

검사시간의 경과에 따른 컴퓨터 신경행동검사 수행기능의 변화양상

영남대학교 의과대학 예방의학교실, 고신대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾

정성태 · 전만중¹⁾ · 사공준

— Abstract —

Assessment of Changes in Computerized Neurobehavioral Performance across Multiple Test Sessions

Sung-Tae Chung, Man-Joong Jeon¹⁾, Joon Sakong

*Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Kosin University¹⁾*

Objective: A cross-sectional study was performed to assess changes in computerized neurobehavioral performance across multiple test sessions for developing a valid performance level and reducing test time.

Methods: The study was conducted on 118 male car painters exposed to low-dose, mixed organic solvents. The study controls were 113 unexposed reference workers matched for age and educational year from different sections of the same factory. Each worker completed a medical and occupational exam and questionnaire. Three tests of the Swedish Performance Evaluation System (5 minutes of Simple Reaction Time, 9 sessions of Symbol Digit, and 4 sessions of Finger Tapping Speed) were administered to each group.

Results: The mean age, mean duration of employment, and mean years of education were 33 years, 6.7 years, and 12 years in both groups, respectively.

The mean reaction times of the Simple Reaction Time increased with the lapse of time. The known group difference between the exposed and control groups was larger for the first minute than for the successive 3 minutes. Both groups showed improved performance across the first to the seventh sessions on Symbol Digit. Following the seventh session, the performance levels of Symbol Digit had worsened. The t statistic of the two groups was the largest when the two mean reaction times were calculated from the sessions of the fifth to the seventh. In the dominant and non-dominant hands, the number of taps increased and decreased, respectively, across the sessions on Finger Tapping Speed. The known group difference was the largest when comparing the performances from the first to the second sessions.

Conclusions: For valid interpretation and timesaving in computerized neurobehavioral tests, the following is recommended: one practice and one test session for Simple Reaction Time, four practice and three test sessions for Symbol Digit, and one practice and two test sessions for Finger Tapping Speed.

Key Words: Computerized neurobehavioral performance, Multiple test sessions, Valid performance level, Timesaving

〈접수일: 2007년 4월 13일, 채택일: 2007년 10월 1일〉

교신저자: 사 공 준 (Tel: 053-620-4614) E-mail: jsakong@med.yu.ac.kr

* 이 논문은 2004학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임

서 론

신경행동기능을 경제적인 방법으로 간편하고 정확하게 측정할 수 있는 검사도구의 요구가 증가하면서 컴퓨터를 이용한 신경행동검사에 대한 관심이 커지고 있다. 컴퓨터 신경행동검사는 측정의 정확성, 검사방법의 표준화, 결과의 신속성 및 자료의 보관과 이송의 용이성 등 컴퓨터의 기계적 장점을 활용하여 1980년대 중반부터 개발되기 시작하였으며(Baker et al, 1985) 국내에는 1990년대 초반에 소개되어 산업보건분야에 이용되어 왔다(Chung et al, 1994; Sakong & Chung, 1994; Sakong et al, 1997; Chung et al, 1998; Sakong et al, 2000).

컴퓨터 신경행동검사의 수행과 결과해석에서 가장 보정하기 힘든 요인은 대상자의 컴퓨터에 대한 거부감, 기술(skill) 및 학습능력의 차이와 검사가 진행되면서 유발될 수 있는 피로, 단순한 자극과 반응이 반복되는데 따른 동기 혹은 흥미의 저하 등을 들 수 있다. 이러한 요인들이 컴퓨터 신경행동검사에 미치는 영향은 검사항목에 따라, 대상자의 특성에 따라 다르게 나타나(Benedict & Zgaljardic, 1998; Lowe & Rabbitt, 1998) 컴퓨터 신경행동검사의 타당도를 감소시키는 오차요인이 될 수 있다. 이 요인들의 완전한 통제는 어려우나 오차요인의 크기를 최소화하기 위한 방법으로 특정 검사항목의 타당도가 검사시간이 경과함에 따라 어떤 양상으로 변화하는지를 평가하여 가장 타당도가 높은 시간대의 결과를 근로자 개인의 평가와 집단의 역학적 연구에 이용하면 컴퓨터 신경행동검사의 타당도를 높일 수 있을 것이다. 또한 수용할 만한 타당도를 가지는 최소한의 시간을 검사시간으로 설정한다면 근로자 집단의 선별검사에서 시간적 경제성을 높일 수 있을 것이다.

이 연구는 컴퓨터 신경행동검사에서 검사시간의 경과에 따른 측정치들의 타당도의 변화양상과 타당도에 영향을 미치는 요인들을 평가하고 수용할 만한 타당도가 나타나는 최소한의 검사시간을 제시하여 컴퓨터 신경행동검사의 결과 해석의 정확성을 높이고 검사시간 설정의 기준으로 활용하고자 수행되었다.

대상 및 방법

1. 연구대상

자동차공장 근로자 중 도장공 118명과 대조군 113명, 총 231명을 대상으로 하였다. 유기용제에 노출이 되는 도장공은 자동차공장의 도장부서에서 차체에 분무식 도장 작업을 하는 근로자로 톨루엔, 크실렌, 노말 헥산, 테트라클로로에틸렌, 메틸에틸케톤 및 메틸이소부틸케톤 등에

만성적으로 노출되며, 유기용제에 대한 특수건강진단 대상자이다. 대조군은 사회경제적 상태와 학력수준 및 컴퓨터에 대한 친숙도가 도장공과 유사한 생산직 근로자 중 주조, 단조, 의장, 차체, 프레스 및 품질관리 부서에 근무하는 근로자(소속부서는 주조, 단조 등의 부서이나 실제 업무를 하지 않아 특수검진 대상자가 아닌 근로자)들을 대상으로 하였다. 대조군은 면접을 통하여 작업내용을 조사한 후 유기용제에 비교적 노출되지 않는다고 판단되는 근로자들을 도장공과 연령을 짝짓기 하여 선택하였다. 학력은 도장공과 대조군 모두 고등학교 졸업자들만 하였다. 자동차공장의 경우 여성 근로자의 수는 매우 적으므로 남성 근로자만을 대상으로 하였으며 근로자 중 고혈압, 당뇨병, 청각 및 색각이상, 심한 요통 등 검사에 영향을 미칠 수 있는 신체적 장애를 가진 근로자와 약을 복용하고 있거나 전날 음주를 한 근로자는 제외하였다. 그 외 교통사고 및 안전사고의 경험이 있는 근로자도 제외하였다.

2. 연구방법

도장공과 대조군을 대상으로 연령, 작업부서, 근무년수, 주야간 교대작업 여부, 음주 및 흡연습관을 자기기입식 설문지를 통하여 조사하였고, 신경행동검사를 시행하였다. 신경행동검사는 비교적 조용하고 격리된 공간에서 개인용 컴퓨터(15인치 일반모니터, 데스크탑)와 컴퓨터 신경행동검사 프로그램인 Swedish Performance Evaluation System (SPES) (Gamberale et al, 1989)을 이용하여 단순반응시간(Simple Reaction Time), 부호숫자짜짓기(Symbol Digit), 손가락두드리기(Finger Tapping Speed)를 실시하였다. 키보드의 종류는 키보드 사용에 대한 친숙도의 영향을 감소시키기 위해서 검사에 사용되는 17개의 키(10개의 숫자키, 4개의 화살표키, 양쪽 Ctrl 키 및 스페이스키)만 남겨두고, 나머지는 모두 제거한 단순화시킨 키보드(Jeon et al, 2004)를 사용하였고, 컴퓨터 신경행동검사는 검사에 매우 숙련된 심리검사 전공자가 검사를 실시하였다. 검사방법에 대한 설명을 규격화하기 위해 검사자는 준비된 설명서를 이용하여 화면에 나타나는 자극의 형태와 키보드로 반응하는 방법을 교육하였으며, 피검자의 노출상태를 모르는 상태에서 검사를 시행하였다. 검사도중 검사자가 피검자에게 검사에 임하는 태도를 환기시키기 위해 단순반응시간에서는 검사시간 4분이 경과한 후, 부호숫자짜짓기에서는 7번의 시도 이후, 손가락두드리기에서는 3번의 시도 이후 "검사를 열심히 수행해야 정확한 결과를 얻을 수 있습니다"라고 말하게 하였다. 컴퓨터 신경행동검사의 실시방법과 점수화 과정은 Sakong과 Chung(1994)에서 기술된 바와 같다.

검사가 완료된 후 모든 자료는 컴퓨터 신경행동검사에 경험이 많은 산업의학 전문의가 검토하였고, SPSS (release 12.0) 통계 프로그램을 사용하여 연령, 근무년수에 대한 두 군 간의 비교는 t 검정으로, 주야간 교대작업 여부, 음주 및 흡연습관에 대한 분포의 차이는 X^2 검정으로 하였다. 이 연구는 컴퓨터 신경행동검사에 대한 미숙함, 거부감, 학습효과 등의 개입정도를 관찰하기 위한 목적을 가지므로 반응시간 등이 이상치(outlier)로 분류되더라도 분석에서 제외하지 않았다. 유기용제에 노출되는 도장공과 대조군에서 시간대별 신경행동기능차이 (known group difference)는 시간대별 평균의 차이에 대한 t 통계량(t-statistic)으로 분석하였다. 또한 도장공과 대조군의 각 군에 있어서 반복되는 시간과 시도에 대한 검정은, 개체내 검정, 바로 전 단계 수준과 대비한 개체내 대비 검정 및 개체간 검정을 포함한, 반복측정분산 분석으로 비교하였다.

결 과

도장공과 대조군의 평균연령은 33.0세, 33.1세로 차이

가 없었고 모든 대상자가 고등학교 졸업자로 구성되었으므로 두 군의 교육년수는 12년이였다. 근무년수도 도장공이 6.7년, 대조군이 6.8년으로 유사하였다. 도장공의 78.8%가 교대근무를 하였으나, 대조군은 64.6%가 교대근무를 하였다(p<0.05). 음주습관과 흡연습관은 두 군에서 유의한 차이가 없었다(Table 1).

단순반응시간에서 5분 동안의 평균반응시간은 도장공이 257 ms, 대조군이 245 ms로 도장공이 유의하게 길었으며(p<0.05), 표준편차도 도장공이 47.6 ms로 대조군의 38.8 ms보다 컸다. 부호숫자짜짓기의 9번의 시도 전체의 평균반응시간은 도장공이 3,185 ms로 대조군의 2,980 ms보다 유의하게 길었으며(p<0.01), 잘못짜지은 횟수도 도장공이 1.80회로 대조군의 1.32회보다 많았으나 유의하지는 않았다. 10초 동안 손가락을 두드린 횟수는 우수에서 도장공이 65.6회, 대조군이 66.4회, 열수에서 도장공이 59.1회, 대조군이 59.8회로 도장공과 대조군에서 유의한 차이가 없었다(Table 2).

5분 동안 수행한 단순반응시간을 1분 단위로 나누어 각 분에 수행된 단순반응시간의 평균을 비교하였을 때 처음 1분 동안의 평균반응시간이 도장공에서 252 ms, 대조군

Table 1. General and work related characteristics of car painters and controls

Characteristics	Car painters (n=118)	Controls (n=113)	P value
Age (year)	33.0±4.4	33.1±3.8	NS
Education (year)	12	12	NS
Duration of employment (year)	6.7 ± 3.2	6.8 ± 3.0	NS
Shift work (%)			
No	21.2	35.4	0.016
Yes	78.8	64.6	
Alcohol (%)			
No	26.3	35.4	NS
Yes	73.7	64.6	
Smoking (%)			
None	27.1	28.3	NS
≤ 1 pack/day	33.9	24.8	
> 1 pack/day	39.0	46.9	

The values are expressed as mean ± standard deviation for age, education, and duration of employment.

Table 2. Results of neurobehavioral test for car painters and controls

Neurobehavioral test	Parameter	Car painters (n=118)	Controls (n=113)
Simple reaction time	Reaction time (ms)	257.0±47.6*	245.2±38.8
Symbol digit	Reaction time (ms)	3,185±615 [†]	2,980±570
	No. of error	1.80± 2.4	1.32±1.9
Finger tapping speed	No. of taps/10 sec		
	Dominant hand	65.6 ± 6.1	66.4±6.2
	Nondominant hand	59.1 ± 5.9	59.8±6.0

The values are expressed as mean ± standard deviation and ms means millisecond.

*: p<0.05, [†]: p<0.01 as measured by t test.

에서 237 ms로 가장 큰 차이를 보였고($p < 0.05$), 이후 점차 증가하는 양상을 보였으나 그 크기는 유의하지 않았으며 두 군 간의 차이의 크기도 시간경과에 따라 거의 일정하게 유지되었다. 도장공에 있어서 단순반응시간의 평균반응시간은 검사시간이 경과함에 따라 유의하게 증가하였으며($F = 3.396$, $p = 0.012$), 개체내 대비검정에서 특히 3분과 4분 사이에서 유의하게 증가하였다. 또한 대조군에 있어서 단순반응시간의 평균반응시간도 검사시간이 경과함에 따라 점차 증가하였으며, 1분과 2분 사이 및 3분과 4분 사이에서 각각 유의하게 증가하였다($F = 9.353$,

$p = 0.001$). 단순반응시간의 평균반응시간은 군 간에 있어서 유의하게 변화하였다($F = 4.218$, $p = 0.041$). 각 시간대별 평균반응시간의 표준편차는 검사시간이 경과함에 따라 점차 증가하여 4분에서 가장 크고 이후 감소하는 양상을 보였다. 도장공과 대조군의 평균반응시간의 차이를 t 통계량으로 관찰한 결과 처음 1분대의 통계량이 -2.52로 가장 크고 이후의 시간대에서는 다소 감소한 상태로 유지되었다(Table 3).

부호숫자짜집기의 1번째 시도에서는 도장공과 대조군의 차이가 없었으나 2번째 시도부터는 비교적 일정한 크기의

Table 3. Mean reaction time, standard deviation, and t statistics of simple reaction time over 5 minutes

Parameter	Test time (minute) *					F value	P value
	1	2	3	4	5		
Mean reaction time (ms)							
Car painters	252 [†]	255	253 ¹⁾	262 ¹⁾	262	3.396 [†]	0.012
Controls	237 ²⁾	245 ²⁾	242 ³⁾	250 ³⁾	251	9.353 [†]	0.001
						4.218 [§]	0.041
Mean S.D.							
Car painters	35.3	36.4	37.6	40.4	37.8	1.450 [†]	0.222
Controls	33.1	40.0	35.9	39.1	37.4	2.884 [†]	0.026
						0.998 [§]	0.409
T statistics	-2.52	-1.74	-1.61	-1.88	-1.62		

S.D. means standard deviation and ms means millisecond.

*: one minute has 16 trials.

[†]: $P < 0.05$ as measured by t test between car painters and controls on the same test time.

[†]: F value represents within-subject effect by repeated measures ANOVA.

[§]: F value represents between-subject effect by repeated measures ANOVA.

^{1),2),3)}: there were significant successive difference on the same number.

Table 4. Mean reaction time, standard deviations and t statistics of symbol digit over 9 repeated test sessions

Parameter	Test sessions*									F value	P value
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mean reaction time (ms)											
Car painters	3,422 ¹⁾	3,251 ^{† 1)}	3,098 ²⁾	3,045 ^{† 2)}	3,017 [†]	3,012 [†]	3,077 [†]	2,957 [†]	3,008 [†]	17.533 [§]	0.001
Controls	3,375 ³⁾	3,054 ³⁾	2,924 ⁴⁾	2,857 ⁴⁾	2,798	2,781	2,808	2,781	2,741	10.688 [§]	0.001
										6.287	0.013
Mean S.D.											
Car painters	936	884 [†]	868	845 [†]	791	875 [†]	918 [†]	857	911 [†]	0.726 [§]	0.668
Controls	959	714	722	702	665	661	720	739	717	1.904 [§]	0.067
										6.648	0.011
T statistics	-0.41	-1.97	-1.80	-2.32	-2.82	-3.11	-2.76	-2.33	-3.09		

S.D. means standard deviation and ms means millisecond.

*: each test session has 10 trials.

[†]: $P < 0.05$, [†]: $P < 0.01$ as measured by t test between car painters and controls on the same test time.

[§]: F value represents within-subject effect by repeated measures ANOVA.

^{||}: F value represents between-subject effect by repeated measures ANOVA.

^{1),2),3),4)}: there were significant successive difference on the same number.

평균반응시간의 차이를 보였다. 도장공과 대조군 모두에서 6번째 시도 이후 평균반응시간이 증가하는 양상을 보였으며 검사자의 독려가 개입된 후인 8번째 시도에서 도장공의 평균반응시간은 일시적으로 감소하였으나 대조군의 평균반응시간은 유의한 변화가 없었다. 도장공에 있어서 부호숫자짜짓기의 평균반응시간은 검사시도가 경과함에 따라 유의하게 감소하였으며($F=17.533$, $p=0.001$), 개체내 대비검정에서 특히 1번째 시도와 2번째 시도 사이 및 2번째 시도와 3번째 시도 사이에서 유의하게 감소하였다. 또한 대조군에 있어서도 부호숫자짜짓기의 평균반응시간은 검사시도가 경과함에 따라 유의하게 감소하였으며($F=10.688$, $p=0.001$), 개체내 대비검정에서 1번째와 2번째 시도 사이 및 2번째와 3번째 시도 사이에서 각각 유의하게 감소하였다. 부호숫자짜짓기의 평균반응시간은 군 간에 있어서 유의하게 변화하였다($F=6.287$, $p=0.013$). 시도의 반복에 따른 반응시간의 표준편차 역시 도장공에서는 5번째 시도까지, 대조군에서는 6번째 시도까지 점차 감소하다가 그 이후 증가하기 시작하였고, 도장공에서 8번째 시도에 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 변화가 없었다. 그러나 부호숫자짜짓기의 반응시간의 표준편차는 군 간에 있어서는 유의하게 변화하였다($F=6.648$, $p=0.011$). 도장공과 대조군의 반응시간의 차이에 대한 t 통계량은 6번째 시도에서 가장 컸다(Table 4).

손가락두드리기를 양손 각각 4회씩 수행하였을 때 우수의 경우 1회의 시도보다 2회 이후의 시도에서 1번 정도 두드린 횟수가 증가하였으나 열수는 2회 이후의 시도에서 1회보다 1번 정도 두드린 횟수가 감소하였다. 도장공과 대조군의 두드린 횟수의 차이는 우수와 열수 모두에서 일정하게 유지되는 경향을 보였으나 우수와 열수 모두 시도

의 반복에 따른 유의한 변화는 없었다. 도장공과 대조군의 두드린 횟수의 차이에 대한 t 통계량은 우수가 열수보다 다소 컸으나 시도의 반복에 따른 유의한 변화양상은 없었다(Table 5).

단순반응시간, 부호숫자짜짓기 및 손가락두드리기의 평균반응시간 및 두드린 횟수를 시간대 혹은 시도를 단위로 몇 개의 군으로 분류하여 도장공과 대조군의 t 통계량을 비교했을 때 단순반응시간의 경우 1~5분 전체, 1~2분과 1~3분의 평균반응시간보다 처음 1분 동안의 평균반응시간의 t 통계량이 가장 컸다. 부호숫자짜짓기의 경우 9번의 시도 전체, 1~7번째 시도, 2~6번째 시도, 3~6번째 시도에 비해 5~7번째 시도의 t 통계량이 가장 컸다. 손가락두드리기의 경우 우수에서는 4번의 시도 전체, 2~3번째 시도보다 1~3번째 시도와 1회 시도의 t 통계량이 컸으며, 열수의 경우 4번의 시도 전체, 2~3번째 시도, 1~3번째 시도보다 2번째 시도의 t 통계량이 가장 컸다(Table 6).

고 찰

여러 개의 신경행동검사를 배터리 형태로 구성하여 사용하는 데 수반되는 어려움 중 하나는 검사시간이 많이 소요된다는 것이다. 즉 한 사람을 대상으로 최소 4가지 이상의 신경행동검사를 실시하기 위해서는 검사들에 대한 설명과 검사수행에 필요한 시간을 합하여 적어도 20~30분 정도의 시간이 소요된다. 신경행동검사를 개인에게 실시하는 경우 검사소요 시간은 개인적인 문제로 큰 문제가 되지 않을 수 있으나 정해진 시간 내에 근로자 집단을 대상으로 신경행동검사를 실시하는 경우, 검사 소요시간은 현실적으로 매우 중요하다. 통상적으로 하루에 100여명

Table 5. Mean number of taps for 10 seconds and t statistics of finger tapping speed over 4 repeated test sessions

Parameter	Test sessions*				F value	P value
	1	2	3	4		
Dominant hand						
Car painters	64.6	65.5	65.4	65.6	0.685 [†]	0.563
Controls	65.7	66.5	66.3	66.4	0.342 [†]	0.795
					1.173 [‡]	0.280
T statistics	1.20	1.14	1.03	0.97		
Non dominant hand						
Car painters	60.2	59.0	58.9	59.4	2.075 [†]	0.108
Controls	60.7	59.8	59.6	60.2	0.925 [†]	0.431
					1.204 [‡]	0.274
T statistics	0.65	1.06	0.87	0.93		

*: 10 seconds are given for a test session.

[†]: F value represents within-subject effect by repeated measures ANOVA.

[‡]: F value represents between-subject effect by repeated measures ANOVA.

Table 6. Comparison of mean performance of specific periods or sessions of three computerized neurobehavioral tests in car painters and controls

Neurobehavioral test	Specific periods or sessions	T statistics	
Simple reaction time	1 (min)	-2.52	
	1~2	-2.19	
	1~3	-2.14	
	1~5	-2.06	
	1~7 (session)*	-2.31	
Symbol digit	2~6	-2.55	
	3~6	-2.66	
	5~7	-3.12	
	1~9	-2.63	
	Finger tapping speed	Dominant hand	1 (session)†
1~3			1.25
2~3			1.14
1~4			1.06
2			1.06
Non dominant hand		1~3	0.95
		2~3	0.99
		1~4	0.89

*: one session includes 9 trials of symbol digit substitution.

†: 10 seconds are given for a session.

의 근로자를 대상으로 선별검사를 수행하고 있는 우리나라의 근로자 건강진단 프로그램을 고려할 때 시간적 효율성을 높이는 방법을 고안할 필요가 있다. 검사소요시간을 줄이기 위해 일부 검사를 생략하거나 검사 대상자의 수를 줄이는 방법을 사용한다면 집단검진의 타당성이 감소할 것이다. 따라서 집단검진의 타당성 즉 민감도와 특이도를 최대한 유지하면서 시간적 효율성을 높이는 방법이 필요하다. 타당도를 유지하면서 검사소요시간을 줄이기 위해서는 수용할 만한 타당도가 나타나는 최소한의 시간으로 검사소요시간을 제한하는 방법을 사용할 수 있다.

신경행동검사를 해석할 때 고려하기 어려운 특성은 검사에 대한 대상자의 미숙함, 거부감 혹은 친숙함, 검사가 진행되면서 발생하는 학습효과(learning effects) 혹은 흥미의 감소나 지루함, 운동기능의 반복 검사에서 나타날 수 있는 근육피로 등이다. 이들이 신경행동검사에서 어떤 시점에 어느 정도의 영향을 미치는가는 알 수 없으나 측정치의 안정성(stability)의 변화양상을 관찰함으로써 안정성을 확보할 수 있는 최소한의 검사시간 혹은 시도(session)의 횟수를 정할 수 있다.

컴퓨터 신경행동검사 결과를 시간경과에 따라 관찰한 연구는 Rohlman 등(2000)이 한 바 있으며, Rohlman 등(2000)은 컴퓨터 신경행동검사의 하나인 Behavioral Assessment and Research System을 이용하여 미국 내 여러 인종들에서 컴퓨터 신경행동검사의 변화양상을

비교한 바 있다. 그러나 컴퓨터 신경행동검사의 종류가 다르고 신경행동기능은 인종에 따라 다를 때 (Chung et al, 2003) 이 연구와의 직접적인 비교는 어렵다. 다만 인종에 따라 신경행동검사의 학습효과가 다르게 나타난다는 Rohlman 등(2000)의 보고는 우리나라 근로자를 대상으로 신경행동검사에 영향을 미치는 특성을 평가해야 할 필요성을 뒷받침한다.

이 연구 결과는 2000년도에 이루어진 결과로 이 후 연구자들의 검사시간의 선택 근거로 사용되었으며, 동일한 컴퓨터 신경행동검사 사용자들이 증가함에 따라 사용자들의 검사시간의 선택에 도움을 주기위해 게재되었다.

도장공과 대조군 모두 단순반응시간의 수행방법에 대해서는 미숙함이 없는 것으로 평가되었다. 검사시작 초기에 반응시간이 가장 짧아 검사에 대한 미숙함은 적은 반면 시간이 경과할수록 반응시간이 길어지고 반응시간의 표준편차가 증가하는 것으로 미루어 시도가 반복됨에 따라 학습효과는 거의 나타나지 않고 지루함 혹은 흥미의 감소가 개입됨을 알 수 있다. 이는 키보드 중 동일한 한 개의 키를 사용하여 반응의 유무를 검사하는 단순한 검사는 검사에 대한 미숙함이 적은 반면 검사시간이 경과함에 따라 통제하기 어려운 흥미의 감소, 지루함 등의 요인이 개입될 가능성이 크다는 것을 의미하므로 검사시간을 줄일 필요가 있다. 4분의 검사시간이 경과된 후 검사자가 피검자를 격려한 직후 반응시간의 표준편차가 감소한 것은 이러

한 가정을 뒷받침한다. 도장공과 대조군의 단순반응시간에서의 평균반응시간의 차이에 대한 t 통계량은 1분대의 평균반응시간에서 다른 시간대에 비해 상대적으로 크게 나타나고 반복측정분산분석에서도 대조군에서 1분대와 2분대 사이에 차이가 있는 것으로 보아 근로자 집단을 대상으로 하는 경우 단순반응시간은 연습수행 후 1분의 검사시간이 타당성을 유지하면서 검사시간을 줄일 수 있는 것으로 평가된다.

부호숫자짜짓기에서 첫 시도의 평균반응시간과 표준편차가 도장공과 대조군에서 차이가 없는 것은 유기용제노출의 효과가 컴퓨터 사용 및 컴퓨터 신경행동검사에 대한 미숙함에 가려졌기 때문으로 판단된다. 이는 부호숫자짜짓기의 초기에는 검사에 대한 미숙함 등이 많이 개입되며, 시도의 횟수가 증가함에 따라 학습효과의 개입이 증가한다는 것을 의미한다. 부호숫자짜짓기의 경우 1번의 연습시도 후 5~6번째의 시도에서 검사의 학습효과가 가장 크게 나타나지만 동시에 6~7번째 시도 부근에서 표준편차가 증가한 것은 5번째 시도 이후 검사에 대한 흥미가 감소할 수 있음을 의미한다. 7번째 시도 후 검사자가 피검자를 격려한 직후 도장공에서 반응시간의 표준편차가 감소한 것은 이러한 가정을 뒷받침한다. 도장공과 대조군의 평균반응시간의 차이를 시도별로 평가했을 때 t 통계량은 점차 증가하다가 6번째 시도에서 가장 큰 차이를 보이고 이후 감소하다 격려 후 다시 증가하는 경향을 보인 것, 반복측정분산분석에서 1번째와 2번째 시도 사이와 2번째와 3번째 시도 사이에서 유의하게 반응시간이 감소한 것 및 전체와 일부 시도군(session group)들 중 5~7번째 시도의 평균반응시간에 대한 t 통계량이 가장 크다는 것을 고려할 때 부호숫자짜짓기의 경우 7번 이상의 시도를 실시하여 5~7번째 시도들의 평균반응시간이 검사 전체의 평균반응시간에 포함되는 것이 검사의 타당성을 높일 수 있다.

손가락두드리기의 경우 연습수행 1회 후 4회의 반복에서 우수와 열수의 두드린 횟수는 다른 양상을 보였다. 즉 우수는 1회 시도 후 2회부터 1회보다 두드린 횟수가 증가한 반면 열수는 1회 시도 후 두드린 횟수가 감소하였다. 이러한 현상은 우수의 경우 시도가 반복되면서 두드리는 방법에 숙달되는 반면 열수는 연습을 포함한 두 번의 시도 후 피로에 의해 운동능력이 감소하기 때문으로 추정된다. 우수의 경우 일단 숙달된 후에는 더 이상의 연습효과(practice effect)는 없는 것으로 평가되며 열수에서 횟수가 감소하다가 검사자의 격려 후 다시 증가한 것 역시 학습효과는 없는 반면 피로에 의해 운동능력이 감소하였다가 다시 운동능력을 끌어올리기 때문으로 해석된다. 우수와 열수 모두에서 도장공과 대조군의 두드린 횟수의 차이가 일정하고, 반복측정분산분석에서 시도에 따

른 차이는 없으므로 노출군과 대조군을 비교하는 역학적 연구에 손가락두드리기를 이용하는 경우, 우수의 경우는 어느 정도의 미숙함이 완화된 후인, 두드리기에 숙달된 후의 시도를 포함하고, 열수의 경우는 손가락이 피로하기 전의 시도만을 분석에 포함하는 것이 자료의 타당도를 높일 수 있다. 따라서 손가락두드리기는 연습수행 1회 후, 우수의 경우는 2번째 시도를, 열수의 경우는 1번째 시도를 분석에 이용하거나, 양 손 모두 1번째와 2번째 시도의 평균 두드린 횟수를 분석에 이용하는 것이 타당도를 유지하면서 검사시간을 줄이는 방법이 될 수 있다.

검사를 열심히 수행해 달라는 검사자의 격려가 필요한 시점이 검사마다 다른 것으로 평가되었다. 단순반응시간과 같이 검사가 반복됨에 따라 집중력이 빨리 감소하는 검사에서는 검사자의 격려가 검사 초기에 필요하며, 부호숫자짜짓기와 같이 검사에 대한 집중력이 5회 이상의 시도에서 나타나는 검사에서는 검사 후반부에 검사자의 격려가 필요한 것으로 나타났다. 손가락두드리기에서 우수의 경우 검사자의 격려의 필요성은 적은 반면 열수의 경우 검사 후반부에 검사자의 격려가 필요한 것으로 나타났다. 그러나 모든 검사에서 격려의 효과가 일정할 것으로 가정하기는 어렵고 검사자의 격려를 받아들이는 태도가 노출군과 대조군에서 다를 수 있다는 점과 한 사람의 검사자가 여러 명의 피검자를 동시에 검사할 수 있고, 피검자가 스스로 검사를 수행할 수 있는 컴퓨터 신경행동검사의 장점의 활용을 고려한다면 검사자의 격려가 필요하지 않는, 즉 지루함이나 피로가 나타나기 전까지 검사를 수행하고 미숙함이 많이 나타나는 검사초반부를 제외한 안정성이 높은 자료를 분석에 이용하는 것이 바람직할 것이다.

이 연구는 도장공과 대조군 모두 고등학교 졸업의 학력을 가진 남자 근로자를 대상으로 연령을 짜짓기하여 노출군과 대조군의 시간경과에 따른 반응의 변화양상에 대한 비교성이 매우 크다는 장점이 있는 반면 이 결과의 일반화에 다소 문제가 있을 수 있다. 특히 대상자의 평균연령이 비교적 낮아 이 연구의 결과가 40~50대 이상의 근로자들에게서 재현될 수 있는가에 대한 문제가 남아있다.

이 연구를 통하여 컴퓨터 신경행동검사는 다양한 요인에 의해 반응양상이 변화함을 알 수 있었다. 또한 현재까지 국내에 소개된 컴퓨터 신경행동검사들 중 3가지 검사만을 대상으로 하였으나 산업보건분야에서 신경계 장애의 조기발견에 대한 관심이 점차 증가함에 따라 컴퓨터 신경행동검사의 이용도 증가할 것으로 예상되므로 컴퓨터 신경행동검사의 효율적인 활용을 위하여 이 연구에서 사용된 검사 외 다른 검사들에 대해서도 검사시간의 경과에 따른 타당도의 변화양상에 관한 평가가 필요하다.

요 약

참 고 문 헌

목적: 컴퓨터 신경행동검사에서 검사시간의 경과에 따른 측정치들의 타당도 변화양상과 타당도에 영향을 미치는 요인들을 평가하고 수용할 만한 타당도가 나타나는 최소한의 검사시간을 제시하여 컴퓨터 신경행동검사의 결과 해석의 정확성을 높이고 검사시간 설정의 기준으로 활용하고자 수행되었다.

방법: 자동차공장 근로자 중 혼합 유기용제에 만성적으로 노출되는 도장공 118명과 연령을 짝지은 대조군 113명으로 총 231명을 대상으로 하였다. 대상자 전원은 고등학교졸업의 학력을 가진 남자 근로자였으며, 연령, 작업부서, 근무년수, 주야간 교대작업 여부, 음주 및 흡연 습관을 자기기입식 설문지를 통하여 조사하고 SPES를 이용한 컴퓨터 신경행동검사를 시행하였다. 신경행동검사는 연습수행을 포함하여 단순반응시간 6분, 부호숫자 짝짓기 10회, 손가락두드리기 5회를 수행하였다. 단순반응시간은 1분 단위로, 부호숫자 짝짓기와 손가락두드리기는 수행단위(session)마다의 평균반응시간, 표준편차 및 두드린 횟수에 대한 검사시간의 경과에 따른 변화양상을 관찰하고 t 통계량과 반복측정분산분석을 이용하여 타당도의 변화양상을 관찰하였다.

결과: 단순반응시간은 도장공과 대조군 모두에서 검사에 대한 미숙함은 적은 반면 시도가 반복됨에 따라 학습 효과에 비해 지루함 혹은 흥미의 감소 등의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 도장공과 대조군의 평균반응시간 차이의 타당도는 연습수행 후 1분의 검사시간에서 높았다. 부호숫자 짝짓기의 초기에는 검사에 대한 미숙함 등이 많이 개입되며, 시도의 횟수가 증가함에 따라 학습효과가 개입이 증가하였다. 5~7번째 시도의 평균반응시간에 대한 t 통계량이 가장 컸다. 손가락두드리기의 경우 우수는 학습 효과에 의해 시도가 반복될수록 두드린 횟수가 증가하는 경향이 있었고 열수는 피로에 의해 두드린 횟수가 점차 감소하는 경향이 있었다.

결론: 따라서 단순반응시간은 연습수행 1회 후 1분(1회째)의 검사를 분석에 이용하고, 부호숫자 짝짓기는 검사 시작 후 4번의 시도들을 연습수행으로 하며, 이후 연속적인 3번의 시도에 대한 평균반응시간을 대표값으로 이용하고, 손가락두드리기는 연습수행 1회 후 1, 2번째 시도의 평균 두드린 횟수를 분석에 이용하면 타당도를 높이고 시간을 절약할 수 있을 것이다.

Baker EL, Letz RE, Fidler AT, Shalat S, Plantamura D, Lyndon M. A computer-based neurobehavioral evaluation system for occupational and environmental epidemiology: Methodology and validation studies. *Neurobeh Toxicol Teratol* 1985;7:369-78.

Benedict RH, Zgaljardic DJ. Practice effects during repeated administrations of memory tests with and without alternate forms. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998;20:339-52.

Chung JH, Kim CY, Sakong J. A computer-administered neurobehavioral evaluation of workers exposed to organic solvents. *Korean J Occup Environ Med* 1994;6(2):219-41. (Korean)

Chung JH, Kim CY, Sakong J, Jeon MJ, Park HJ. Development of Korean neurobehavioral test battery. *Korean J Prev Med* 1998;31(4):692-707. (Korean)

Chung JH, Sakong J, Kang PS, Kim CY, Lee KS, Jeon MJ, Sung NJ, Ahn SH, Won KC. Cross-cultural comparison of neurobehavioral performance in Asian workers. *Neurotoxicology* 2003;24:533-40.

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.

Jeon MJ, Kim CY, Chung JH, Lim WT, Sakong J. Effects of familiarity with computer and type of keyboard on computerized neurobehavioral performance tests. *Korean J Occup Environ Med* 2004;16(2):178-90. (Korean)

Lowe C, Rabbitt P. Test/re-test reliability of the CANTAB and ISPOCD neuropsychological batteries: Theoretical and practical issues. *Neuropsychologia* 1998;36:915-23.

Rohlman DS, Bailey ST, Brown M, Blanock M, Anger WK, McCauley L. Establishing stable tests performance in tests from the behavioral assessment and research system (BARS). *Neurotoxicology* 2000;21(5):715-24.

Sakong J, Chung JH. Effect of computerized neurobehavioral test performance of the car painters exposed to organic solvents. *Korean J Prev Med* 1994;27(3):487-504. (Korean)

Sakong J, Chung JH, Lee HY. Interrelation of neuropsychiatric symptom and neurobehavioral test among workers exposed to organic solvents. *Korean J Occup Environ Med* 1997;9(1):49-60. (Korean)

Sakong J, Chung JH, Sung NJ, Lee JJ, Park JT, Kim DS. Assessment of neurobehavioral performance among welders exposed to manganese. *Korean J Occup Environ Med* 2000;12(3):327-37. (Korean)