

한국형 신경행동검사 배터리의 개발* —면접과 컴퓨터 신경행동검사의 타당성 평가—

정종학, 김창윤, 사공준, 전만중, 박흥진

영남대학교 의과대학 예방의학교실

= Abstract =

Development of Korean Neurobehavioral Test Battery —Assessment of the Validity of Traditional and Computerized Neurobehavioral Tests—

Jong Hak Chung, Chang Yoon Kim, Joon Sakong, Man Joong Jeon, Hong Chin Park

Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University

Aim. A neurobehavioral test for workers exposed to organic solvents in the workplace can be affected by many factors : age, education, motivation, ethnicity, etc. To apply more suitable neurobehavioral test for Korean workers, we evaluated the validity of several items of computerized and traditional neurobehavioral tests.

Methods. We have applied eleven tests : four items of computerized neurobehavioral test(Swedish Performance Evaluation System) including Addition, Symbol-Digit, Digit Span, and Finger tapping speed, and seven items of traditional neurobehavioral test consisting of Addition, Digit-Symbol, Digit Span, Benton visual retention test, Pursuit aiming, Pegboard, and Tapping. These tests were performed on 96 workers exposed to solvents, and 100 reference workers. The concurrent and construct validities were evaluated by group difference, correlation with age, educational level, hippuric acid level, neurotoxic symptom, current exposure level, multitrait-multimethod matrix, factor analysis, and discriminant analysis.

Results. Statistically significant differences were observed between the workers exposed to solvents and referents in computerized Symbol-Digit, Finger tapping speed, traditional Digit-Symbol and Pegboard. The computerized Symbol-Digit, traditional Digit-Symbol, Addition, Benton visual retention test, and Pegboard were found to be

* 본 연구는 한국과학재단 1997년도 핵심전문연구과제(KOSEF 971-0701-010-1)로 수행되었습.

related to the age. The performance of computerized Symbol-Digit, Addition, and traditional Digit-Symbol were found to be related to the educational level significantly. The computerized Symbol-Digit, Finger tapping speed, and traditional Digit-Symbol were found to be related to hippuric acid, and neurotoxic symptom. The discriminability of Finger tapping speed, and Peg-board was better than the other tests. In discriminant analysis, the model with two variables, the computerized Symbol-Digit and Pegboard, classified almost 70 percent of the workers correctly.

Conclusions. These results suggest that the computerized Symbol-Digit, Finger tapping speed, and Pegboard are more satisfactory for our purpose, and the Addition, Tapping, Benton visual retention test, and Pursuit aiming are less valid than other items. These may allow the reasonable selection of core neurobehavioral tests for workers exposed to solvents in Korea.

Key words : Neurobehavioral test, Validity, Computer, Solvent

I. 서 론

할로겐화 및 방향족 탄화수소, 이황화탄소, 스티렌 및 신나 등 유기용제들이 신경정신학적 장애를 일으킬 수 있음이 1900년경에 밝혀진 이후(Arlien-Søborg, 1992) 유기용제폭로에 의한 신경계장애는 산업의학의 중요한 분야가 되어왔다. 우리나라의 경우 대표적 신경독성물질인 유기용제에 관한 특수건강진단을 받은 근로자가 1996년에 96,000여명에 달하고 있으며(노동부a, 1997) 일부 페인트작업에 있어서 공기 중 방향족 탄화수소의 농도의 29.5%가 허용기준을 초과했다는 김광중 등(1991)의 보고와 일부 도료제조업에서 복합 유기용제농도의 23%가 허용기준을 초과했다는 최호준 등(1993)의 보고서에서 유기용제 폭로근로자의 일부는 허용농도 이상의 유기용제에 지속적으로 폭로되는 것으로 추정된다.

유기용제의 만성적 폭로로 발생하는 증상들은 비특이적이고 그 표현 역시 매우 모호하므로 대부분 본인의 자각증상이나 가족, 동료들에 의한 변화의 감지에 의존하는 수 밖에 없다. 또한 두통, 만성피로가 수면 장애, 성기능감퇴 등을 유도하고 이들 증상에 의해 인

격이나 정신활동의 장애가 초래되는 등 증상 상호간의 관련성이 크므로 몇 가지 증상들에 근거하여 증독의 여부나 정도를 판단하기는 매우 어렵다(Singer, 1990). 특히 중추신경계장애는 오랜 잠복기동안 천천히 진행되어 본인이 인식하기 어려울 뿐만아니라 연령의 증가에 따른 기능저하와 유사한 양상을 보임으로 산업현장에서 집단검진을 통하여 유기용제 폭로근로자의 중추신경계 장애를 조기에 발견하기란 매우 어렵다.

Hänninen(1984)은 신경행동검사를 이용한 연, 무기수은, 유기용제에 대한 연구들을 검토하여 신경행동검사가 생물학적 모니터링과 함께 신경계장애를 조기에 발견하는데 유용하며, 특히 복합화학물질에 폭로되는 경우 현실적 어려움이 수반되는 생물학적 모니터링을 대신할 수 있는 방법이라고 보고하였다. 1960년대 중반에서 80년대 초에 이르는 동안에 60여개의 다양한 신경행동검사들이 연, 수은, 이황화탄소에 폭로된 근로자들을 대상으로 한 50여개의 역학적 연구에서 이용되었으며(Anger와 Johnson, 1985) 1980년대 말에 이르러 250여개의 신경행동검사가 개발되고 이들을 이용한 연구도 185개에 이르렀다(Anger, 1990).

기존의 신경행동검사를 컴퓨터 프로그램화한 컴퓨터 신경행동검사가 1980년 중반에 등장하면서 신경행동검사는 면접식과 컴퓨터 신경행동검사로 나누어졌다. 면접식 신경행동검사로 WHO와 NIOSH가 제안한 Neurobehavioral Core Test Battery (WHO, 1986)가 이세훈(1991), 강성규(1993), 이덕희 등(1995)에 의해 근로자들을 대상으로 한 역학적 연구에 이용되었으며 컴퓨터 신경행동검사로 Neurobehavioral Evaluation System(NES), Swedish Performance Evaluation System(SPES), Behavioral Assessment and Research System(BARS)들이 비교적 널리 이용되나 국내에서는 SPES가 정종학 등(1994), 사공준과 정종학(1994)에 의해 역학적 연구에 이용된 바 있다.

신경행동검사가 측정하는 인지기능, 기억력 및 지각운동속도 등의 정신운동능력은 연령 및 성 뿐만 아니라 근로자의 교육수준, 민족성 및 문화적 배경에 의해 많은 영향을 받으므로 대부분의 검사들은 개발된 국가의 근로자들의 특성과 산업보건제도에 가장 적합한 형태로 개발되었을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 다른 나라에서 개발되어 자국 근로자의 특성과 산업보건제도에 적합한 검사라 하더라도 교육수준과 경제적, 문화적 배경이 다른 나라와 상이한 우리 나라 근로자들의 특성에 적합하다고 할 수 있는가에 대한 의문이 제기될 수 있다. 또한 신경행동검사의 중요한 조건인 시간적 경제성, 이동성, 자료분석의 간결성 등을 고려한다면 여러 가지 검사항목으로 구성되어 비교적 많은 검사시간이 필요한 외국의 신경행동검사 배터리가 많은 근로자들을 대상으로 건강진단이 산업현장에서 주로 이루어지는 우리 나라 산업보건현실에 적합한가에 대한 의문도 제기될 수 있을 것이다.

본 연구는 지금까지 국내 일부 연구에서 사용되어 온 신경행동검사들의 타당성을 비교평가하여 우리 나라 근로자의 특성과 산업보건 현실에 적합한 검사들로 신경행동검사 배터리를 구성하는데 필요한 자료로 활용하고자 수행되었다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

유기용제 폭로군은 섬유가공, 인쇄, 공구제작, 자동차 정비 및 주물제작 사업장에서 톨루엔, 크실렌, 메틸 에틸케톤, 이소프로필알콜, 메탄올 등의 유기용제에 만성적으로 폭로되면서 유기용제에 관한 특수건강진단을 받고있는 근로자 96명이며, 대조군은 폭로군과 동일한 사업장의 근로자들 중 작업공정에서 유기용제에 폭로되지 않은 근로자 100명으로 선정하였다. (표 1) 대상자들 중 청각, 낮은 시력, 유포 등 신경행동 검사에 지장을 줄 가능성이 있는 신체적 장애를 가진 근로자와 검사 전날 음주를 한 근로자는 제외하도록 기준을 정하였다.

Table 1. General characteristics of control group and cases exposed to organic solvents

Characteristics	Exposed (n=96)	Control (n=100)	Significance
Age(yrs.)			NS
-24	12(12.5%)	10(10.0%)	
25-29	34(35.4)	30(30.0)	
30-34	24(25.0)	36(36.0)	
35-39	20(20.8)	20(20.0)	
40-	6(6.3)	4(4.0)	
Mean ± SD	30.2 ± 5.9	30.7 ± 5.0	
Educational level			<0.01
Middle school	8(8.3%)	0(-)	
High school	88(91.7)	88(88.0)	
Junior college	0(-)	12(12.0)	
Mean ± SD(yrs.)	12.0 ± 1.1	13.0 ± 1.4	
Working duration(yrs.)	8.5 ± 4.8	6.0 ± 3.5	<0.01
Alcohol(g/week)	127 ± 198	111 ± 135	NS
Smoking			NS
None	9(9.3%)	14(14.0%)	
≤ 1 pack/day	8(8.3)	9(9.0)	
> 1 pack/day	31(32.3)	27(27.0)	

2. 연구내용

가. 인구학적 특성 및 직업력에 관한 조사

두 군의 연령, 성, 교육수준, 음주 및 흡연량을 조사하고 현재 직장에서의 근무기간과 유사한 작업환경에서의 총 근무기간, 작업부서, 작업내용, 작업시간대를 미리 작성한 조사지를 이용하여 조사하였다.

나. 신경행동검사

컴퓨터를 이용한 검사 4항목과 면접식 검사 7항목, 총 11개 항목의 신경행동검사를 시행하였다. 유기용제폭로의 급성효과가 신경행동검사에 미치는 영향을 최소화하기 위해 선정된 대상자는 일요일에 의료기관을 방문하여 신경행동검사를 받도록 하였다. 신경행동검사는 간호사에 의해 실시되었으며 검사자는 검사요령과 측정과 관련된 편견과 오차에 대한 교육을 연구자로부터 받고 충분한 실기를 거쳐 검사에 숙달된 후 대상자를 검사하도록 하였다.

1) 컴퓨터 신경행동검사

검사프로그램으로는 SPES를 이용하였다. 검사는 격리된 조용한 공간에서 개인용 컴퓨터를 이용하여 이루어졌으며 검사자는 피검자의 유기용제 폭로여부를 모르는 상태에서 미리 준비된 설명서를 통하여 모든 피검자에게 동일한 방법으로 각 검사항목에 대한 검사과정과 자극의 형태 및 키보드의 이용방법을 교육하고 검사방법을 피검자 혼자서 충분히 이해하지 못하는 경우에 한하여 검사자가 추가적인 설명을 하도록 함으로써 검사자와 피검자 사이의 대화를 규격화, 최소화하였다.

컴퓨터에 관한 친숙도가 검사에 미치는 영향을 최소화하기 위해 검사에 이용되는 19개의 키만을 남겨두고 나머지 키를 모두 제거하여 키보드를 단순화시킴으로서 키보드에 친숙하지 못한 근로자들의 컴퓨터에 대한 거부감이나 키보드조작의 미숙함을 최소화하도록 하였다. 검사는 숫자 더하기, 부호숫자 짝짓기,

숫자 외우기 및 손가락 두드리기의 순서로 모든 근로자에게 동일한 순서와 동일한 종류의 검사를 시행하였다.

부호숫자 짝짓기, 숫자 외우기 및 손가락 두드리기의 방법과 점수화 과정은 다른 연구들(사공준과 정종학, 1994; 정종학 등, 1994)에서 기술된 바 있다. 숫자 더하기(Addition)는 세 개의 임의의 숫자가 수평적 더하기 형태(예 : $7+4+5$)로 화면에 1초 동안 나타난다. 피검자는 최대한 빨리 계산을 하여 정답을 키보드의 숫자키를 통하여 입력한다. 처음 3회의 연습 후 총 40개의 문제가 제시되며 각각의 더하기에 대한 피검자의 반응시간과 표준편차 및 정답의 개수가 기록된다.

2) 면접식 신경행동검사

면접식 신경행동검사에는 임상심리학회(1992)에서 재표준화한 Korean-Wechsler Adult Intelligence Scale 중 숫자부호 짝짓기, 숫자 외우기와, NCTB의 검사항목 중 Benton visual retention검사와 목적점찍기를 이용하였다. 숫자 더하기는 기존의 신경행동검사항목에는 컴퓨터 방식의 숫자 더하기와 대응되는 유사한 검사항목이 없으므로 컴퓨터 방식을 종이와 연필을 이용하는 방식으로 재구성하여 사용하였다. 손가락의 섬세한 운동능력과 상완의 운동능력을 보기 위해 핀뽑기, 막대 두드리기(TAKEI®, 일본)를 시행하였다. 검사는 Benton visual retention검사, 핀뽑기, 막대 두드리기, 숫자 외우기, 숫자부호 짝짓기, 목적점찍기, 숫자 더하기 순서로 모든 근로자에게 동일한 순서와 동일한 방법으로 시행하였다.

국내의 다른 연구들(강성규 등, 1993; 이덕희 등, 1995; 이세훈 등, 1995)에서 사용된 바 있는 신경행동검사를 제외한 검사들의 수행방법과 점수화 과정은 다음과 같다.

가) 핀뽑기(Pegboard)

팔과 손가락의 민첩성과 섬세함을 평가하는 검사이다. 길이 5 cm, 지름 2 mm의 핀을 구멍이 뚫린 판에 2분 동안 뽑은 개수를 점수로 한다. 선 자세로 좌측에서 우측으로 최대한 빨리 시행하며 5번의 연습시행을

을 가진다.

나) 막대 두드리기(Tapping)

손가락과 상완의 운동능력을 평가하는 검사이다. 막대를 두드리면 자동으로 그 횟수가 합산하며 최대한 빨리 엄지와 중지로 막대를 30초간 두드리는 횟수를 점수로 한다. 5번의 연습시행을 가진다.

다) 숫자 더하기(Addition)

컴퓨터의 숫자 더하기와 같은 방식으로 3자리의 임의의 숫자를 더하기 형태로 배열하고(예 : 3+5+7) 총 40개의 문제를 모두 계산하는데 소요되는 시간을 초단위로 기록하여 점수로 한다.

다. 자각증상평가

유기용제 폭로근로자들의 유기용제폭로 관련자각증상의 평가는 조수현 등(1993)이 개발하고 권호장 등(1995)의 연구에서 그 타당성과 신뢰성이 입증된 바 있는 자기기입식 자각증상 설문지를 이용하였으며 증상영역과 문항수, 평가척도 및 점수화 방법은 개발자가 제시한 방법을 따랐다.

라. 유기용제 폭로량의 측정

유기용제의 개인 폭로량 측정은 조사대상자에게 개인용 시료포집기(GILAIR-3, Gilian, USA)를 이용하여 시료를 채취한 후 작업이 끝남과 동시에 수집하여 가스크로마토그래피(GC-14A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다. 혼합유기용제의 농도는 노동부에서 고시한 방법에 따라 산출하였다(노동부b, 1997). 폭로군 96명 중 43명을 대상으로 개인폭로량을 측정하고 동일한 위치의 교대작업자 25명은 동일 폭로수준을 가지는 것으로 평가하였다.

노중 마노산 농도의 측정은 대상자의 뇨를 작업이 끝난 직후 밀폐용기를 이용하여 채집한 후 고속 액체크로마토그래피(Waters 625 LC system, Millipore, USA)를 이용하여 마노산의 양을 적량하고 크레아티닌 배설량으로 마노산의 농도를 보정하였다. 마노산은 신경행동검사와 다른 날에 측정되었다.

마. 자료의 분석

교육년수의 분포가 두 군에서 다르므로 교육수준이 두 군의 신경행동기능의 비교에 미치는 영향을 배제하기 위해 폭로군과 대조군의 신경행동검사 측정치의 직접 비교는 폭로군의 중학교 졸업자 8명과 대조군의 전문대학이상의 졸업자 12명을 제외한 고등학교 졸업자 각각 88명을 대상으로 하였다(표 3, 표 4).

폭로군과 대조군의 신경행동검사 측정치의 비교는 t검정 후 공변량분산분석(ANCOVA)을 이용하여 연령, 흡연력, 음주력과 근무년수를 보정하여 비교하였다. 각 검사항목의 측정치의 단위가 매우 상이하므로 이들의 비교성을 높이기 위해 각 측정치를 Z점수로 전환 [Z점수=(검사의 측정치-측정치의 평균)/표준편차]하여 분석에 이용하였다.

검사항목의 수렴성(convergence)과 판별력(discriminability)을 평가하기 위하여 다속성-다방법접근법(multitrait - multimethod correlation matrix)을 이용하였다. 11개의 검사항목간에 상관관계를 이용하여 서로 유사한 결과를 보이는 검사항목들을 정보의 손실을 최소화하면서 축소, 요약하기 위해 요인분석을 시행하였다. 요인추출모형으로는 principal component method를 이용하였으며 varimax직각회전을 이용하였다. 검사항목이 폭로군과 대조군을 판별하는 능력을 보기 위해 유의한 변수의 단계적 투입을 이용한 판별분석을 시행하였다. 자료의 분석은 SPSS-PC⁺ 프로그램을 이용하였다.

Ⅲ. 성 적

폭로군과 대조군의 연령은 각각 30.2세와 30.7세로 유의한 차이가 없었으며 주당 음주량과 흡연량도 두 군에서 유의한 차이가 없었다. 교육년수의 경우 폭로군의 12년에 비해 대조군이 13년으로 유의하게 높았으며(p<0.01) 근무년수는 폭로군이 8.5년으로 대조군의 6.0년에 비해 유의하게 높았다(p<0.01)(표 1). 대상자가 선정된 사업장의 종류와 주로 사용하는 유기용

Table 2. Constituents of organic solvents and level of exposure(TWA, ppm) at various factories

Factory	Solvents	Exposure level	No. of subjects	No. of workers
Textile sizing				
Factory 1	IPA	ND-8.60	4	16
Factory 2	IPA	ND-4.34	9	22
Textile coating				
Factory 1	Toluene	1.19-4.36	4	8
	DMF	0.32-0.87		
Factory 2	Toluene	16.99-44.51	8	18
	MEK	0.29-12.4		
	DMF	0.01-3.82		
	TDI	0.01-0.02		
Factory 3	Toluene	3.08-175.97	6	12
	MEK	0.21-11.52		
	DMF	8.96-16.63		
	Ethylacetate	0.23-3.06		
Factory 4	Toluene	0.69-67.76	9	15
	MEK	0.19-35.67		
Textile screen printing				
Factory 1	Toluene	0.18-1.08	10	17
	MEK	0.16-1.08		
	Acetone	4.15-22.80		
Factory 2	TCE	0.04-0.06	4	10
Factory 3	Toluene	0.73-2.78	6	12
	Acetone	4.24-6.19		
	MEK	0.23-0.85		
	Xylene	0.21-0.76		
Offset printing				
Factory 1	Benzene	0.45-2.66	7	14
	IPA	0.56-6.89		
	Toluene	0.01-0.02		
Factory 2	Toluene	0.48-37.84	9	20
Metal instrument processing				
Factory 1	TCE	4.82-12.93	6	18
Factory 2	TCE	0.01-2.03	3	17
Car repair				
Factory 1	Toluene	0.09-0.25	8	14
	Xylene	0.05-0.16		
Foundry				
Factory 1	Methanol	3.13-23.66	3	7
Total			96	220

ND, non detect.

제의 종류 및 기중환경농도, 사업장별 대상 근로자수 및 사업장의 생산직 근로자수는 표 2와 같다.

컴퓨터 신경행동검사에서 숫자 더하기의 폭로군 반응시간이 3,828 msec인데 비해 대조군의 반응시간은 3,357 msec로서 두 군에서 유의한 차이가 있었으나 연령, 음주, 흡연 및 근무년수를 보정한 반응시간은 차이가 없었다. 부호숫자 짝짓기의 반응시간은 폭로군이 2,872 msec와 대조군이 2,532 msec, 표준편차는 폭로군 970 msec, 대조군 730 msec으로 대조군에 비해 폭로군이 유의하게 길었으며($p < 0.01$) 외생변수의 영향을 보정한 후에도 유의한 차이를 보였다. 운동기능 평가에서는 우수(평상시 자주 쓰는 손, dominant hand)의 손가락 두드리기가 폭로군이 유의하게 적었다($p < 0.05$). 숫자 더하기에서 반응시간의 표준편차, 숫자 외우기에서 숫자의 길이와 열수(평상시 자주 쓰지 않는 손, nondominant hand)의 손가락 두드리기는 두 군에서 유의한 차이가 없었다(표 3).

면접식 신경행동검사 중 숫자 더하기에서 폭로군은 150 초, 대조군은 121 초로서 폭로군이 유의하게 길었으나 외생변수를 보정한 후의 차이는 유의하지 않았으며, 숫자부호 짝짓기는 폭로군이 56.7 개, 대조군이 62.2 개로서 폭로군이 유의하게 적었고 외생변수를 보정한 후에도 그 차이는 유의하였다($p < 0.05$). 숫자 외우기의 거꾸로 따라외우기의 점수가 폭로군에서 유의하게 적었으며($p < 0.05$) 편뽑기의 개수도 폭로군 61.9 개에 비해 대조군이 64.8 개로서 폭로군이 유의하게 적었다($p < 0.01$). Benton visual retention검사와 막대 두드리기는 유의한 차이가 없었다(표 4).

인구학적 변수와 신경행동검사 성적간의 상관관계는 표 5와 같다. 컴퓨터 신경행동검사의 손가락 두드리기가 연령과 역상관관계를 보였고, 그 밖의 검사는 연령과 의미있는 상관관계를 보이지 않았다. 교육수준의 경우 컴퓨터 신경행동검사의 부호숫자 짝짓기가 상관계수 0.43으로 가장 컸으며, 면접식의 숫자부호 짝짓기 역시 0.39로 다른 검사항목에 비해 상대적으로 높은 상관관계를 보였다. 운동능력을 평가하는 컴퓨터 신경행동검사의 손가락 두드리기와 면접식의 편뽑기

Table 3. Results of computerized neurobehavioral tests of control group and cases exposed to organic solvents

Tests	Unadjusted mean \pm SD		Adjusted mean [#]	
	Exposed(n=88)	Control(n=88)	Exposed(n=88)	Control(n=88)
Addition				
Reaction time(msec)	3,828 \pm 859**	3,357 \pm 788	3,784	3,402
SD(msec)	820 \pm 329	748 \pm 292	806	763
No. of correct answer	33.2 \pm 5.7	35.1 \pm 4.9	33.1	35.2
Symbol digit				
Reaction time(msec)	2,872 \pm 423**	2,532 \pm 327	2,875**	2,530
SD(msec)	970 \pm 392**	739 \pm 262	982**	728
Digit span				
Length of memory span	8.14 \pm 1.37	8.38 \pm 1.86	8.16	8.37
Finger tapping speed				
No. of taps/10sec				
Dominant hand	66.4 \pm 8.1*	70.0 \pm 8.2	66.6*	69.9
Non-dominant hand	59.7 \pm 8.5	60.6 \pm 7.4	59.6	60.7

Middle school graduates(8 cases) and junior college graduates(12 controls) were excluded to adjust the disparity of educational level between two groups.

#, Adjusted mean controlling for age, smoking, alcohol and working duration.

* p(0.05, ** p(0.01).

Table 4. Results of traditional neurobehavioral tests of control group and cases exposed to organic solvents

Tests	Unadjusted mean \pm SD		Adjusted mean [#]	
	Exposed(n=88)	Control(n=88)	Exposed(n=88)	Control(n=88)
Addition(sec)				
No. of correct answer	38.2 \pm 2.0	38.2 \pm 2.1	38.3	38.1
Digit symbol				
Digit span(forward)	8.6 \pm 2.3	9.0 \pm 2.0	8.6	9.0
Digit span(backward)	5.9 \pm 2.2*	6.9 \pm 2.1	5.9*	7.0
Digit span(total)	14.5 \pm 3.6	15.9 \pm 3.5	14.5	16.0
Tapping				
Dominant hand	174.9 \pm 22.5	179.5 \pm 18.7	176.4	178.0
Non-dominant hand	150.6 \pm 20.7	152.0 \pm 15.4	151.0	151.7
Benton visual retention test				
Pursuit aiming	7.95 \pm 1.1	8.18 \pm 1.0	7.93	8.21
Pursuit aiming				
Correct dot	203.7 \pm 35.5	217.6 \pm 35.0	205.2	216.1
Wrong dot	14.6 \pm 15.6	9.2 \pm 15.4	16.1*	7.8
Pegboard				
	61.9 \pm 6.5*	64.8 \pm 5.4	62.0*	64.7

Middle school graduates(8 cases) and junior college graduates(12 controls) were excluded to adjust the disparity of educational level between two groups.

#, Adjusted mean controlling for age, smoking, alcohol and working duration.

* p(0.05, ** p(0.01).

Table 5. Correlation matrix of general characteristics and neurobehavioral tests of control group and cases exposed to organic solvents

Test	Age ¹⁾ (yrs.)	Education ²⁾ (yrs.)	Duration ³⁾ (yrs.)	Alcohol ⁴⁾ (g/week)	Smoking ⁵⁾ (pack/day)
Computerized					
Addition	.09	.28**	-.06	.13	.06
Symbol digit	-.13	.43**	-.15	-.03	-.04
Digit span	.11	.11	.02	-.02	.03
Finger tapping speed					
Dominant hand	-.39**	.11	-.32**	-.05	-.23*
Non-dominant hand	-.23*	.00	-.11	-.01	-.21*
Traditional					
Addition	.18	.22*	.01	.12	.11
Digit symbol	-.12	.39**	-.08	-.07	-.17
Digit span	-.02	.26*	-.08	.05	.08
Tapping					
Dominant hand	-.20	.21*	-.25*	.12	.03
Non-dominant hand	-.01	.04	-.02	.10	-.05
Benton visual retention test	-.22*	.11	-.19	.16	.03
Pursuit aiming					
Correct dot	-.08	.09	-.09	-.15	-.25*
Wrong dot	-.05	.21*	-.03	.05	-.15
Pegboard	-.03	.04	-.10	.01	-.18

Reaction time were multiplied by -1.

- 1) Partial correlation coefficients controlling for education, exposure, alcohol and smoking.
- 2) Partial correlation coefficients controlling for age, exposure, alcohol and smoking.
- 3) Partial correlation coefficients controlling for age, education, alcohol and smoking.
- 4) Partial correlation coefficients controlling for age, education, exposure and smoking.
- 5) Partial correlation coefficients controlling for age, education, exposure and alcohol.

* p(0.05, ** p(0.01).

가 교육수준과 상관관계가 가장 적은 것으로 나타났다. 폭로군만을 대상으로 한 근무기간과의 관련성은 연령과의 관련성과 유사하였고 흡연은 운동능력과 역상관관계를 보였다.

연령이 32세 이하인 군에서는 컴퓨터 손가락 두드리기, 면접식 숫자부호 짝짓기 외에 신경행동기능은 연령에 큰 영향을 받지 않았으나, 33세 이상 군에서는 연령의 증가와 신경행동기능의 저하가 상관관계를 보이는 검사항목이 32세 이하 군에 비해 상대적으로 많았다. 33세 이상 군에서 연령의 증가와 컴퓨터 부호숫자 짝짓기 반응시간의 감소가 가장 큰 상관관계를 보였다. 두 방식의 숫자 더하기와 면접식의 숫자 외우

기가 연령과 상관관계를 보였고 운동능력에서는 핀킵기만이 연령의 증가와 상관관계가 있었다(표 6).

마노산과 현재의 유기용제의 폭로수준 및 신경독성 자각증상과 신경행동검사 성적의 상관계수는 표 7과 같다. 컴퓨터 신경행동검사항목 중 부호숫자 짝짓기와 면접식의 숫자부호 짝짓기가 마노산과 유의한 상관관계가 있었으며 운동영역에서 면접식의 막대 두드리기, 목적점찍기가 다소 상관성을 보였다. 유기용제의 시점 폭로수준은 컴퓨터 신경행동검사의 부호숫자 짝짓기, 면접식의 숫자부호 짝짓기, 우수의 손가락 두드리기 및 목적점찍기의 잘못 찍은 개수와 다소의 상관관계를 나타내었다. 자각증상은 컴퓨터 신경행동검사

Table 6. Correlation matrix of results of neurobehavioral tests by age group

Tests	Age group(yrs.)			
	20-32(n=130)	33≤(n=66)	35≤(n=50)	37≤(n=24)
Computerized				
Addition	-.04	.23	.32	.43
Symbol digit	.17	.41*	.47*	.71*
Digit span	.03	-.03	-.03	-.12
Finger tapping speed				
Dominant hand	-.31*	-.10	.02	-.11
Non-dominant hand	-.26*	-.04	.19	.10
Traditional				
Addition	-.14	.35	.38	.48
Digit symbol	-.25*	-.22	-.31	-.39
Digit span	-.03	-.06	-.21	-.20
Tapping				
Dominant hand	-.12	-.26	-.27	-.35
Non-dominant hand	.09	-.21	-.28	-.38
Benton visual retention test	-.09	-.35*	-.34	-.58
Pursuit aiming(correct dot)	-.15	-.20	-.28	-.53
Pegboard	-.03	-.29	-.35	-.75**

Partial correlation coefficients controlling for education, exposure, alcohol and smoking.

* p(0.05, ** p(0.01).

Table 7. Correlation matrix of hippuric acid, exposure level, neurotoxic symptom and neurobehavioral tests of cases exposed to organic solvents

Tests	Hippuric acid ¹⁾ (g/g creatinine)	Exposure ²⁾ level	Neurotoxic symptom
Computerized			
Addition	.07	.10	.12
Symbol digit	.40**	.21*	.28*
Digit span	.08	.09	-.01
Finger tapping speed			
Dominant hand	-.13	.04	-.31*
Non-dominant hand	-.07	.15	-.30*
Traditional			
Addition	.05	-.03	.18
Digit symbol	-.48**	-.15	-.31*
Digit span	-.05	.13	-.11
Tapping			
Dominant hand	.01	-.21	-.03
Non-dominant hand	-.26*	-.06	-.05
Benton visual retention test	.14	-.20	.13
Pursuit aiming			
Correct dot	-.31*	.05	-.06
Wrong dot	.28*	.31*	.01
Peg board	.01	-.12	-.01

Reaction time were multiplied by -1.

Partial correlation coefficients controlling for age, education, smoking and alcohol.

1) Hippuric acid level were measured in 64 workers exposed to toluene.

2) Exposure level for mixed organic solvents($C_1/T_1 + C_1/T_1 + \dots + C_n/T_n$; C_n : air concentraton of nth solvent, T_n : TLV of nth solvent).

* p(0.05, ** p(0.01).

Table 8. Multitrait-multimethod correlation matrix for computerized and traditional neurobehavioral tests

Tests	Computerized					Traditional						
	Add	Symbol	Span	FtsD	FtsND	Add	Digit	Span	TapD	TapND	BVR	PA
Computerized												
Symbol	.62**											
Span	.32**	.25*										
FtsD	.09	.22*	.02									
FtsND	.12	.26*	.07	.77**								
Traditional												
Add	.87**	.58**	.39**	.03	.01							
Digit	.53**	.79**	.19	.24*	.17	.46**						
Span	.48**	.47**	.72**	.02	.02	.56**	.42**					
TapD	.27**	.35**	.09	.41**	.44**	.11	.34**	.18				
TapND	.13	.31**	.09	.19	.35**	.04	.27**	.16	.65**			
BVR	.04	.15	.09	.08	.11	.13	.03	.22*	.12	.04		
PA	.30**	.48**	.20*	.34**	.32**	.20	.47**	.17	.41**	.38**	.05	
Peg	.11	.23*	.06	.30**	.30**	.05	.25*	.01	.33**	.37**	.08	.57**

The correlations of reaction time were multiplied by -1 so that an increased score was associated with improved performance for all tests.

Add, addition; Symbol, symbol digit; Span, digit span; FtsD, finger tapping speed dominant hand; FtsND, finger tapping speed non-dominant hand; TapD, tapping dominant hand; TapND, tapping non-dominant hand; Digit, digit symbol; BVR, venton visual retention test; PA, pursuit aiming; Peg, Pegboard.

* p(0.05, ** p(0.01).

의 부호숫자 짝짓기, 손가락두드리기와 면접식의 숫자부호 짝짓기와 의미있는 상관관계를 나타내었다.

다속성-다방법 접근법을 이용한 각 검사항목의 수렴성과 판별력의 평가에서는 두 방식의 숫자 더하기, 숫자부호 짝짓기, 부호숫자 짝짓기, 숫자 외우기의 수렴성이 높았다. 운동능력의 손가락 두드리기는 다른 운동영역검사에 비해 판별력이 상대적으로 높았으며, 면접식의 막대 두드리기의 경우 부호숫자 짝짓기와 수렴되는 경향이 있었다. 목적점찍기는 부호숫자 짝짓기, 숫자부호 짝짓기와 수렴되는 경향이 있었다. 핀뽑기는 목적점찍기와의 수렴성이 다소 높았으나 다른 검사항목과의 판별력은 매우 높았다(표 8).

요인분석에서는 검사항목들이 지각반응속도, 운동, 기억, 미세운동 등 4개 요인으로 추출되었다. 두 방식의 숫자 더하기와 부호숫자 짝짓기, 숫자부호 짝짓기가 지각반응속도 영역으로 분류되었으며, 컴퓨터 신

경행동검사의 손가락 두드리기는 운동 영역으로 분류되었다. Benton visual retention검사와 두 방식의 숫자 외우기는 기억 영역으로 분류되었다. 막대 두드리기가 목적점찍기와 핀뽑기와 함께 미세운동 영역으로 분류되었다(표 9).

판별분석의 결과 지적능력영역에서는 컴퓨터 신경행동검사의 부호숫자 짝짓기가, 운동영역에서는 핀뽑기만이 유의한 변수로서 판별식에 포함되었다. 두 변수로 구성된 판별식을 이용한 집단의 분류에서 폭로군의 68.2%, 대조군의 72.7%가 정확하게 분류되었으며 전체의 70.5%가 정확하게 분류되었다(표 10). 신경행동검사의 동시타당도와 구성타당도를 상대적으로 비교한 결과 컴퓨터 신경행동검사의 부호숫자 짝짓기와 손가락 두드리기, 면접식의 숫자부호 짝짓기와 면접식의 핀뽑기의 타당도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다(표 11).

Table 9. Factor analysis of neurobehavioral tests

Tests	Factor 1 Perception/ Response	Factor 2 Motor	Factor 3 Memory	Factor 4 Dexterity
<i>Addition(C)</i>	.914	.036	.023	-.105
Addition(T)	.888	-.064	.152	-.207
<i>Symbol digit(C)</i>	.801	.144	-.007	.148
Digit symbol(T)	.760	.077	-.138	.199
<i>Finger tapping speed</i>				
<i>Dominant hand(C)</i>	.111	.831	.022	.115
<i>Nondominant hand(C)</i>	.077	.835	.041	.170
Benton visual retention test(T)	-.088	.338	.698	-.129
<i>Digit span(C)</i>	.178	-.379	.645	.250
Digit span(T)	.437	.222	.639	.110
<i>Tapping</i>				
Dominant hand(T)	.034	.267	.164	.643
Nondominant hand(T)	-.126	-.011	.131	.834
Pursuit aiming(T)	.291	.022	-.182	.674
Peg board(T)	-.026	.061	-.107	.709

Computerized tests were printed in italic type.

(C) computerized neurobehavioral tests.

(T) traditional neurobehavioral tests.

Table 10. Discriminant analysis of computerized and traditional neurobehavioral tests

Variables	Classification function coefficients	
	Exposed	Control
Computerized symbol digit	.506	.601
Peg board	.418	.453
Constant	-22.4	-28.9
	Classification results predicted group	
Actual group	Exposed	Control
Exposed(n=88)	60(68.2%)	28(31.8%)
Control(n=88)	24(27.3)	64(72.7)
Ungrouped cases(n=20)	12(60.0)	8(40.0)
Percentage of grouped cases correctly classified: 70.5%		

Table 11. Relative evaluation of validity of neurobehavioral tests

Tests	Concurrent validity				Construct validity			Discriminant analysis
	Age	Education	Hipurric acid	Neurotoxic symptom	Group difference	Factorial validity	Discriminability	
Computerized								
Addition	○					①		
Symbol digit	○	○	○	○	○	①		○
Digit span						②		
Finger tapping*		○		○	○	③	○	
Traditional								
Addition	○					①		
Digit symbol	○	○	○	○	○	①		
Digit span						②		
Tapping*						④		
Benton visual retention test	○					②		
Pursuit aiming*			○			④		
Peg board*	○	○			○	④	○	○

①: Perception and response speed, ②: Memory, ③: Motor, ④: Dexterity.

*otor or dexterity are more valid if they don't have a correlation with educational level and other neurobehavioral tests measuring intellectual performance.

IV. 고 찰

스웨덴의 Gamberale 등(1989), 미국의 Anger 등(1993) 및 Letz(1993)들은 신경행동검사는 국가, 인종, 교육수준, 생활수준, 건강상태, 검사에 임하는 동기, 검사에 대한 기대효과 등에 의해 영향을 받을 수 있다고 지적하고 있다. 우리 나라의 근로자의 특성과 산업장의 현실이 외국과 많이 다를 수 있으므로 우리 나라 근로자에게 적합한 신경행동검사 배터리가 필요하며, 특히 근로자 건강진단이 이동검진반(mobile team)에 의해 산업현장에서 주로 이루어져 근로자 개인의 신경행동기능을 정확히 평가할 시간적 여유가 충분하지 못하여 외국의 신경행동검사 배터리에 포함된 검사항목을 모두 적용하기 어려운 현실적 제한 또한 타당성 높은 신경행동검사를 선별할 필요성이 있음을 뒷받침한다.

이 연구는 단면조사 연구형태로 시행되었으므로 여러 종류의 타당도들 중 동시타당도와 구성타당도만을 평가하였다. Gamberale(1985), Iregren과 Letz(1992) 및 Letz(1993) 등 신경행동검사에 관한 연구경험이 풍부한 외국의 연구자들은 연령과 교육수준을 신경행동기능에 영향을 미치는 공변수로 반드시 고려해야 한다고 보고하고 있다. 이는 연령과 교육수준이 신경행동기능 검사결과 해석시 보정해야만 하는 공변수인 동시에 검사의 동시타당도를 측정하기 위한 외적 준거(criterion)가 될 수도 있음을 의미한다. 이 연구의 대상자들은 평균연령이 30세 가량이고 대부분 20대 후반과 30대 중반 사이에 분포하고 있어 연령을 외적 준거로 이용하기는 충분하지 않았으나 검사항목에 따라 20대가 포함된 연령군과 30대 이상의 연령군에서 다소 상이한 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉 20대가 포함된 연령군에서는 컴퓨터 방식의 손가락 두드리기를 제외한 모든 검사가 연령과 상관관계가 매우 낮았으나 33세 이상만을 대상으로 한 분석에서는 컴퓨터 방식의 숫자부호 짝짓기와 숫자 더하기가 연령의 증가와 함께 반응속도가 감소하는 경향을 보였

고, 면접식의 편뽑기, 숫자 더하기, 부호숫자 짝짓기 및 Benton visual retention 검사에서도 연령의 증가와 함께 신경행동기능이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 대조군과 폭로군 모두에서 유사하게 관찰되었다.

연령대를 구분하여 신경행동기능과 연령과의 상관관계를 분석한 연구는 현재까지 시도된 바 없어 다른 연구결과와 비교가 어려우나 연령의 증가에 따른 신경행동기능의 저하는 30대 이전까지 나타나지 않으며, 30대 이후부터 연령이 신경행동기능에 영향을 미친다는 가설이 제시될 수 있다. 즉 20대의 경우, 왕성한 지적능력이 신경독성물질이 중추신경계에 미치는 영향을 완충(buffering)할 수 있으나 지적능력이 감소되기 시작하는 30대 이후부터 신경독성효과가 나타날 수 있다고 가정할 수 있다. 따라서 신경행동검사는 30대 이후부터, 폭로기간이 길수록, 연령이 증가할수록 자주 검사하는 것이 바람직하다는 가정을 할 수도 있으나 20대의 경우 근무년수가 상대적으로 짧아 지적능력을 저하시킬 정도의 누적폭로량을 갖지 못한 결과일 수도 있으므로 폭로자의 연령과 신경행동기능의 변화에 관한 연구가 향후 필요할 것이다.

컴퓨터 방식의 부호숫자 짝짓기와 면접식 숫자부호 짝짓기가 다른 검사항목에 비해 교육년수와 상대적으로 큰 상관계수(각각 0.43 및 0.39)를 가짐으로서 동시타당도가 다른 검사항목에 비해 상대적으로 높은 것으로 평가된다. 이러한 결과는 이 연구에서 사용된 숫자부호 짝짓기와 동일한 형태의 숫자부호 짝짓기가 교육년수와 상대적으로 큰 상관관계를 보인 이세훈 등(1995)의 연구와 유사하였다. 교육년수가 공변수로 작용할 수 없는 운동영역을 평가하는 검사항목들은 교육년수와 낮은 상관관계를 보였으나 그 중 편뽑기의 상관계수가 가장 낮아 다른 운동영역 검사에 비해 타당성이 높은 것으로 평가된다. 그러나 동시타당도의 외적 준거로서 교육년수의 이용에는 다소 제한이 있을 것으로 생각된다. 즉 교육년수가 동일하더라도 시와 농촌, 계열별로 교육수준의 질적인 차이가 큰 우리나라의 현실에서는 교육년수가 개인의 지적 수준

을 반영하는 만족할 만한 대리측정치(proxy measure)로 사용되기에 다소 제한이 있을 것으로 생각된다.

유기용제 폭로력은 본 연구에서 가장 중요한 외적준거로서 폭로력과 신경행동검사의 용량-반응관계는 검사항목의 선별에 가장 중요한 기준이 될 수 있다. 특히 신경행동기능의 변화는 유기용제폭로의 만성효과에 기인하므로 현재의 폭로수준보다 누적폭로량과의 관련성이 가장 중요하다고 할 수 있으나 본 연구대상 사업장은 대부분이 50인 이하의 규모의 사업장이므로 대부분의 근로자가 수차례 이직한 경향이 있어 정확한 누적폭로량을 추정하기가 어려웠다. 이를 보완하기 위하여 유기용제를 사용하는 부서에 지금까지 근무한 경력을 조사하여 폭로력의 추정에 이용하고자 하였으나 자신이 폭로되었던 물질을 알고 있는 근로자의 수가 매우 적고, 알고 있다 하더라도 그 정확성에 의문이 제기되어 유기용제 폭로력을 정확히 산출하지 못하였다. 누적폭로량의 정확성의 부족은 본 연구의 가장 큰 제한점으로 인정되며 본 연구에 이용된 작업환경측정치는 조사 당시의 폭로수준을 반영할 뿐 신경행동검사의 타당성 평가를 위한 외적준거로서의 활용에는 미흡할 것으로 생각된다. 그러므로 향후 본 연구와 유사한 목적의 연구에서 유기용제의 누적폭로량을 잘 반영하는 검사가 선별될 필요성이 있다.

현재의 폭로수준과 이를 반영하는 인체대사산물 역시 만성효과를 추정하는 데 한계를 가진다. 특히 대상자의 대부분이 여러 종류의 유기용제에 폭로됨에도 불구하고 톨루엔의 대사산물인 마노산만을 측정하였을 뿐 다른 유기용제의 대사산물을 모두 측정하지 못하였으므로 더욱 제한점을 가질 수밖에 없다. 조사 시점의 15개 사업장의 유기용제 폭로수준은 섬유코팅한 개공장을 제외한 대부분의 공장에서 유기용제 기중농도가 허용농도보다 매우 낮았다. 이는 매우 낮은 환경농도에서도 신경행동기능 장애가 초래될 수 있음을 의미할 수도 있으나 누적폭로량이 아닌 시점폭로량이라서 만성효과를 평가하는 신경행동검사의 타당성평가에 이용하기는 어려울 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서 측정된 환경농도는 대상자의 유기용제

만성적 폭로수준보다는 폭로되는 유기용제의 종류와 유무를 확인하는 의미로 제한되었다. 유기용제의 종류별 폭로수준과 신경행동기능의 용량-반응관계에 관한 연구는 향후의 연구에서 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

주관적 외적준거로서 자기기입식 설문지를 이용하여 측정된 신경독성 자각증상은 두 방식 모두에서 신경행동검사와 관련성을 보였다. 자각증상점수는 컴퓨터 신경행동검사의 부호숫자 짝짓기 및 면접식의 숫자부호 짝짓기와 상대적으로 높은 관련성을 보여 다른 외적준거인 연령 및 교육수준과 유사한 양상을 보였으나 운동영역의 신경행동검사와는 관련성이 매우 적어 조사항목 중 운동영역에 관한 보완의 필요성이 제안되었다. 그러나 외국에서 개발된 16문항 설문지를 번역하여 자각증상을 측정하고 컴퓨터 신경행동검사와의 관련성을 비교한 사공준 등(1997)의 연구에서 증상점수와 신경행동검사의 상관계수가 0.2미만에 그친 것과 비교할 때 조수현 등(1993)이 개발한 정신신경증상 설문지의 우리나라 근로자에 대한 타당도가 16문항 설문지(Scandinavian Questionnaire 16)에 비해 상대적으로 높은 것으로 평가된다. 이러한 소견은 외국에서 개발된 설문지의 번역에는 문화적 차이 등의 제한이 따르므로 설문지를 이용한 자각증상연구도 우리 근로자의 정서와 특성에 맞는 설문지를 이용하는 것이 보다 타당할 수 있음을 의미한다.

지적 영역에서는 두 방식의 숫자 더하기와 숫자 외 유기 및 부호숫자 짝짓기, 숫자부호 짝짓기가 높은 수렴성을 보였다. 이는 두 방식이 개발되어 연구에 이용되는 과정에서 비교적 타당도를 인정받았음을 의미하기도 하나, 두 방식의 숫자 더하기와 면접식의 숫자외 유기 및 부호숫자 짝짓기 및 숫자부호 짝짓기와 매우 낮은 판별력을 보이고 있어 다른 검사항목에 비해 측정하는 기능영역의 특이성이 상대적으로 낮은 것으로 평가된다. 이는 숫자 더하기의 측정 영역으로 예측되는 계산능력에 수학적 논리가 요구되는 능력이 아닌 몇 개의 숫자를 단순히 더하는 단기 기억력이 다소 포함되기 때문일 것으로 생각되며, 면접식의 숫자외유기

역시 부호숫자 짝짓기와 단기기억력 영역을 일부 공유하고 있음을 의미한다.

두 방식의 숫자 더하기는 부호숫자 짝짓기와 숫자 부호 짝짓기와 다속성-다방법접근법에서 높은 수렴성을 보이고, 요인분석에서도 부호숫자 짝짓기와 숫자부호 짝짓기와 같은 요인으로 추출되어 유사한 신경행동기능영역을 평가하는 것으로 나타났다. 이들 검사들과 숫자 외우기의 판별력이 숫자 더하기가 두 방식의 짝짓기에 비해 상대적으로 낮게 평가되었다. 즉 컴퓨터와 면접식의 짝짓기가 두 방식의 숫자 외우기와 각각 0.25, 0.42의 상관계수를 가지는데 비해 컴퓨터와 면접식의 숫자 더하기는 각각 0.32, 0.56의 상관계수를 나타내어 유사기능을 측정하는 네 가지 검사중 컴퓨터 부호숫자 짝짓기가 다른 세 가지 검사에 비해 상대적으로 타당도가 우수함을 알 수 있다. 두 방식의 숫자 외우기 중 컴퓨터에 비해 면접식의 숫자부호 짝짓기와 숫자 외우기의 판별력이 더 낮아(컴퓨터 숫자 외우기와 부호숫자 짝짓기의 상관계수, 0.25; 면접식 숫자외우기와 숫자부호 짝짓기의 상관계수, 0.42) 두 방식의 숫자외우기 중 컴퓨터 숫자외우기의 판별력이 상대적으로 큰 것으로 생각된다. 그밖에 검사수행의 간결성과 검사자 오차를 고려할 때도 숫자부호 혹은 부호숫자 짝짓기가 숫자 외우기에 비해 장점이 있는 것으로 평가된다.

핀뽑기의 경우 단순반복운동이외에 섬세한 손가락 운동과 공간감각을 이용해야 하므로 다른 운동영역 검사와 수렴성이 낮고 판별력이 높은 것으로 평가되었으며, 특히 공간감각을 일부 포함하는 목적점찍기와 비교적 높은 수렴성을 보여 운동 능력과 공간감각영역을 동시에 측정할 수 있는 검사로 평가된다. 특히 지적능력영역의 검사와 매우 높은 판별력을 보임으로서 선택의 우선순위가 높은 것으로 생각된다. Benton visual retention검사의 경우 시각적 단기 기억력을 측정하는 것으로 알려져 있으나 단기 기억력을 포함하는 다른 검사들과 수렴성이 크지 않았다. 운동 영역의 검사들 중 수행방법이 유사한 손가락 두드리기와 막대 두드리기의 수렴성이 기대치보다 적었다. 이는 손

가락두드리기의 경우 손목의 운동이 주로 측정되는 반면 막대 두드리기는 상완 전체의 운동을 측정하기 때문일 것으로 생각된다. 또한 막대 두드리기는 숫자 부호 짝짓기와 부호숫자 짝짓기와도 낮은 판별력을 가져 선택의 우선순위가 낮은 것으로 생각된다.

요인분석에서 추출된 요인의 해석은 연구자의 주관적인 판단에 의존하나 추출된 요인은 보편적인 지식과 어느 정도 일치하여야 한다. 대부분의 검사항목이 기대되던 영역의 요인에 포함되었으나 막대 두드리기가 손가락 두드리기와 동일한 요인에 포함되지 않고 목적점찍기, 핀뽑기와 함께 미세운동 요인에 포함된 것은 가정과 다소 다른 결과로 나타났다. 인간의 정상적 신경행동기전이 명확히 밝혀져 있지 않고 신경행동기능과 측정치의 해석을 뒷받침하는 신경생리학적, 신경독성학적 이론이 정립되어 있지 않은 현실을 감안할 때 요인분석에서 나타난 요인의 분류가 비록 연구자의 예상과 다소 다르다 하더라도 각 요인중 수렴성과 판별력이 상대적으로 높은 검사항목들로 배터리를 구성하는 것이 바람직할 것이다. 이 연구에서 적용한 11개의 신경행동검사는 지각과 반응속도, 운동, 기억, 미세운동요인으로 분류되었다. 이미 언급한 바와 같이 신경행동기능에 관한 지식의 축적이 충분하지 않은 상태에서 이들 검사들에게 기능영역을 명명하는 것은 적절하지 않으며 개략적 분류로 인식되는 것이 타당할 것이다.

SPES와 NES의 개발에 참여했던 Iregren과 Letz (1992)는 컴퓨터 신경행동검사항목 중 컴퓨터 단순반응검사와 부호숫자 짝짓기 및 손가락 두드리기의 타당성이 상대적으로 크므로 이들 세 가지 검사로 최소한의 컴퓨터 신경행동검사 배터리(minimum common core computerized battery)구성을 제안하였다. 이들의 제안과 각 본 연구에서 시도한 검사항목들의 동시 타당도와 구성타당도를 고려할 때 11개의 신경행동검사 항목들 중 지각과 반응속도 영역의 컴퓨터 부호숫자 짝짓기, 운동영역의 컴퓨터 손가락 두드리기와 미세운동영역의 핀뽑기의 타당도가 다른 검사에 비해 상대적으로 높은 것으로 평가된다. 컴퓨터 부호숫자

짜짓기는 집단구분은 물론 다른 분석에서도 가장 높은 타당도를 보였으므로 신경행동검사에 우선적으로 포함되어야 할 검사로 나타나 Iregren과 Letz(1992)의 제안과 일치하였다. 컴퓨터 손가락 두드리기의 경우 탁월한 타당성을 보이지는 않았으나 신경행동검사 배터리의 구성에 중요한 조건이 될 수 있는 시간적 경제성, 이동성, 결과처리의 간편성 측면에서는 많은 장점을 가진다. 즉 연령과 충분한 동시타당도를 가지진 못하지만 높은 구성타당도를 가지며, 2분 정도의 검사시간만을 추가함으로써 운동영역기능의 평가를 추가할 수 있는 시간적 경제성, 간편성이라는 측면의 장점을 고려한다면 선택의 우선순위는 높아질 수 있다. 핀뽑기는 협조, 미세운동기능을 평가한다는 측면에서 다른 운동영역검사와 차별되며 판별력이 상대적으로 크므로 선택의 우선순위가 높은 것으로 평가된다. 그러나 협조운동기능을 측정하는 다른 검사들과의 비교를 위한 연구가 향후 필요할 것이다. 컴퓨터 숫자외우기는 순수 기억영역의 평가도구라는 장점을 가지나 단기기억력(short-term memory)에 국한되며 숫자부호 짜짓기와 수렴성이 크고 7분 이상의 시간이 소요되므로 산업현장에서의 우선순위는 상대적으로 낮다고 생각된다. 그러나 비교적 다른 기능을 포함하지 않는 단기기억력만을 측정하는 검사로서 충분한 시간과 공간이 확보된 장소에서는 활용성이 높을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 산업장 근로자의 중추신경계장애 선별을 위한 신경행동검사를 수행하고자 할 때 검사 항목을 선택하는데 도움이 될 것으로 생각되며, 본 연구를 통해 선별된 검사들이 향후 이루어질 다양한 형태의 신경행동기능 관련 연구에 우선적으로 이용된다면 신경행동검사를 실용화하는데 있어 제한적 역할을 하는 기준자료(normative data)의 부족을 해소하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 그러나 본 연구는 저 농도에 비교적 짧은 기간 동안 폭로된 집단을 대상으로 이루어졌고 특히 앞서 언급한 바와 같이 대상자의 폭로력에 관한 정확한 자료를 이용하지 못한 중요한 제한점과 검사선택의 중요한 기준인 재현성을 고려하지 못한 제한점을 가진다. 이들 검사항목들의 재현성에

관한 연구는 현재 진행 중이므로 향후 타당성과 재현성이 함께 고려된 연구가 제시될 수 있을 것으로 생각된다.

V. 요 약

우리나라 근로자의 특성과 산업보건 현실에 적합한 신경행동검사들을 선택하기 위하여 지금까지 국내의 일부 연구에서 사용되었던 신경행동검사들의 타당도를 비교평가하였다.

대구지역의 중소기업 사업장에서 톨루엔, 크실렌, 메틸에틸케톤, 이소프로필알콜, 메탄올에 폭로되는 유기용제 폭로군 96명과 대조군 100명을 대상으로 인구학적 변수와 직업관련 변수를 조사하고, 컴퓨터 신경행동검사 네 가지 검사항목(숫자 더하기, 부호숫자 짜짓기, 숫자 외우기, 손가락 두드리기)과 면접식 신경행동검사 일곱 가지 검사항목(Benton visual retention 검사, 숫자 외우기, 숫자부호 짜짓기, 숫자 더하기, 목적점찍기, 핀뽑기, 막대 두드리기)을 수행하였다.

11개의 신경행동검사 항목들 중 지각과 반응속도 영역에서 컴퓨터 부호숫자 짜짓기, 운동영역에서 컴퓨터 손가락 두드리기 및 미세운동영역에서 핀뽑기의 유사영역의 다른 검사에 비해 타당도가 상대적으로 높은 것으로 평가되었다.

이러한 결과는 산업장 근로자의 중추신경계장애의 선별을 위한 신경행동검사의 선택에 도움이 될 것으로 생각되나 대상자의 폭로기간이 길지 않고 폭로력과 재현성을 고려하지 못한 제한점을 가진다.

참고문헌

- 강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 폭로 근로자들에 대한 신경행동검사에 관한 연구. *예방의학회지* 1993;26(2): 210-221
- 권호장, 조수현, 임현술. 신경행동학적 증상 설문지의 타당도 및 신뢰도에 관한 연구. *대한산업의학회지* 1995;7(1): 21-27
- 김광중, 박원, 김정철. 도장작업장 공기중 복합유기용

- 제 농도 분석에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지 1992;1 : 8-15
- 노동부a. '96 근로자 건강진단실시결과. 서울, 1997
- 노동부b. 노동부고시 제97-53호 작업환경측정 및 정도관리규정. 서울, 1997
- 사공준, 정종학, 이학용. 유기용제 폭로 근로자의 신경정신증상과 신경행동학적 검사의 관련성. 대한산업의학회지 1997;9(1) : 49-60
- 사공준, 정종학. 자동차 페인트 도장공에 있어서 컴퓨터를 이용한 신경행동검사 수행기능의 평가. 예방의학회지 1994;27(3) : 487-504
- 이덕희, 박인근, 김진하, 이용환, 강성규, 김두희. 복합 유기용제의 누적 폭로 정도에 따른 신경행동학적 변화. 예방의학회지 1995;28(2) : 386-397
- 이세훈, 김형아, 이원철, 장성실, 이경재, 박정일, 정치경. 신경독성 물질에 폭로되지 않은 건강한 남자의 신경행동학적 검사 수행능력. 대한산업의학회지 1995;7(1) : 139-151
- 이세훈, 이승한. 유기용제 폭로근로자의 신경행동행동학적 변화에 대한 연구. 산업보건연구논문집 1991 : 55-63
- 임상심리학회. K-WAIS 웨슬러 성인용 지능검사 실시요강. 한국가이던스, 서울, 1992
- 정종학, 김창윤, 사공준. 컴퓨터를 이용한 유기용제 폭로 근로자의 신경행동학적 장애 검사. 대한산업의학회지 1994;6(2) : 219-241
- 조수현, 김선민, 권호장, 임용현, 임현술. 만성유기용제 폭로에 의한 정신신경학적 이상소견의 현장진단법 개발에 관한 연구. 예방의학회지 1993;26(1) : 147-164
- 최호준, 오도석, 오세민, 정규철. 도료 제도업 근로자들의 복합유기용제 폭로농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1993;2 : 177-187
- Anger WK. Workplace Behavioral Research; Results, Sensitive Methods, Test Batteries and the Transition from Laboratory Data to Human Health. Neurotoxicology 1990;11 : 629-720
- Anger WK, Cassitto MG, Liang Y-x, Amador R, Hooisma J, Chrislip DW, Mergler D, Keifer M, H rtnagl J, Fournier L, Dudek B, Zs g n E. Comparison of Performance from Three Continents of the WHO-Recommended Neurobehavioral Core Test Battery. Environmental research 1993;62 : 125-147
- Anger WK, Johnson BL. Chemicals affecting behavior. In O'Donoghue J : Neurotoxicity of industrial and commercial chemicals Vol 1, CRC Press, Boca Raton, 1985, pp 421-429
- Arlien-S borg P. Solvent neurotoxicity. CRC Press, Boca Raton, 1992, pp 1-2
- Gamberale F. The use of behavioral performance tests in the assessment of solvent toxicity. Scand J Work Environ Health 1985;11(Suppl 1) : 65-74
- Gamberale F, Iregren A, Kjellberg A. SPES : The computerized Swedish performance evaluation system : Background, critical issues, empirical data and a user's manual. National Institute of Occupational Health, Solna, 1989, pp 1-77
- H nninen H. Behavioral methods in the assessment of early impairments in central nervous function. In Biological Monitoring and Surveiling of Workers Exposed to Chemicals. Aitio, Antero; Riihimhki, Vesa and Vainio, Harri, eds., Washington, D. C. : Hemisphere Publishing Corp, 1984
- Iregren A, Letz R. Computerized testing in neurobehavioral toxicology. Applied psychology 1992;41(3) : 247-255
- Letz R. Covariate od computerized neurobehavioral test performance in epidemiologic investigations. Environmental research 1993;61(1) : 124-132
- Singer R. Neurotoxicity guidebook. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990, pp 3-8
- WHO. Field Evaluation of WHO Neurobehavioral Core Test Battery. World Health Organization, Geneva, 1986