비교하는 것은 제한이 있을 것으로 생각된다.

POMS의 경우 본 연구에서는 신뢰도의 척도로서는 내적 일치도, 타당도의 척도로서는 내용 타당도만 고려하여 재작성하였는데, 주관적인 증상, 불안증, 불안과 우울 척도 등에서 유의한 차이를 보였던 그 동안의 다른 연구들(이승훈 등, 1992; 조수현 등, 1993; 정종학 등, 1994)과는 달리 대부분 척도에서 유의한 차이를 보이지 못하였다. 그러나 이를 의미 있게 해석하기 위하여서는 먼저 POMS에 대한 좀더 포괄적인 신뢰도와 타당도 감정이 필요할 것으로 생각된다.

단순 반응시간은 평균 반응시간보다는 반응시간의 분산 정도가 대상자의 수행 능력에 더욱 좋은 지표가 된다고 한다(Cassitto 등, 1990). 본 결과에서는 대상군 사이에 경계선의 유의성 정도만 나타내었으며 고품로군과 저폭로군 사이의 수행 능력 차이가 고품로군과 대조군에 비하여 더욱 컸다. 강성규(1993)와 정종학 등(1994)의 연구에서는 폭로군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며 사공준과 정종학(1994)의 연구에서는 폭로군에서 유의한 수행 능력 감소를 보였다. 단순 반응 시간의 경우 비록 검사 명칭은 같더라도 자극의 간격이나 총검사 시간 등이 검사자간에 매우 다양하여 검사의 민감성에 차이가 있을 수 있는데 이러한 점이 다른 연구결과들과 차이를 보였을 가능성도 있을 것으로 생각된다. 검사 시간의 경우, 정종학 등(1994)은 2분, 사공준과 정종학(1994)은 5분, 본 연구에서는 6분간 검사를 시행함으로써 검사자간 차이를 보였다.

숫자 암기에서 정순의 경우 계속되는 청각 집중과

기계적인 암기만을 측정하는데 비하여 역순은 지적인 능력을 요구하게 되며, 따라서 정순은 연령과 가벼운 뇌실질 장애에 거의 영향을 받지 않으나 역순의 경우 상당히 큰 영향을 받게 된다(Lezak, 1983). 본 결과에서는 폭로 정도와는 고평로군에서 대조군에 비하여 약간 감소하는 경향을 보이기는 하였으나 통계학적으로 유의한 정도는 아니었다.

Santa Ana Dexterity는 본 연구에서 가장 큰 유의성을 보였으며 폭로 정도가 증가함에 따라 수행 능력이 감소하는 경향을 보여주어 강성규 등(1993)과는 비슷하였으나 이세훈과 이승한(1991)과는 상이한 결과였다. 본 연구 대상자들은 평균 교육 수준이 약 4.6년에서 6.4년 정도로 상당히 낮은 편이므로 필기구를 사용하는 검사 항목보다는 Santa Ana Dexterity와 같은 검사가 좀더 객관성 있는 검사결과를 보일 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 부산 지역의 대부분 신발 산업 종사 근로자들의 평균 교육 수준이 매우 낮은 편임을 고려할 때, 향후 시간적인 제약 등의 현실적인 이유로 NCTB 항목 중 일부 선택하여 현장 적용을 할 필요가 있을 때는 비교적 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다.

일반적으로 복잡한 검사, 즉 높은 인식 능력을 요구하는 검사일수록 뇌실질 장애에 더욱 민감한 것으로 알려져 있는데, Heaton 등(WHO, 1985)은 인지 능력과 지각운동 속도를 동시에 측정하는 숫자 부호가 NCTB의 다른 검사 항목에 비하여 유기용제 폭로나 그밖의 변수에 의하여 영향을 가장 많이 받는다고 보고한 바 있다. 그러나 본 결과에서 폭로 정도가 증가할수록 수행 능력이 감소하는 경향은 있으나 대상군간 유의한 차이를 보여주지는 않았다. 이는 필기구 사용을 요구하는 숫자 부호가 일정 수준의 교육을 받은 대상자에게는 가장 민감한 검사일 수 있으나 본 대상자들과 같이 교육 수준이 상당히 낮을 경우에는 그다지 민감한 결과를 나타내지 않을 가능성을 시사해 준다.

Benton Visual Retention은 고평로군에서 대조군에 비하여 유의하게 감소한 결과를 보여주었다. Benton Visual Retention의 경우 동일한 방법을 사용하였던 이

세훈과 이승한(1991), 강성규 등(1993)의 연구와도 일치하였을 뿐 아니라 컴퓨터로 유사한 방법을 이용하여 단기 기억력을 측정하였던 정종학 등(1994)의 연구와도 일치하여 현재까지 국내에서 발표된 모든 연구결과에서 유일하게 일관되게 볼 수 있는 소견이었다.

목적추구성은 대조군이 필기 도구를 사용하거나 미세한 손동작을 필요로 하는 작업의 근로자일 경우 결과 해석시 고려하여야 하는데 폭로 수준에 따른 차이는 크지 않았다.

일반적으로 유기용제로 인한 신경행동학적 변화를 보고자하는 연구에서는 폭로 대상자 선정시 비교적 엄격한 기준의 적용이 요구되는데 상당수의 연구자들이 유기용제로 인한 질환은 만성 폭로의 경우 약 10년 정도의 폭로 기간이 필요한 것으로 생각하고 있다(Gerr와 Letz, 1992). Mikkelsen 등(1988)은 TLV가 100ppm인 화이트 스피리트에 폭로된 페인트 공을 대상으로 한 연구에서 40ppm 정도의 농도에 폭로될 경우 약 13년의 기간이 필요하다고 주장한 바 있다.

본 연구에서는 공장별로 TLV 10% 이상 검출된 성분을 기준으로 계산한 혼합 상가 계수를 가중치로 주어 개인별 누적 폭로량을 구한 후 적어도 10폭로년을 넘을 경우 고평로군으로 그 미만을 저폭로군으로 재분류하여 분석에 이용하였다. 연구대상자의 대부분이 작업부서를 바꾼 과거력이 있으며 작업부서간 환경 농도 차이가 많음을 고려할 때 단순히 폭로기간을 사용할 경우 무작위 분류오차를 발생시킬 가능성이 있을 것으로 생각된다.

본 연구결과 누적 폭로량이 10폭로년 미만인 저폭로군에서의 경우 대조군과의 비교에서 모든 항목에서 통계학적인 유의성이 없었으며 그 경향도 일정하지 않아 검사 항목에 따라서 비슷하거나 낮거나 높은 다양한 결과를 나타내었다. 이는 저폭로군에서도 Benton Visual Retention에서 대조군에 비하여 유의하게 낮은 수행 능력을 보인 이세훈과 이승한(1991)의 연구와는 다른 결과였으며 강성규 등(1993)의 연구에서는 다중 비교가 수행되지 않아 비교가 불가능하였다.

본 연구대상 사업장의 경우 비록 작업 공정별로는

직접 유기용제를 사용하는 공정과 사용하지 않는 공정으로는 구분 가능하였으나 작업장이 하나의 공간으로 구성되어 있고 유기용제의 휘발성으로 인하여 명확한 내부 비폭로군을 구할 수가 없었다. 따라서 외부 비폭로군을 사용하였는데 이러한 점이 연구결과에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 생각된다. 즉, 신발 산업의 경우 민첩한 손의 움직임을 많이 필요로 하는데 비하여 본 연구대상 대조군의 경우 그러한 필요성이 없는 직종이었다. 그런데 Gregersen과 Stigby(1981)는 이러한 민첩한 손동작이 많은 직업을 가진 근로자일수록 인지 기능이 발달하며 신경행동학적 검사에 좋은 결과를 보인다고 주장한 바 있다. 따라서 이러한 점이 차이를 보이지 않았던 검사 항목들을 일부 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

신경행동 검사결과에 영향을 미칠 수 있는 혼란 변수로서는 연령, 성, 교육 수준, 피로 정도, 흡연 습관, 음주 습관, 약물 복용, 동기 유발 정도 등이 가능하다 (Anger와 Johnson, 1992). 본 연구에서는 전체 대상자가 모두 여자로 습관적인 흡연, 음주, 약물 복용력은 없었고 연령에 대하여서는 빈도수 짝짓기를 시행하였기 때문에 많은 혼란 변수에 의한 영향을 배제할 수 있었다. 그리고 모든 검사를 오전 중의 정하여진 시각에 시행함으로써 피로로 인한 영향을 배제하고자 노력하였으며 동일한 동기 유발을 위하여 전체 대상자에게 검사비를 지불하였다. 신경행동 검사의 측정치와 분산에 관련된 여러 변수 중 가장 설명하기가 어려운 변수는 검사 당시 피검사의 동기 상태로 알려져 있으며(Letz, 1991) 국가간 NCTB 수행결과를 비교 분석한 Anger 등(1993)의 연구에서는 각 국가에서 동기 유발을 위하여 피검자에게 이익을 준 방법에 관하여 매우 자세하게 기술하여 결과 비교시 이를 반드시 참고로 하게 하고 있다. 그러나 교육 수준에 있어서는 비교군끼리 다소간의 차이를 보였으나 교육 수준을 보정하고 나서도 Santa Ana Dexterity, Benton Visual Retention에서 유의한 차이를 나타내었다.

NCTB를 신경 독성을 유발할 가능성이 있는 유해 물질 취급 작업장에서 연구 목적이 아닌 선별 검사의

목적으로 사용되는데는 현실적인 제약점이 있을 것으로 보인다. 즉, NCTB의 모든 항목을 시행하는데 소요되는 시간이 1인당 약 1시간 정도로 상당히 길며 특히 유해 물질에 따라서 급성 폭로 영향을 배제하기 위하여서는 작업 중이 아닌 작업 시작 전에 시행되어야 한다는 점이 현장 적용 가능성을 감소시킬 것으로 생각된다. 그러나 2단계 접근법으로는 사용 가능할 것으로 생각된다. 즉, 상대적으로 더욱 민감하다고 판단되는 2-3개의 검사 항목을 일차적으로 시행한 후 이상을 보인 근로자들을 대상으로 나머지 검사 항목을 적용하는 방법을 고려해 볼 필요가 있을 것이다. 현재까지 국내에서 발표된 모든 연구에서, 대상자들의 연령, 성별, 교육의 배경은 다양함에도 불구하고 일관된 차이를 보인 검사 항목은 Benton Visual Retention이었으며 본 결과에서는 Santa Ana Dexterity가 가장 민감한 차이를 나타내었다.

추후 연구되어야 할 과제들로 이러한 신경행동학적 변화를 임상적으로 의미를 가지는 신경성 질환의 전구 신호로 간주할 수 있는가 하는 것과 신경행동학적 연구 결과에 기초를 두고 작업장 환경 폭로 기준을 재설정 하는 것이 가능할 것인가 등을 들 수 있겠다. 이를 밝히기 위하여서는 장기간의 코호트 연구를 통하여 정확한 개인별 폭로 농도의 추적과 신경행동 검사의 변화 양상에 대한 임상적인 평가가 시행되어야 할 것이다.

결 론

만성적인 복합유기용제 폭로가 신경행동 검사에 미치는 영향을 보기 위하여 본 연구를 시행하였다. 1993년 11월부터 1994년 2월까지 부산 시내 1개 핵운동화 제조업체에서 근무하고 있는 여성 근로자 40명을 폭로군으로 하고 유기용제를 취급한 과거력이 없는 여성 근로자 28명을 연령에 대하여 짝짓기를 하여 대조군으로 선택하였다. 신경행동 검사는 WHO(World Health Organization)에서 제안한 NCTB (Neurobehavioral Core Test Battery)의 7항목을 사용하

였으며 급성 폭로 영향을 배제하기 위하여 하루 일과 시작 전에 검사를 시행하였다.

폭로군은 주로 톨루엔, 메칠에칠케톤, 노말렉산, 시크로hex산, 디클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 벤젠, 크실렌으로 구성된 복합유기용제를 사용하고 있었으며 현재 폭로 농도는 혼합 상가 계수로 산출하여 저폭로 공정은 0.46~0.71, 고폭로 공정은 1.83~2.39였다. 폭로군은 현재까지 근무하였던 공정을 고려한 누적 폭로량을 계산하여 고폭로군, 저폭로군으로 재분류하였다.

Santa Ana Dexterity, Benton Visual Retention에서 고폭로군의 검사 수행결과가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 혼란 변수를 교정한 후에도 여전히 존재하였다. 그러나 저폭로군의 경우에는 어떠한 항목에서도 대조군에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았다. 폭로 지표를 누적 폭로량으로 하였을 때 신경 행동 검사와의 상관관계가 단순 근무 기간을 폭로 지표로 하였을 때보다 더 좋은 결과를 보여주었다.

그러나 폭로 농도와 폭로 기간과 관련된 복합유기용제의 만성적인 영향을 더욱 명확히 밝히기 위하여서는 근로자들의 취업시부터 정확한 개인별 폭로 농도의 추적과 함께 신경행동 검사가 시행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 강성규, 정호근, 홍정표, 김기용, 조영숙. 유기용제 폭로근로자들에 대한 신경행동 검사에 관한 연구. 예방의학회지 1993 ; 26(2) : 210-221
- 노동부. 유해물질의 허용농도. 노동부고시 제 91-21호, 1991
- 사공준, 정중학. 자동차 페인트 도장공에 있어서 컴퓨터를 이용한 신경행동 검사 수행기능의 평가. 예방의학회지 1994 ; 27(3) : 487-504
- 산업기술연구원. 보건관리실무편람. 1993.
- 이세훈. 화학물질 폭로에 의한 중추신경 장애평가에 이용되는 현장조사방법. 한국의 산업의학 1990 ; 29(2) : 45-50
- 이세훈, 이승훈. 유기용제 폭로근로자의 신경행동학적 변화에 대한 연구. 산업보건연구논문집 1991 : 55-63
- 이승훈, 윤능기, 이종영, 서석권. 유기용제 취급자들에게 정신증상. 예방의학회지 1992 ; 25(1) : 1-11
- 정중학, 김창윤, 사공준. 컴퓨터를 이용한 유기용제 폭로 근로자들의 신경행동학적 장애 검사. 산업의학회지 1994 ; 6(2) : 219-241
- 조수현, 김선민, 권호장, 임용현. 만성유기용제 폭로에 의한 정신신경학적 이상 소견의 현장진단방법 개발에 관한 연구 예방의학회지 1993 ; 26(1) : 147-163
- Anger WK. *Worksite behavioral research: results, sensitive methods, test batteries and the transition from laboratory data to human health. Neurotoxicology* 1990 ; 11 : 629-720
- Anger WK, Johnson BL. *Human behavioral neurotoxicology: workplace and community assessments. in Environmental and Occupational Medicine. 2nd Ed. Rom WN. Little, Brown and Company. 1992. pp573-592*
- Anger WK, Cassitto MG, Liang YX, Amador R, Hooisma J, Chrislip DW, Mergler D, Keifer M, Hörtznagl, Fournier L, Dudek B, Zsögön E. *Comparison of performance from three continents on the WHO-recommended neurobehavioral core test battery. Environ Res* 1993 ; 62 : 125-147
- Baker EL, Fine LJ. *Solvent neurotoxicity: The current evidence. J Occup Med* 1986 ; 28 : 126-129
- Baker EL. *Organic solvent neurotoxicity. Ann Rev Public Hlth* 1988 ; 9 : 223-232
- Cassitto MG, Camerino D, Hönninen H, Anger WK. *International collaboration to evaluate the WHO neurobehavioral core test battery. in Advances in Neurobehavioral Toxicology: Applications in Environmental and Occupational Health. Johnson BL. Lewis Publishers. 1990. pp203-223*
- Cranmer JM, Goldberg L. *Human aspects of solvent neurobehavioral effects. Report of the workshop session on clinical and epidemiological topics. Neurotoxicology* 1987 ; 7 : 43-56
- Dick RB. *Short duration exposures to organic solvents: The relationship between neurobehavioral test results and other indicator. Neurotoxicol Teratol* 1988 ; 10 : 39-50
- Ekberg K, Barregård L, Hagberg S, Söllsten G. *Chronic and acute effects of solvents on central nervous*

- system fuctions in floorlayers. *Br J Ind Med* 1986 ; 43 : 101-106
- Flodin U, Edling C, Axelson O. *Clinical studies of psycho-organic syndromes among workers with exposure to solvents. Am J Ind Med* 1984 ; 5 : 287-195
- Gerr F, Letz R. Solvents. In *Environmental and Occupational Medicine. 2nd Ed. Rom WN. Little, Brown and Company. 1992. pp843-859*
- Grasso P, Sharrat M, Davis DM, Irvine D. *Neurophysiological and psychological disorders and occupational exposure to organic solvents. Food Chem Toxicol* 1984 ; 22 : 819-852
- Gregersen P, Stigby B. *Reaction time of industrial workers exposed to organic solvents : Relationship to degree of exposure and psychologic performance. Am J Ind Med* 1981 ; 2 : 313-321
- Hönninen H, Lindström K. *Neurobehavioral test battery of the institute of occupational health. Helsinki, Institute of Occupational Health. 1979*
- Hönninen H. *Twenty-five years of behavioral toxicology within occupational medicine: A personal account. Am J Ind Med* 1985 ; 7 : 19-30
- Iregren A. *Effects on human performance from acute and chronic exposure to organic solvents: A short review. Toxicology* 1988 ; 49 : 349-358
- Johnson BL, Anger WK. *Behavioral toxicology. in Environmental and occupational medicine. Rom WR. Little, Brown, Boston. 1992. pp29-350*
- Johnson BL, Baker EL, Gilioli R, Seppäläinen AM, El Batawi M, Hönninen H, Xintaras C. *Prevention of neurotoxic illness in working populations. John Wiley & Sons, New York. 1987*
- Letz R. *The neurobehavioral evaluation system: An international effort. in Advances in Neurobehavioral Toxicology: Applications in Environmental and Occupational Health. Johnson BL. Lewis Publishers. 1990. pp203-223*
- Letz R. *Use of computerized test batteries for quantifying neurobehavioral outcomes. Envir Hlth Persp* 1991 ; 90 : 195-198
- Lezak MO. *Neuropsychological Assessment. Oxford University Press, New York. 1983*
- Liang YX, Chen ZQ, Sun RK, Fang YF, Yu JH. *Application of the WHO neurobehavioral core test battery and other neurobehavioral screening methods. in Advances in Neurobehavioral Toxicology: Applications in Environmental and Occupational Health. Johnson BL. Lewis Publishers. 1990. pp225-243*
- Mikkelsen S, Jørgensen M, Browne E, Gyldensted C. *Mixed solvent exposure and organic brain damage: A study of painters. Acta Neurol Scand* 1988 ; 78 : 1-143
- 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. Geneva, WHO Nordic Council of Ministers Working Group, 1985*
- WHOa. *Field evaluation of WHO neurobehavioral core test. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986*
- WHOb. *Operational guide for the WHO neurobehavioral core test battery. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986*