

컴퓨터를 이용한 에탄올에 의한 신경행동기능 장애 평가

영남대학교 의과대학 예방의학교실

전만중 · 사공준 · 강복수

영남대학교 의과대학 2학년

김문찬 · 김학수

서 론

유기용제 등의 신경독성물질의 폭로로 인한 중추신경계 장애는 신경질적 반응, 사회성 저하, 감정의 둔화, 기억력 저하, 집중력 장애, 반응능력의 둔화, 수면장애, 만성피로, 두통, 성기능 저하, 협조운동 장애, 감각둔화, 정신병증 등으로 나타나며, 이러한 증상들은 도장공 증후군(painter's syndrome), 정신기질 증후군(psycho-organic syndrome) 혹은 신경쇠약 증후군(neurasthenic syndrome)으로 불려져 왔다(Bleeker 등, 1993). 유기용제 등의 신경독성물질의 중추신경계에 미치는 영향은 유기용제가 산업현장에서 사용되기 시작한 19세기 중엽부터 보고되어 왔고, 그후 할로젠화 및 방향족 탄화수소가 신경정신학적 장애를 일으키고, 스테렌, 신나 및 여러 복합 유기 용제들이 만성중독성뇌증(chronic toxic encephalopathy)을 일으킬 수 있음이 밝혀지게 되었다(Arlie-Søborg, 1992). Anger와 Johnson(1985)은 유기용제, 농약 및 중금속 중 850 여종 이상이 신경행동장애를 유발시킨다고 보고하였으며, Landrigan 등(1980)도 인체는 신경독성물질에 매우 민감하므로 신경독성물질에 의한 장애는 역학조사를 통하여 보고된

것보다 훨씬 많을 것이라고 보고하였다. 미국환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA, 1976)의 1976년 조사에 의하면 한해에 1,000여 종류의 새로운 합성물질들이 개발되고 산업장에서는 4만 여종의 화학물질과 200만여 종류의 혼합물질이 사용되고 있으나 이들 대부분이 신경독성에 관한 검증을 충분히 거치지 않은 상태에서 실용화되고 있어 많은 수의 근로자가 산업현장에서 신경독성물질에 만성적으로 폭로될 것으로 보고하였다. 우리나라의 경우 13만명 이상의 근로자가 유기용제에 만성적인 직업적 폭로를 받고 있으며(산업보건협회, 1994), 약 87%에 해당하는 대부분의 작업장에서 채취한 시료가 허용농도 이하(Lee와 Lee, 1991)로 보고되고 있다. 이렇게 고농도 급성 폭로가 아닌 저농도 만성폭로에 의하여 유기용제와 같은 독성물질에 의한 중독이 생기게 되는 것이다.

유기용제중 지방친화성 용제의 경우에는 지질이 풍부한 조직, 특히 신경조직에 만성적으로 축적된다고 알려져 있으며(WHO, 1985; LaDou, 1990; Wallace, 1994), 유기용제의 반감기에 따르는 충분한 회복 시간을 갖지 않고 폭로가 반복되는 경우에 있어서 중추신경계에 비가역적, 영구적

인 손상이 초래된다(Singer, 1990).

최근 신경독성학 분야에서 주목을 받고 있는 준임상적 독성(subclinical toxicity)은 신경독성물질에 만성적으로 폭로될 때 그 폭로량이 비교적 적은 경우에 증상과 징후가 통상적인 의학적 검사에 의해서 파악할 수 없는 경우이다. 이러한 내용에 기초하여 WHO(1986)에서는 특정 화학물질에 있어서 급성중독이 아닌 정상적인 생산활동을 통해서도 유해한 영향을 끼칠 수 있으므로 신경행동기능을 저하시킬 수 있는 저농도의 만성폭로에 대하여 관심을 가져야 한다고 보고하였다.

우리 나라에도 저농도 유기용제에 만성적으로 폭로되는 근로자들이 경험하는 다양한 신경학적 자각증상에 관한 보고(이승훈 등, 1992; 권호장 등, 1995)가 있으며 천용희(1991)와 강성규 등(1992)이 보고한 만성중독성뇌증(chronic toxic encephalopathy)의 경우 혈액검사, 뇨검사, 간기능검사 등의 일반적인 검사실 검사와 근전도검사, 뇌파검사 등의 신경생리학적 검사소견은 모두 정상이었음에도 불구하고 신경행동학적 검사에서 주의력, 단기 기억력, 계산능력, 판단력 등이 저하된 것으로 나타나 신경독성물질에 의한 신경행동기능장애를 조기에 발견할 수 있는 검사의 필요성이 강조되고 있다.

신경독성물질에 폭로되는 근로자들을 대상으로 신경계 장애를 평가하기 위한 검사는 자각증상조사, 신경행동학적 검사 및 신경생리학적 검사로 크게 나누어지고, 자각증상조사는 가장 간단하고 경제적이며 많은 대상자를 단시간에 검사할 수 있는 장점을 가지므로 이미 세계적으로 많은 종류의 설문지가 개발되어 있으며, 우리 나라에서도 이러한 유기용제 폭로 근로자의 자각증상에 관해 많은 연구가 수행되어 왔다(이승훈 등, 1992; 조수현 등, 1993). 그러나 자각증상조사를 설문지에 의하여 할 경우에는 초기의 가벼운 증상에 대한 민감

도가 충분하지 않고, 빈도와 정도의 측정에 한계가 있으며 다양한 증상을 포함하지 못하는 단점이 있다(Singer, 1990).

국내에 보고된 신경행동학적 검사를 이용한 연구는 종이와 연필 및 psychometric tests를 이용한 면접자방식과 개인용 컴퓨터와 신경행동학적 검사 프로그램을 이용한 컴퓨터를 이용한 방식으로 나눌 수 있으며 강성규 등(1993), 이승훈 등(1995) 및 이세훈 등(1995)의 neurobehavioral core test battery(NCTB)를 이용한 연구와 정종학 등(1994), 사공준과 정종학(1994), 박홍진(1996) 및 사공준 등(1997)의 swedish performance evaluation system (SPES)을 이용한 연구 등이 있다.

연구자들은 유기용제가 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 유기용제의 중추신경계 장애와 유사한 증상을 유발할 수 있는 에탄올을 이용하여 저농도의 유기용제가 신경행동기능에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고, 신경행동기능 영역중 에탄올에 민감한 기능영역을 선별하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

영남대학교 의과대학 학생중 20명의 지원자를 대상으로 설문조사 및 신경행동학적 검사를 1996년 8월동안 실시하였다. 이들은 본 연구의 내용을 충분히 이해하고 적극적으로 임하였으며, 검사 3일 전부터는 약물 복용 및 음주를 금하도록 하였고, 검사 전날부터는 과로를 피하고 충분한 수면을 취한 후 검사에 임하도록 하였다.

2. 설문조사 및 분석

대상자로부터 자기기입식 설문지를 통하여 연

령, 키, 몸무게 및 음주력과 흡연량에 대한 내용을 조사하고, body mass index(BMI)를 산출하였다.

3. 알코올 섭취 및 혈중 알코올 농도의 측정

식후 3시간이 지난 후 체중 kg당 100% 알코올 0.5g이 되도록 소주(25% 알코올)를 이용하여 10분 동안 마시게 하였다. 혈중 알코올 농도의 측정은 혈중 알코올 농도 측정기(Driveguard®)를 사용하여 알코올을 마신 후 15분, 30분, 45분, 60분, 75분 및 90분이 경과후 각각 측정하였다.

4. 신경행동학적 검사

비교적 조용하고 격리된 공간에서 개인용 컴퓨터를 이용하여 대상자 1명당 약 40분 동안 검사를 시행하였다. 준비된 설명서를 통하여 모든 대상자에게 동일한 방법으로 각 검사 항목에 대한 검사 과정과 자극의 형태 및 키보드를 이용하여 자극에 반응하는 방법을 교육하였고, 피검자 혼자서 충분히 이해하지 못하는 경우에는 검사자가 설명을 하도록 함으로써 검사자와 피검자 사이의 대화를 최소화하였다. 신경행동학적 검사는 단순반응시간, 색단어구분, 숫자구분, 손가락두드리기, 숫자 더하기, 부호숫자짜짓기, 숫자의우기를 모든 대상자에게 동일한 순서로 시행하였고, 알코올 섭취 후 15분이 경과한 후 검사를 시작하였다. 알코올 섭취 전후의 신경행동학적 검사는 24시간의 간격을 두고 이루어졌다. 대상자를 두군으로 나누어 한 군은 알코올 섭취전과 후의 순서로 검사를 하고 다른 군은 알코올 섭취 후와 전의 순서로 검사를 시행하여 학습효과로 인한 결과해석의 오차를 최소화하고자 하였다. 컴퓨터의 키보드에 익숙함의 차이로 인한 오차를 최소화하기 위해 검사에 필요한 키만은 남겨두고 나머지 키들을 제거한 단순한 키보드를 이용하였다.

(1) 단순반응시간

붉은 색의 사각형이 컴퓨터 화면에 2.5 - 5초 간격으로 불규칙하게 나타나며, 사각형이 나타나면 피검자는 최대한 빨리 키보드의 키를 누른다. 컴퓨터는 화면에 사각형이 나타난 시간부터 키보드를 누를 때까지의 시간을 0.001초 단위로 측정한다. 사각형은 2분 동안 16회 나타나며 한 개의 사각형이 나타났을 때 반응하는 시간과 그 시간들의 평균과 표준편차가 자동으로 기록된다.

(2) 색단어구분

화면의 중앙에 백색의 WHITE, 붉은색의 RED, 파란색의 BLUE 및 노란색의 YELLOW라는 단어가 나타나며 불규칙 적으로 색깔이 일치하지 않은 단어가 나타난다. 피검자는 단어의 뜻과 색깔이 일치되는 경우 최대한 빨리 키보드의 키를 누른다. 컴퓨터는 피검자가 키보드를 누를 때까지의 시간을 0.001초 단위로 측정하고, 잘못 판단한 횟수를 측정한다.

(3) 숫자구분

컴퓨터 화면의 중앙에 1에서 8사이의 숫자가 하나씩 불규칙하게 나타난다. 나타난 수가 홀수인지 짝수인지를 구분하여 최대한 빨리 피검자는 키보드의 특정키를 누르면 된다. 총 20회의 시도를 하게 되는데 하나의 숫자를 결정하면 다음 숫자가 바로 제시된다. 컴퓨터는 맞게 구분한 경우와 잘못 구분한 경우의 횟수를 기록하고, 각각의 평균 반응시간을 자동적으로 기록한다.

(4) 손가락두드리기

최대한 편안한 위치에서 마침을 알리는 음향과 화면이 나타날 때까지 집게손가락으로 특정키를 가능한 빨리 두드린다. 평상시에 자주 쓰는 손인 우수(dominant hand)와 반대 손인 열수(non-dominant hand)를 교대로 검사하며 각 손에 2회씩 총 4회를 검사하게 된다. 컴퓨터는 각각의 손에 있어서 두드린 횟수의 평균을 기록한다.

(5) 숫자더하기

컴퓨터 화면의 중앙에 세 개의 일련된 숫자가 수평적 더하기 형태(예 : 8+7+5)로 1초동안 나타나면, 피검자는 계산하여 최대한 빨리 키보드의 숫자 키를 누르는 식으로 검사가 진행되면서 총 40회의 더하기 문제가 제시된다. 컴퓨터는 숫자 키를 누를 때까지의 시간을 측정하여 반응시간의 평균과 표준편차 및 맞게 입력한 횟수를 자동적으로 기록하게 된다.

(6) 부호숫자찍기

컴퓨터 화면 상단에 임의로 찍지어진 부호와 그 부호에 상응하는 숫자가 1에서 9까지 무순서적으로 나타나 있고 하단에는 상단과 다른 순서로 배열된 부호와 9개의 빈칸이 나타나게 되며 피검자는 상단과 똑같은 부호에 해당하는 숫자를 키보드의 숫자 키를 이용하여 입력하면 된다. 총 90회의 검사를 실시하게 되고 컴퓨터는 찍기기의 반응시간과 잘못 찍지어진 횟수를 기록하게 된다.

(7) 숫자의우기

컴퓨터 화면 중앙에 숫자가 하나씩 연속적으로 나타나는데 이것을 피검자는 기억해 두었다가 물음표와 빈칸이 나오는 화면이 나타났을 때 키보드의 숫자 키를 사용하여 입력하면 된다. 숫자는 1초동안 보여지고 3개의 숫자에서 시작하며, 피검자가 맞게 입력하면 자동적으로 한자리씩 늘게 되고 틀리면 한자리씩 줄게 된다. 컴퓨터는 피검자가 기억하는 숫자의 갯수를 기록하고 피검자가 어떤 특정 자릿수에서 틀림과 맞힘을 여섯번 이상 반복하게 되면 자동적으로 검사는 중단한다.

5. 자료의 분석

검사 결과는 컴퓨터의 기억장치에 자동적으로 저장되는 동시에 프린터를 통하여 출력됨으로서 바로 피검자에게 결과를 알려줄 수 있게 되고, 저장된 자료는 SPSS (release 7.0)로 평균, 표준편차

와 paired *t*-test, 상관관계 분석으로 에탄올이 신경 행동기능에 미치는 영향에 대한 분석을 실시하였다.

성 적

1. 연구 대상자들의 특성

연구에 참여한 대상자들의 특성은 표 1 과 같다. 평균 연령은 21.3세이고 일주일 동안 39.9그램 이하의 알코올을 섭취하는 사람이 7명, 40그램 이상 199그램 이하의 양을 마시는 사람이 6명, 일주일에 200그램 이상 마시는 사람이 7명이었다. 대상자들의 평소 알코올 섭취량은 '섭취한 알코올의 용량(mg) = 섭취한 알코올의 양(ml) × 그 알코올의 농도(%/100) × 800' (김일순 등, 1993)을 이용하여 표준화하였다. 음주의 빈도는 1-2회/주가 가장 많았고 평소 음주량은 소주 한 병이라는 대상자가 가장 많았다. 흡연군의 비율은 40%, BMI는 20.49이하가 4명, 20.50-23.59이 12명, 23.60이상이 4명이었다.

2. 음주 후의 혈중 알코올 농도

알코올 섭취 후 15분 후의 평균 혈중 알코올농도는 중량 백분율로서 0.11%(111±27mg/dl)였고, 30분에는 0.088%(88±27mg/dl)였으며, 45분과 60분 후에는 각각 0.074%(74±28mg/dl)와 0.056%(56±31mg/dl), 75분과 90분 후에는 각각 0.044%(44±31mg/dl)와 0.042%(42±35mg/dl)이었다.

3. 신경행동학적 검사

알코올 섭취 전과 후에 측정한 신경행동학적 검사결과와 평균, 표준편차는 표 2-1과 표 2-2와 같다. 알코올 섭취 전과 후의 신경행동기능의 변화량은 단순반응시간(반응시간 237.4 : 269 msec, $p < 0.01$), 숫자구분(반응시간 490.4 : 553.9 msec,

$p < 0.01$), 우수의 손가락 두드리기(반응시간 66.7 : 63.3, $p < 0.05$)와 부호숫자짜짓기(반응시간 1958.7 : 2066.6 msec, $p < 0.05$)에서 통계적으로 매우 유의하였다. 단순반응시간에서의 반응시간의 표준편차, 숫자구분의 오류수, 열수의 손가락두드리기, 숫자더하기의 반응시간의 경우 알코올 섭취 전에 비해 후에 기능의 감소가 나타났으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. 그 밖에 색단어구분의 반응시간, 오류수, 숫자더하기의 반응시간에 대한 표준편차, 숫자더하기의 틀린갯수, 부호숫자짜짓기의 반응시간에 대한 표준편차, 부호숫자짜짓기의 틀린갯수와 숫자외우기에서의 기능의 차이는 통계학적 의의가 없었다.

알코올 섭취 전후의 신경행동학적 검사 측정치들과 조사 대상자의 일반적 특성과의 상관관계는 표 3과 표 4와 같다. 알코올 섭취 전후의 신경행

동학적 검사 측정치들의 차이와 조사 대상자의 일반적 특성과의 상관관계는 표 5와 같다. 평소 음주량이 많을수록 단순반응시간, 열수의 손가락두드리기, 부호숫자짜짓기에서는 반응시간이 길어지고, 우수의 손가락두드리기에서 두드린 수가 적어지는 경향을 보였으며 손가락두드리기, 숫자더하기의 반응시간, 반응시간의 표준편차와 틀린갯수는 증가하는 경향을 보였다. 부호숫자짜짓기의 표준편차와 틀린갯수, 숫자의우기에서 알코올 섭취를 많이 하면 할수록 다소 증가하는 경향을 보였고 그 밖의 측정치는 상반된 경향을 보였다.

부호숫자짜짓기의 반응시간에 대한 표준편차는 흡연량과 연관성($p < 0.05$)이 있었고, 흡연량이 많을수록 열수의 손가락두드리기에서 두드린 횟수가 증가하는 경향을 보였으며($p < 0.05$), 부호숫자짜짓기의 반응시간이 감소하는 경향을 보였다.

Table 1. General characteristics of study subjects

Characteristics (n=20)	Number of cases
Age (yrs.)	21.30 ± 1.03
Alcohol (g/week)	
≤ 39.9	7 (35%)
40.0 - 199.9	6 (30)
200.0 +	7 (35)
Smoking	
No	12 (60)
Yes	8 (40)
BMI	
≤ 20.49	4 (20)
20.5 - 23.59	12 (60)
23.6 +	4 (20)

BMI: body mass index (kg/m^2)

Table 2-1. Result of neurobehavioral performance test for study subjects

Test	Parameter	Before drinking		After drinking		Significance
		Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Simple reaction time	Reaction time	237.4	18.9	269.0	44.9	0.003
	S. D.	34.6	20.6	49.9	33.4	0.078
Color word stress	Reaction time	477.1	63.1	486.8	78.6	0.660
	No. of error	0.35	0.58	0.60	0.75	0.262
Digit classification	Reaction time	490.4	70.2	553.9	111.7	0.001
	No. of error	0.60	0.82	0.95	0.94	0.090
Finger tapping speed						
Dominant hand	No. of taps	66.7	7.2	63.3	7.7	0.020
Non-dominant hand	No. of taps	64.9	7.8	62.4	6.8	0.078

Significance is measured by paired t-test.

Unit for reaction time: msec.

Table 2-2. Result of neurobehavioral performance test for study subjects

Test	Parameter	Before drinking		After drinking		Significance
		Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Numerical ability	Reaction time	2474.0	361.9	2577.5	325.3	0.087
	S. D.	507.7	231.9	550.8	208.7	0.490
	No. of incorrect answer	2.00	1.17	2.70	2.00	0.243
Symbol digit	Reaction time	1958.7	252.6	2066.6	211.5	0.017
	S. D.	542.3	197.1	608.6	197.2	0.246
	No. of error	1.35	1.63	1.85	2.46	0.220
Digit span	Length of span	10.65	1.31	10.35	1.57	0.186

Significance is measured by paired t-test.

Unit for reaction time : msec.

Table 3. Correlation matrix of general characteristics and neurobehavioral tests of study subjects before drinking

Test	Parameter	Alcohol ¹⁾	Smoking ²⁾	BMI ³⁾	
Simple reaction time	Reaction time	-0.281	0.029	0.435	
	S. D.	-0.178	0.005	0.281	
Color word stress	Reaction time	-0.138	0.133	-0.183	
	No. of error	-0.159	-0.241	0.193	
Digit classification	Reaction time	-0.203	-0.120	0.272	
	No. of error	-0.048	0.434	0.031	
Finger tapping speed					
	Dominant hand	No. of taps	0.359	0.413	0.117
	Non - dominant hand	No. of taps	0.297	0.471*	0.022
Numerical ability	Reaction time	0.331	-0.032	0.047	
	S. D.	0.450	-0.313	0.008	
	No. of incorrect answer	0.215	-0.231	0.203	
Symbol digit	Reaction time	-0.141	0.450	0.126	
	S. D.	0.078	0.576*	-0.155	
	No. of error	0.091	0.286	-0.172	
Digit span	Length of span	0.262	0.271	0.525	

1) Partial correlation coefficient controlling for smoking and BMI.

2) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and BMI.

3) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and smoking. Unit for reaction time and S. D.: msec.

*: $p < 0.05$.

Table 4. Correlation matrix of general characteristics and neurobehavioral tests of study subjects after drinking

Test	Parameter	Alcohol ¹⁾	Smoking ²⁾	BMI ³⁾	
Simple reaction time	Reaction time	0.083	0.126	-0.316	
	S. D.	-0.019	0.032	-0.171	
Color word stress	Reaction time	-0.176	0.267	0.443	
	No. of error	-0.128	0.178	-0.361	
Digit classification	Reaction time	-0.158	-0.095	-0.068	
	No. of error	-0.051	0.206	-0.146	
Finger tapping speed					
	Dominant hand	No. of taps	0.260	-0.032	0.093
	Non - dominant hand	No. of taps	0.411	0.008	0.198
Numerical ability	Reaction time	0.210	-0.129	0.017	
	S. D.	0.064	-0.178	-0.013	
	No. of incorrect answer	-0.162	-0.097	-0.225	
Symbol digit	Reaction time	-0.133	0.173	-0.218	
	S. D.	0.038	0.392	0.146	
	No. of error	0.131	0.129	-0.139	
Digit span	Length of span	0.130	0.279	0.416	

1) Partial correlation coefficient controlling for smoking and BMI.

2) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and BMI.

3) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and smoking. Unit for reaction time and S. D.: msec.

Table 5. Correlation matrix of general characteristics and difference of neurobehavioral performance of study subjects

Test	Parameter	Alcohol ¹⁾	Smoking ²⁾	BMI ³⁾
Simple reaction time	Reaction time	0.202	0.147	-0.145
Color word stress	Reaction time	-0.065	0.270	0.437
Digit classification	Reaction time	-0.024	-0.019	-0.402
Finger tapping speed				
Dominant hand	No. of taps	-0.085	-0.499*	0.009
Non - dominant hand	No. of taps	0.093	-0.575*	0.211
Numerical ability	Reaction time	-0.230	-0.124	0.019
Symbol digit	Reaction time	0.054	-0.491*	-0.444
Digit span	Length of span	-0.067	-0.100	0.030

1) Partial correlation coefficient controlling for smoking and BMI.

2) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and BMI.

3) Partial correlation coefficient controlling for alcohol and smoking. Unit for reaction time: msec.

* : $p < 0.05$.

고 찰

유기용제에 만성적으로 노출되었을 때 나타나는 중추신경계 장애증상의 기전은 아직 명확하게 밝혀져 있지 않으며, WHO(1985)는 중추신경계장애 증상들이 가역적으로 나타날 때를 기질적 정동성증후군(organic affective syndrome), 자각증상외에 신경행동기능 검사상 객관적인 이상이 나타날 때를 경증 만성중독성뇌증(mild chronic toxic encephalopathy), 그리고 알츠하이머씨병과 유사한 상태까지 진행한 경우를 중증 만성중독성뇌증(severe chronic toxic encephalopathy)으로 분류하고 있다(Baker 등, 1990).

이러한 증상들은 대부분에 있어서 자각증상 혹은 가족, 동료들에 의한 이상의 감지에 의해 나타날 수 밖에 없고, 증상의 정도나 표현에 있어서도 개인간 차이가 크므로 매우 비특이적이라 할 수 있다. 또한 증상들이 상호간에 관련성을 지니므로 몇 가지 증상들을 이용하여 증독의 여부나 정도를 판단하는 것은 매우 어렵다(Singer, 1990). 즉 두통이나 만성피로가 수면장애와 성기능 감퇴 등을 유

도할 수 있고, 이들이 인격이나 정신활동의 장애를 초래할 수 있기 때문이다.

이번 검사에 사용된 SPES는 저농도의 화학 물질에 의한 중추신경장애를 조기에 발견하기 위한 목적으로 스웨덴에서 개발되었고, 여러 연구를 통해 검사의 신뢰도와 타당성이 매우 높은 것으로 증명된 바 있으며(Iregren과 Letz, 1992), 작업장에서 많이 사용되는 톨루엔, 메칠클로로포름, 스티렌, 신나 등의 독성에 관한 실험적 연구와 자동차 공장 도장공과 비행기 연료 취급자, 선박 건축자, 인쇄공 및 망간 취급 근로자 등에 대한 역학적 연구에 이용되었다(정종학 등, 1994; Gamberale 등, 1989).

컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사는 관찰자 편견, 관찰자간 오차 및 관찰자내 오차가 적고 객관적인 측정이 가능하며, 자료의 처리가 효율적이며, 숙달된 검사자에 대한 필요성이 적고, 자극의 형태가 일정하게 유지되며, 얻을 수 있는 측정치의 종류도 측정값의 대표치 및 반응 각각의 측정치 및 잘못 반응한 횟수 등으로 다양하며, 결과의 즉각적인 획득과 해석이 가능한 장점을 가진다.

그러나 컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사는 피검자에게 제시할 수 있는 자극이 시각적 형태에 국한되고, 화면과 키보드를 통한 반응으로 제한되며, 그 반응속도를 측정치로 이용함으로써 그 밖의 표현력이나 통합적인 기능은 측정하기 어렵다는 단점을 가진다(Gamberale 등, 1989; Letz, 1991). 또한 대상자의 컴퓨터에 대한 친숙도에 의해 영향을 받을 수 있다. 정종학 등(1994)의 유기용제 폭로 근로자들을 대상으로한 연구에서 컴퓨터에 대한 친숙도가 컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사에 영향을 미친다고 보고하였고, Gamberale 등(1989)의 연구에서도 컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사의 가장 큰 단점으로 피검자와 컴퓨터와의 낮은 친밀성(poor rapport)을 지적한 바 있으며, Letz(1991)도 컴퓨터에 대한 잠재적 두려움(potential fear)이 검사에 가장 심각하게 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구에서는 검사에 필요한 19개의 키만을 남기고 나머지 키를 제거함으로써 키보드에 대한 친숙도가 검사에 미치는 영향을 최소화하고자 노력하였다.

신경행동학적 검사의 구성은 각 검사항목들의 특성, 즉 기억영역, 지각영역 및 반응속도 등의 운동영역에 관한 검사항목들이 적절히 포함되어 다양한 영역의 평가가 가능해야 하고, 검사항목들의 신뢰성과 정확성 및 인구 집단 내에서 표준화에 관한 고려가 필요하며, 피검자의 검사에 대한 흥미와 동기 및 교육적 배경도 고려하여야 한다(Gamberale 등, 1989). 또한 피검자가 수행하기 쉬운 검사부터 실시함으로써 피검자들의 검사에 대한 동기를 감소시키지 않게 주의하여야 하며 과도한 집중을 요하는 검사를 계속하여 실시하지 않도록 하여야 한다.

본 연구에서는 지각과 반응속도를 평가하는 단순반응시간, 숫자구분, 우수의 두드린 횟수와 부호 숫자 짝짓기에서는 낮은 혈중 알코올 농도에도 불

구하고 알코올 섭취 전에 비해 후의 신경행동학적 기능이 통계적으로도 유의하게 감소하였다($p < 0.02$). 이러한 결과는 사공준과 정종학(1994)의 자동차 페인트 도장공들을 대상으로한 연구 및 박홍진(1996)의 유기용제 취급자들을 대상으로한 연구에서의 결과와 유사하였다. 그러나 사공준과 정종학(1994)의 연구에서 숫자외우기의 경우 폭로군에서 유의하게 감소된 것과 박홍진(1996)의 연구에서 숫자더하기의 경우 유기용제의 만성폭로군에서 반응시간이 대조군에 비해 유의하게 지연된 소견과 달리 숫자더하기, 숫자외우기의 검사 항목에서 알코올 섭취전후에서 유의한 차이가 없었다. 이는 유기용제를 직접 취급하는 산업장의 근로자들에 비해 본 연구 대상자들의 경우 교육수준이 높으므로 이들 검사항목에 대해 쉽게 적응하였기 때문으로 생각된다. 이러한 가정은 Gamberale 등(1989)의 SPES를 이용한 연구에서 교육수준이 높을수록 숫자외우기의 수행기능이 높다는 보고와 일치한다.

연구에 참여한 대학생의 경우 지적능력이 높고 영어에 친숙할 것이라는 가정 하에 국내에서 처음으로 색단어구분을 시행하였다. 알코올 섭취전보다 후에서 반응시간은 길어졌으나 통계적인 유의성이 없었다. 이는 대학생이라 하더라도 한글을 사용하는 대상자들이 검사에 이용되는 영어단어를 순간적으로 판단하는 데 다소 어려웠기 때문으로 생각된다.

여러 연구(정종학 등, 1994; 사공준과 정종학, 1994; Echeverria 등, 1977; Eloffsson 등, 1980; Fidler 등, 1987; Letz, 1991)들은 연령이 신경행동학적 검사에 가장 영향을 미치는 인자로서 연령이 증가함에 따라 대부분의 신경행동학적 기능은 저하되므로 결과의 해석을 할 때는 반드시 연령을 고려해야 한다고 보고하였다. Letz(1991)는 신경행동기능의 변이에 있어서 연령이 5~40%까지 설명한다고 보고하였고, 사공준과 정종학(1994),

Echeverria 등(1977) 및 Fidler 등(1987)도 신경행동학적 검사의 여러 항목에서 반응시간이 연령의 증가에 따라서 지연된다고 보고하였다. 박홍진(1996)의 연구에서도 29세 이하에서는 신경행동기능이 연령에 큰 영향을 받지 않았으나 30세 이상에서는 연령의 증가에 따라 상관관계가 있다고 보고하였다. 이번 연구에서는 20세에서 22세사이로 대상자의 연령이 구성되어 있어서 연령에 따른 영향은 없을 것으로 생각된다.

평소의 음주량이나 흡연량, BMI는 신경행동기능에 미치는 영향이 매우 적었다. 음주량의 경우 사공준과 정중학(1994)의 연구에서도 검사수행기능은 낮았으나 통계적으로 유의하지는 않았으며 정신운동기능이 음주군과 비음주군에서 큰 차이를 보이지 않았다는 Parker와 Noble(1977)의 보고와 일치하였다. 흡연량의 경우 사공준과 정중학(1994)의 보고 결과와 일치하였다.

저농도 유기용제의 만성적 폭로와 유사한 중추신경계 장애 증상을 유발하기 위해서 알코올을 이용하였는데 측정된 알코올농도는 매우 큰 표준편차를 보였다. 이는 알코올 성분이 입안에 남아 있는 정도가 사람에 따라 다르기 때문으로 생각된다. 즉, 음주 후 호기를 이용하여 혈중 알코올의 양을 측정할 때 알코올이 완전히 흡수되기 전에 구강내 알코올 성분이 남아 있는 경우도 있으므로 실제보다 높게 측정될 수 있다. 또한 사용하는 측정기의 정확성이나 민감도와 측정하는 방법에 따른 차이도 있을 것으로 생각된다.

알코올에 의한 중추신경계장애 증상이 나타나는 혈중농도는 사람마다 차이가 있으나 혈중농도 0.15%가 되면 60% 이상이, 0.2% 이상에서는 90%가 언어장애, 보행장애 등을 보이며(홍사덕, 1992), Jetter(1938)는 혈중 알코올의 농도가 0.075~0.125%일 때 약 50%, 0.175~0.225%일 때 100%가 일어났다고 보고하였다. 본 연구에서는 저농도 유

기용제의 만성적 폭로와 유사한 중추신경계 장애 증상을 유발하기 위해서 대상자의 체중 kg당 0.5g의 에탄올을 경구로 섭취하게 하였으나 실제 산업장에서 근로자의 유기용제에 대한 폭로는 지속적, 만성적이므로 본 연구의 급성폭로와 차이가 있다. 특히 유기용제의 만성적 폭로에 따른 중추신경계 기능장애는 9년 정도의 폭로기간이 경과한 후에 발생하며(Elfsson 등, 1980), 근무경력 10년이하인 군에서는 폭로로 인한 신경행동기능의 장애가 뚜렷하게 나타나지 않았다는 보고(Bleeker 등, 1991)로 미루어 알코올의 급성폭로 후 나타난 결과로 만성적 폭로의 영향을 평가하는데 이용하기에는 다소 무리가 있으나 향후 유기용제의 만성효과에 관한 역학적 연구를 위한 신경행동학적 검사항목의 선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 가정을 확인하기 위해서는 유기용제 폭로기간이 다른 집단들을 대상으로 다양한 검사방법을 동시에 적용한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

요 약

유기용제가 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 에탄올을 이용하여 저농도의 유기용제가 신경행동기능에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고 신경행동기능 영역중 에탄올에 민감한 기능영역을 선별하기 위하여 실험연구를 시행하였다.

영남대학교 의과대학 학생중 20명을 대상으로 설문조사 및 신경행동학적 검사를 1996년 8월동안 실시하였다. 대상자의 체중 kg당 100% 알코올 0.5g을 섭취하고 개인용 컴퓨터를 이용하여 단순반응시간, 색단어구분, 숫자구분, 손가락두드리기, 숫자더하기, 부호숫자짜짓기, 숫자의우기를 시행

하였다.

알코올 섭취 전과 후의 신경행동기능의 변화량은 단순반응시간(반응시간 237.4 : 269 msec, $p < 0.01$), 숫자구분(반응시간 490.4 : 553.9 msec, $p < 0.01$), 우수의 손가락두드리기(반응시간 66.7 : 63.3, $p < 0.05$)와 부호숫자짜짓기(반응시간 1958.7 : 2066.6 msec, $p < 0.05$)에서 통계적으로 매우 유의하였다. 평소 음주량이 많을수록 단순반응시간, 열수의 손가락두드리기, 부호숫자짜짓기에서는 반응시간이 길어지고, 우수의 손가락두드리기에서 두드린 수가 적어지는 경향을 보였다. 흡연량이 많을수록 열수의 손가락두드리기에서 두드린 횟수가 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$).

알코올의 급성폭로 후 나타난 결과로 만성적 폭로의 영향을 평가하는데 이용하기에는 다소 무리가 있으나 향후 유기용제의 만성효과에 관한 역학적 연구를 위한 신경행동학적 검사항목의 선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

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

강성규, 정호근, 홍정표, 김기용, 조영숙: 유기용제 폭로 근로자들에 대한 신경행동검사에 관한 연구. 예방의학회지 26(2): 210-221, 1993.

권호장, 조수현, 임현술: 신경행동학적 증상 설문지의 타당도 및 신뢰도에 관한 연구. 대한산업의학회지 7(1): 21-27, 1995.

김일순, 김두희, 김준연, 맹광호, 문옥륜, 서일, 안윤옥, 장세진, 최진수, 홍재용: 건강 통계 자료 수집 및 측정의 표준화 연구. 대한예방의학회, 1993, pp 103 - 120.

박홍진: 유기용제 폭로 근로자에 대한 면접방식과 컴퓨터를 이용한 신경행동학적 검사의 타당도 평가. 박사학위논문, 영남대학교 대학원, 1996, pp 1-43.

사공준, 정종학: 자동차페인트 도장공에 있어서 컴퓨터를 이용한 신경행동검사 수행기능의 평가. 예방의학회지 27(3): 487-504, 1994.

사공준, 정종학, 이학용: 유기용제 폭로 근로자의 신경정신증상과 신경행동학적 검사의 관련성. 대한산업의학회지 9(1): 49-60, 1997.

산업보건협회: 근로자 건강진단연보, 서울, 1994, pp 3-18.

이덕희, 박인근, 김진하, 이용환, 강성규, 김두희: 복합유기용제의 누적 폭로 정도에 따른 신경행동학적 변화. 예방의학회지 28(2): 386-397, 1995.

이세훈, 김형아, 이원철, 장성실, 이경재, 박정일, 정치경: 신경독성 물질에 폭로되지 않은 건강한 남자의 신경행동학적 검사 수행능력. 대한산업의학회지 7(1): 139-152, 1995.

이승훈, 윤능기, 이종영, 서석권: 유기용제 취급자들에게 정신증상. 예방의학회지 25(1): 1-12, 1992.

정종학, 김창운, 사공준: 컴퓨터를 이용한 유기용제 폭로 근로자의 신경행동학적 장애 검사. 대한산업의학회지 6(2): 219-241, 1994.

조수현, 김선민, 권호장, 임용현: 만성유기용제 폭로에 의한 정신신경학적 이상 소견의 현장진단 방법 개발에 관한 연구. 예방의학회지 26(1): 147-163, 1993.

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

홍사석: 이우주의 약리학강의. 3판, 의학문화사, 서울, 1992, pp 265-272.

- A Wallece Hayes: Solvents. Paul H. Ayres, W. David Taylor, Michael J. Olson: Principles and methods of toxicology. 3rd ed, Raven Press Ltd, New York, 1994, pp 361–388.
- Anger WK, Johnson B: Chemicals affecting behavior. In O'Donoghue J : Neurotoxicity of industrial and commercial chemicals Vol 1, CRC Press, Boca Raton, 1985, pp 421–429.
- Arlie-Søborg P: Solvent neurotoxicity. CRC Press, Boca Raton, 1992, pp 1–2.
- Baker E, Feldman RG, French JG: Environmentally related disorders of the nervous system. *Med Clin North Am* 74(2): 325–345, 1990.
- Bleeker ML, Bolla KI, Agnew J, Schwartz BS, Ford DP: Dose-related subclinical neurobehavioral effects of chronic exposure to low levels of organic solvents. *Am J Ind Med* 19: 715–728, 1991.
- Echeverria D, Fine L, Langolf G, Schork T, Sampaio C: Acute behavioral comparisons of toluene and ethanol in human subjects. *Br J Ind Med* 48: 750–761, 1991.
- Elofsson S, Gamberale F, Hindmarsh T, Iregren A, Isaksson A: Exposure to organic solvents—A cross section epidemiologic investigation on occupationally exposed car and industrial spray painter with special reference to the nervous system. *Scand J Work Environ Health* 6: 239–273, 1980.
- Environmental Protection Agency: Core activities of the office of toxic substances(Draft Program Plan), EPA Publication 560/4–76–005, Washington, 1976.
- Fidler A, Baker EL, Letz R: Neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents among construction painters. *Br J Ind Med* 44: 292–308, 1987.
- 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.
- Iregren A, Letz R: Computerized testing in neurobehavioral toxicology. *Applied psychology* 41(3): 247–255, 1992.
- Jetter, W. W.: Studies in alcohol, The diagnosis of acute alcohol intoxication by a correlation of clinical and chemical findings. *Am. J. Med. Scien* 196: 475–480, 1938.
- Joseph LaDou : Occupational medicine. Prentice Hall International Inc, USA, 1990, pp 355–363.
- Landrigan PJ, Kreiss K, Xintaras C, Feldman RG, Heath CW Jr.: Clinical epidemiology of occupational neurotoxic disease. *Neurobehav. Toxicol* 2(1): 43–48, 1980.
- Lee SH, Lee SH: A study on the neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents in Korean worker. *The Korean J Occup Med* 30: 10–15, 1991.
- Letz R: Use of computerized test batteries for quantifying neurobehavioral outcomes. *Environmental Health Perspectives* 90: 195–198, 1991.
- Parker ES, Noble EP. Alcohol consumption and cognitive functioning in social drinkers. *J Stud Alcohol* 38(7): 1224–1232, 1977.
- Singer R: Neurotoxicity guidebook. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990, pp 3–8.
- Singer R: Neurotoxicity guidebook. Van Nostrand

Reinhold, New York, 1990, pp 40–76.

WHO: Nordic Council of Ministers Working Group. Chronic effects of organic solvents on the central nervous system and diagnostic criteria. Geneva, 1985.

WHO: Principles and methods for the assessment of neurotoxicity associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 60, Geneva, 1986.

— Abstract —

Effects of Ethanol on Neurobehavioral Performance

Man Joong Jeon, Joon Sakong, Pock Soo Kang

*Department of Preventive Medicine & Public Health
College of Medicine, Yeungnam University
Taegu, Korea*

Moon Chan Kim, Hak Soo Kim

*Sophomore Grade
College of Medicine, Yeungnam University
Taegu, Korea*

An experimental study was performed to investigate. The subjects drank 0.5g/kg ethanol and performed 7 items of SPES(simple reaction time, color word stress, digit classification, finger tapping speed, numerical ability, symbol digit coding, memory digit span). 20 students of medical college participated in the study during August, 1996.

After ethanol intake, performance of 4 items(simple reaction time, digit classification, finger tapping speed, symbol digit coding) significantly showed to be decreased. The function of perception-response speed and steady movement were found to be more sensitive to ethanol than that of short-term memory, numerical ability and specification of color.

No significant association were found between smoking, alcohol drinking, BMI(body mass index) and the effects of ethanol on neurobehavioral performance.

Kcy Words: Neurobehavioral performance, Ethanol