

Ethylene oxide 폭로 근로자들의 신경행동검사

고신대학교 의학부 예방의학교실, 해부학교실*

박강원 · 김영기 · 변주현 · 김진하 · 이용환 · 김강련*

— Abstract —

Neurobehavioral Tests in Workers Exposed to Ethylene Oxide

Kang Won Park, Young Gi Kim, Ju Hyun Byun, Jin Ha Kim,
Young Hawn Lee, Kang-Ryune Kim*

*Department of Preventive Medicine, Kosin College of Medicine,
Department of Anatomy, Kosin College of Medicine**

Ethylene oxide is widely used to sterilize heat-sensitive materials in hospital. Previous reports for neurotoxic effects of ethylene oxide have been described in animals and humans. To assess the exposure level and neurobehavioral effect of ethylene oxide, a cross-sectional study was performed to 27 nurses from central supply unit at hospital, exposed to ethylene oxide and 32 nurses as reference.

Ethylene oxide was collected with using a personal air sampler and analyzed by gas chromatography for the determination of exposure level, and five items among Neurobehavioral Core Test Battery (NCTB) of World Health Organization, including Digit Span, Benton visual retention, Santa Ana dexterity, Digit Symbol and Simple reaction time, were administered to the exposed and reference group.

The mean exposure level was 0.63 ppm in the exposed group and six subjects were exposed above the level of 1 ppm, which is currently regulated by the Korean Ministry of Labor. The results of neurobehavioral test in the exposed group showed significantly poorer performances in Digit Span forward and backward, Benton visual retention and Simple reaction time, comparing with the reference group. When the exposure level was divided into below and above the level of 1 ppm, there were significant differences in performance on Benton visual retentions, Digit Symbol and Simple reaction time. Also, Digit Span forward and backward showed significantly poorer performances below the level of 1 ppm, compared with reference group. Simple reaction time was still significantly delayed by the exposure level after controlling the confounding factors with multiple regression analysis.

The results suggest that the periodic measurement of ethylene oxide in hospital and health care program is needed.

Key Words : Ethylene oxide, Exposure concentration, NCTB

서 론

Ethylene Oxide(이하EtO)는 ethylene glycol, 폴리에스테르 등의 제조와 heat-sensitive material의 멸균, 특히 병원에서 사용하는 기구의 멸균시 광범위하게 사용되고 있다(LaDou, 1997; Landrigan, 1992). 미국의 경우 대략 12만명의 병원근로자가 EtO에 폭로되고 있으며(Lowenthal, 1994) 우리나라에서도 EtO에 의한 멸균이 일반화되어 있어 멸균시 근로자 역시 EtO에 많이 폭로될 것으로 생각된다.

EtO의 폭로로 인한 발암성, 돌연변이성, 기형성에 대해서는 이미 알려져 왔으며(Landrigan 등, 1984) 급성폭로시 화상, 착란, 발작, 두통 등의 급성 증상이 나타나게 되고(Biro 등, 1974; Gross 등, 1979) 만성적으로 폭로될 때에는 말초신경병, 기억상실, 혈액학적 이상과 염색체의 이상 빈도가 증가한다고 보고된 바 있다(Crystal 등, 1988; Estrin 등, 1987; Finelli 등, 1983). 그러나 적당한 대체물질의 부족으로 아직까지 멸균소독에 많이 사용하고 있어 이로 인한 건강장애의 위험성은 상존하고 있다. (LaMontagne, 1993). 미국 산업안전보건국(OSHA, Occupational Safety Health Administration)과 국립산업안전보건연구원(NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health)은 폭로 허용 한계를 규정하고 이를 넘지않도록 권고하고 있다(LaDou, 1997).

또한, EtO는 여러 가지 신경독성물질의 하나로 폭로시 정서장애, 기억력 감퇴, 협조운동저하, 지각 속도 및 정신운동기능의 저하 같은 중추신경계 및 말초신경계에 급, 만성 신경학적 장애를 유발하는 것으로 알려져 있으며 외국에서는 이에 대한 많은 연구들이 수행되고 있다(Brashear 등, 1996; Crystal 등, 1988; Estrin 등, 1987; Estrin 등, 1990; Klees 등, 1990). 그러나 우리 나라에서는 EtO와 관련된 인체장애에 관한 연구는 많지 않으며, 특히 신경학적 장애에 대한 연구는 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 서상옥(1995)의 연구에 의하면 우리나라 일부 병원에서 EtO의 기증 농도가 노출기준을 초과하는 것으로 보고된 바 있으므로 EtO에 의한 건강영향의 가능성도 높다고 할 수 있다.

최근들어 신경독성물질의 위해도 평가를 위해 간단하게 수행할 수 있는 신경행동검사 도구를 이용한 연구들이 많이 수행되고 있는데 신경행동검사 도구 중 1983년 WHO(World Health Organization)와 NIOSH에 의해서 표준화된 Neurobehavioral Core Test Battery(NCTB)가 많이 사용되고 있다(Anger, 1990). 신경행동검사는 일반적으로 시운동 기능, 주의 집중력, 암기력 등과 같은 인지 기능을 측정하는 여러 가지 도구들로 구성되어 있으며 임상 증상이 나타나기 전의 조기 변화를 찾는 데 매우 유용할 뿐 아니라 비침습성이며 비용이 저렴하고 운반이 용이하다는 장점이 있어 산업장에서 적용 가능성이 매우 높은 것으로 평가되고 있다(Spurgeon, 1996).

본 연구는 병원 중앙공급실에서 의료기구의 멸균시 EtO에 폭로되고 있는 병원근무자를 대상으로 EtO에 대한 폭로정도를 확인하고 신경행동검사를 이용하여 신경행동학적 변화 정도를 파악함으로써 병원내에서 EtO에 폭로되는 근무자들의 건강관리에 관한 기초자료를 제공하고자 시행되었다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

부산시내 소재 4개 병원의 중앙공급실에서 EtO 멸균공정에 종사하는 27명의 간호사 및 간호조무사를 폭로군으로 하고, EtO에 폭로된 경력이 없는 한 개의 준종합 병원에서 근무하는 병동 간호사 32명을 대조군으로 하였다. 연구 대상자는 청각 및 시각에 이상이 없고, 신경계 질환, 정신과적 질환, 두부 외상 등으로 치료를 받은 적이 없으며 만성적으로 약을 복용하지 않는 자로 한정하기로 하고 설문조사에서 이를 확인한 결과 이에 해당하는 근로자는 없었다. 작업공정은 네곳 모든 병원에서 멸균이 끝나고 멸균기계내에서 자동환기시킨 후 물품을 꺼내는 것으로 비교적 단시간 동안에 작업이 이루어지고 있었고 이때 주로 작업을 담당하는 근무자는 각 병원마다 한두 명이었다. 연구대상 병원의 멸균공정 및 멸균기에 대한 일반적인 현황은 Table 1과 같다.

2. 연구방법

1) 설문조사

본 연구에 참여한 모든 대상자의 연령, 교육기간,

Table 1. General status of sterilizing process and ethylene oxide sterilizer

Hospital	No. of workers (Operators)	Type of sterilizer	Amount of EtO gas (kg/month)	Sterilizing time (hr)	Aerating time (hr)	Isolation of sterilizer
A	5(1)	AMSCO(USA)	30	1.45	12	yes
B	2(1)	3M(5X-L, USA)	3	5.45	3	no
C	13(2)	AMSCO(USA)	50	1.45	16	yes
D	7(2)	AMSCO(USA)	50	1.45	12	yes

근무년수, 과거력, 검사 전날의 음주여부, 흡연유무와 검사 전날의 수면시간 등을 검사 전에 직접 면접을 통하여 조사하여 기록하였다.

2) EtO 측정 및 분석

기중 EtO 개인 폭로량은 모든 대상자의 호흡기 위치에서 개인용 시료포집기(Personal Air Sampler, Gilian MFG)로 2주 간격으로 8시간동안 2회 측정하여 그 평균치를 구하였다. 지역 시료는 직접 멸균을 담당하는 주작업자가 근무하는 공간인 주 작업장과 그 이외의 보조작업장에서 개인용 시료포집기(Personal Air Sampler, Gilian MFG)를 사용하여 측정하였고 측정시간은 멸균실 근무자들의 작업시간인 8시간 동안 이었다. 그리고 정량 분석은 시료 채취 후 냉장 보관하여 분석실로 이송한 후 즉시 분석하였다. 분석은 HR-52 column을 사용하여 주입부 온도 200℃, 검출부 온도 230℃, 컬럼 온도 35℃에서 분당 11℃로 100℃까지 승온하여 가스크로마토 그래피(Shimadzu, GC14A)로 분석하였다.

3) 신경행동검사

NCTB는 profile of mood states(POMS), 단순반응시간(Simple reaction time), 숫자암기(Digit Span), Santa Ana dexterity, 숫자부호 짝짓기(Digit Symbol), Benton visual retention, 목적추구성(Persuit aiming)의 7개 항목으로 구성되어 있는데(WHOa, 1986) POMS는 영어로 된 설문지의 표현상의 부적절함때문에, 목적추구성의 경우에는 시간적 제약으로 인해 이 두 항목을 배제시킨 나머지 다섯가지 항목에 대해 시행하였다. 검사는 연구자가 WHO의 시행지침서(1986b)에 따라서 시행하였는데 검사시 항상 표준화된 단어로 구성된 지시만을 사용하도록 하기 위하여 검사자용 지

시문을 만들어 이용하였다. 검사 장소는 외부의 소음이 차단된 각 병원 중앙공급실의 수간호실에서 오후 근무 중에 시행되었으며 1인당 약 40분이 소요되었다.

3. 통계분석

자료분석은 SPSS(for release 6.1)를 사용하여 자료의 특성에 따라 χ^2 -test, t-test, ANOVA, 상관분석하여 유의성을 검정하였고 신경행동검사에 미치는 영향변수를 알아보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다.

연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 2와 같았다. 연구대상자의 평균 연령은 폭로군에서 29.1세였고 대조군에서는 27.2세로 폭로군에서 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 두군 모두 연령이 20대인 경우가 많았다. 근무 기간에 있어서는 폭로군에서 평균 근무 기간이 5.2년, 대조군은 4.2년으로 유의한 차이가 없었으며 A와 D병원의 경우 평균 근무 기간이 5년 이상이었다. 평균 교육 기간은 폭로군에서 14.0년이었으며 대조군이 13.9년으로 유의하지 않았고 대부분에서 대졸이상이었다. 전 대상자에서 흡연은 하지 않았으며 알코올 섭취에 있어서도 거의 하지 않는다고 답하였다.

2. 기중 EtO 폭로 농도

Table 3은 각 병원별로 모든 근무자를 8시간 동안 호흡기 위치에서 측정한 시료의 평균 개인 폭로량과 주 작업장 및 보조작업장에서 측정한 지역 시료의 기중 농도 분석 결과를 나타낸 표이다. 8시간

Table 2. General characteristics of study subjects

	Exposure(n=27)					Reference (n=32)
	Hospital A	Hospital B	Hospital C	Hospital D	Total	
Age(yrs)						
20 - 29	4(80%)	1(50%)	7(53.8%)	5(71.4%)	17(63.0%)	24(75.0%)
> 29	1(20%)	1(50%)	6(46.2%)	2(28.6%)	10(37.0%)	8(25.0%)
Mean±S.D.	27.6±3.4	27.0±5.6	30.0±6.7	29.0±8.0	29.1±6.3	27.2±5.0
Work Duration(yrs)						
< 5	2(40.0%)	1(50.0%)	9(69.2%)	5(71.4%)	17(63.0%)	24(75.0%)
≥ 5	3(60.0%)	1(50.0%)	4(30.8%)	2(28.6%)	10(37.0%)	8(25.0%)
Mean±S.D.	5.3±3.9	4.7±5.7	4.5±4.9	6.7±8.9	5.2±4.5	4.2±2.9
Education(yrs)						
12	1(20%)	1(50%)	4(30.8%)	3(42.9%)	9(33.3%)	11(34.4%)
> 12	4(80%)	1(50%)	9(69.2%)	4(57.1%)	18(66.7%)	21(65.6%)
Mean±S.D.	14.4±1.3	13.5±2.1	14.0±1.4	13.7±1.6	14.0±1.4	13.9±1.4

Table 3. Eight-hour time weighted average concentration of ethylene oxide by personal and area sampling in each hospital

Hospital	Personal sampling	Area sampling	
	8hours	Main	Side
A	1.20±1.21	1.87±0.20	0.51±0.59
B	0.24±0.27	0.07±0.01	0.05±0.02
C	0.14±0.08	0.20±0.04	0.07±0.07
D	1.25±0.83	1.54±0.37	0.44±0.01
Total	0.63±0.82	0.92±0.87	0.24±0.34

Table 4. Distribution of the subjects by personal exposure level in each hospital

Exposure level(ppm)	Hospital				
	A	B	C	D	Total
<= 1	3(60%)	2(100%)	13(100%)	3(43%)	21(78%)
> 1	2(40%)	0(0%)	0(0%)	4(57%)	6(22%)
	5(100%)	2(100%)	13(100%)	7(100%)	27(100%)

동안의 개인 폭로량에 있어서는 A와 D병원의 경우 1.20 ppm, 1.25 ppm으로 우리나라의 노동부(노동부, 1998)와 미국산업위생가협회(ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienist)(ACGIH, 1995)의 노출기준농도인 1 ppm을 초과하였으며 전체 병원의 평균농도는 0.63 ppm이었다. 지역 시료 중 주작업장의

기중농도 측정결과 전체 병원의 평균농도는 0.92 ppm이었으며 A와 D병원이 노출기준을 초과하였고 B와 C 두 병원은 노출기준 이하였다. 보조작업장의 경우 0.05 ppm에서 0.51 ppm의 범위로 4곳 병원 모두에서 노출기준농도 이하였다.

Table 4는 각 병원에서 EtO gas 멸균에 참여하는 근로자의 개인 폭로량을 8시간 노출기준농도(TLV-TWA)인 1 ppm 이상군과 이하군으로 나누어서 관찰한 결과로 A 병원에서는 2명이, D 병원에서는 4명이 노출기준농도를 초과하였으며 A 병원에서는 2명 중 주작업자 1명이 D 병원에서는 주작업자 2명 모두 노출기준을 초과하였다. B와 C 병원은 모두에서 노출기준농도 이하였다.

3. 신경행동검사 결과

숫자암기의 정순과 역순, Benton visual retention, 단순반응시간에서 폭로군과 대조군간 유의한 수행능력의 차이를 보여주었다(Table 5). 숫자암기 정순은 폭로군 7.7, 대조군 10.1이었고 역순의 경우 폭로군 5.3, 대조군 6.2로 폭로군에서 유의하게 낮은 수행 능력을 보여주었다. Benton visual retention에서는 폭로군 8.0, 대조군 8.7로 폭로군에서 수행능력이 낮았으며 유의한 차이를 보였다. 단순반응시간의 경우 폭로군 281.6 msec, 대조군 263.0 msec로 폭로군에서 유의하게 늦은 반응 능력을 보여주었다. Santa Ana dexterity 열수와 숫자부호짝짓기에서는 폭로군이 대조군에 비해 낮은

수행 능력을 보였으며 Santa Ana dexterity 우수의 경우 폭로군에서 높은 수행 능력을 보여주었으나 통계적 유의성은 없었다.

4. 기중 개인 폭로 농도에 따른 신경행동검사 결과

폭로군의 노출기준농도 이상군과 이하군간 신경행동검사 결과치를 비교한 결과 Benton visual retention, 숫자부호짜짓기, 단순반응시간에서 두

Table 5. Results of the neurobehavioral tests in each group

	Exposure(n=27)	Reference(n=32)
Digit Span		
Forward*	7.7±1.7	10.1±1.8
Backward*	5.3±1.2	6.2±0.9
Benton visual retention*	8.0±1.2	8.7±0.8
Santa Ana dexterity		
Preferred	43.2±4.8	42.8±3.8
Nonpreferred	39.2±4.0	41.2±4.4
Digit Symbol	67.2±9.0	71.1±7.9
Simple reaction time		
Mean*	281.6±35.1	263.0±34.2
SD	94.4±96.4	72.2±26.8

*Statistical significance was tested by t-test between the exposure and reference group (p<0.05)

군간에 유의한 수행능력의 차이를 보였다. Benton visual retention과 숫자부호짜짓기에서 노출농도 이상군이 이하군에 비해 유의하게 낮은 수행능력을 보였으며 단순반응시간에서는 노출농도이하군이 유의하게 빠르게 반응하였다. 노출기준농도 이상군과 대조군간 비교시 숫자암기 정순과 역순, Benton visual retention, 숫자부호짜짓기에서 노출농도이상군이 대조군에 비해 유의하게 낮은 수행능력을 보였고 단순반응시간에서도 유의하게 느리게 반응하였다. 노출기준농도 이하군과 대조군의 비교에서는 숫자암기 정순과 역순에서 노출농도이하군이 유의하게 낮은 수행능력을 보였고 Benton visual retention, Santa Ana dexterity 우수와 열수, 숫자부호짜짓기, 단순반응시간에서는 유의한 차이가 없었으나 노출농도이하군이 대조군에 비해 전반적으로 낮은 수행능력을 보였다(Table 6).

5. 각 변수와 신경행동검사 결과와의 상관관계

기중 개인 폭로 농도, 연령, 근무 연수와 신경행동학적 검사 결과들간의 상관분석 결과 숫자부호짜짓기는 폭로 농도(r=-0.547, p<0.05), 연령(r=0.572, p<0.05)과 근무연수(r=-0.681, p<0.05)에서 유의한 음의 상관관계를 보였으나 다중회귀분석 결과 유의한 영향요인은 없었다. 단순반응시간은 폭

Table 6. Results of neurobehavioral tests by exposure level

	TLV>1 ppm(n=6)	TLV<=1 ppm(n=21)	Reference(n=32)
Digit Span			
Forward	6.5±1.6 ^{b)}	8.0±1.6 ^{c)}	10.1±1.8
Backward	4.7±1.0 ^{b)}	5.5±1.2 ^{c)}	6.2±0.9
Benton visual retention	7.2±0.9 ^{a)b)}	8.2±1.1	8.7±0.8
Santa Ana dexterity			
Preferred	41.8±7.7	43.6±3.9	42.8±3.8
Nonpreferred	38.5±5.0	39.3±3.8	41.2±4.4
Digit Symbol	58.3±9.3 ^{a)b)}	69.8±7.3	71.1±7.9
Simple reaction time			
Mean	313.3±19.3 ^{a)b)}	272.5±33.5	263.0±34.2
SD	74.3±44.3	108.7±71.7	72.2±26.8

* Statistical significance was tested by analysis of variance (*p<0.05)

* Below signs were presented when they are significant in multiple comparison

a) : above TLV versus below TLV

b) : above TLV versus reference

c) : below TLV versus reference

Table 7. Correlation coefficients of exposure level, age and work duration on the results of neurobehavioral test

	exposure level(TWA)	Age	work duration
Digit Span			
Forward	-0.278	-0.327	-0.233
Backward	-0.259	-0.363	-0.377
Benton visual retention	-0.287	-0.266	-0.277
Santa Ana dexterity			
Preferred	-0.003	-0.200	-0.282
Nonpreferred	-0.048	-0.039	-0.016
Digit Symbol	-0.547*	-0.572*	-0.681*
Simple reaction time			
Mean	0.469*	0.026	0.282
SD	-0.106	0.003	-0.055

* Statistical significance was tested by correlation analysis($p < 0.05$)

로 농도에서 유의한 양의 상관관계($r=0.469$, $p < 0.05$)를 보여주었으며 다중회귀분석 결과 단순반응시간이 폭로 농도에 영향을 받는 것으로 나타났다 (Table 7).

고 찰

최근들어 신경독성물질에 의한 중추신경계 기능 장애를 조기에 발견할 수 있는 신경행동검사에 대한 관심이 높아지고 있는데 이 검사는 신경계의 기능을 객관적으로 평가하는데 도움을 준다. Hänninen 등 (1976)은 신경독성 증상을 파악하기 위한 신경행동 검사 방법은 비교적 손쉽고 현장에서 바로 적용할 수 있다는 장점이 있으며 민감도가 높아서 선별검사에 유용하게 이용할 수 있다고 하였다. 신경행동 검사에는 매우 다양한 종류의 검사 방법이 있으며 이중 NCTB가 많이 사용되고 있다. 그러나 신경행동 검사를 수행하는데 있어 신경행동검사의 결과를 정확히 해석하고 조사결과에 미치는 혼란 요인을 철저히 배제하여야 하는데 본 연구에서는 연구에 참여한 모든 대상자들을 상대로 개인면담과 세계보건기구 표준방법(WHOB, 1986)에 따라 신경행동검사를 실시함으로써 이러한 혼란요인을 가급적 배제하고자 하였다.

EtO의 신경독성 영향에 대한 많은 연구들이 수행되어 보고되었는데 이러한 영향은 대부분 비교적 고농도에서 보고된 것이며 최근들어 저농도 만성 폭로

로 인한 영향에 대해서도 많은 연구들이 수행되고 있다. Schulte 등(1992)은 대부분의 작업장 EtO 농도는 1ppm이하라고 보고한 바 있다. 국내에서 수행된 EtO의 인체내 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이며 서상옥(1995)에 의해 일부 병원에서 수행된 연구에 의하면 EtO의 기중 농도가 노출기준치를 초과하는 것으로 보고된 바 있다.

본 연구에서 기중 EtO 농도 측정 결과 개인폭로량에 있어 A와 D병원의 경우 8시간 가중 평균치 농도가 1.20 ppm, 1.25 ppm으로 우리나라 노동부와 ACGIH의 노출기준농도를 초과하였고 B와 C병원은 0.24 ppm, 0.14 ppm으로 노출기준농도 이하로 나타났다. 본 연구의 EtO농도 측정 결과는 서상옥(1995)의 연구 결과에 비해 전반적으로 낮은 결과를 보여주었는데 이는 평균 후 자동환기에 의한 영향으로 생각되어진다. 본 연구 대상 병원의 경우 모든 병원에서 평균 후 얼마동안 평균기 내에서 자동환기 후 물품을 꺼내는 것으로 되어 있었는데 서상옥(1995)의 연구에서 수행된 대상 병원의 경우 일부 병원에서만 자동환기의 과정을 거쳤으며, 자동환기의 과정을 거친 병원의 기중 농도 결과는 모두 노출농도 이하로 본 연구의 결과와 비슷했다. 또한 낮은 농도의 결과를 보인 B와 C 두 곳의 병원의 중앙공급실은 신축 후 이전한지 1년이 되지 않아 작업공간의 면적이 넓었고 작업장의 환기시설도 A와 D병원에 비해 비교적 잘 갖추어져 있어서 더 나은 작업환경측정 결과를 나타낸 것으로 보인다.

본 연구에서 나타난 신경행동검사 결과 폭로군의 수행기능이 Santa Ana dexterity우수를 제외한 모든 검사항목에서 대조군에 비해 낮았으며 숫자암기 정순과 역순, Benton visual retention, 단순 반응시간에서는 유의한 차이를 보였다. 이것은 본 연구 대상자들의 비교적 짧은 근무년수(평균 5.2년)와 저농도(평균 폭로농도 0.63 ppm)의 기중 폭로농도 결과를 미루어 볼 때 EtO 폭로근무자에 대한 신경행동기능에 관한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

Brashear 등(1996)은 12명의 병원근무자를 대상으로 수행한 신경행동검사 결과 숫자 암기, Benton visual retention, 단순반응시간등에서 수행능의 저하를 보고했는데 이는 250 ppm 이상의 고농도에서 수행한 결과였다. 반면 저농도 만성폭로에 대한 연구들도 보고되고 있는데 Crystal 등(1988)은 저농도로 10년 정도의 폭로기간을 가진 근무자에서 숫자암기, 집중력에서 수행능의 저하를 보고했으며 Estrin 등(1987)은 대조군과 연령과 성을 짝짓기한 병원근무자를 폭로군으로 신경행동검사를 수행한 결과 시각운동 조정(visuomotor coordination)을 측정하는 Santa Ana dexterity에서 수행능의 차이를 보고한 바 있다. 본 연구에서도 노출기준농도 이하군과 대조군간 비교 결과 숫자암기에서 노출기준농도 이하군이 대조군에 비해 유의한 수행능력의 감소를 보였고 이것은 Crystal 등(1988)과 유사한 결과로 저농도 폭로에서의 신경행동학적 장애에 대한 가능성을 시사하였다.

박강원 등(1997)은 신경행동학적 검사의 시행 시점에 따라 작업 전에 비해 오후 작업 중으로 갈수록 급성 폭로의 영향으로 인해 검사 수행능의 감소를 보고했는데 본 연구의 경우 작업 중인 오후에 신경행동검사를 시행함으로써 급성과 만성폭로의 영향이 혼재되어 나타났을 가능성을 배제할 수 없다.

일반적으로 신경행동검사에 영향을 미치는 것은 연령, 성, 교육정도 등으로 알려져 있는데 본 연구에서는 모든 대상자를 간호사로 선택함으로써 폭로군과 대조군간 신경행동검사 비교시 미치는 영향을 제거하고자 노력하였다. 특히 교육정도에서는 폭로군과 대조군간 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 병원근무자의 직업 특성에 기인한 결과로 생각되어지며 고졸이상의 학력을 가지고 있는 경우 신경행

동검사 결과 학력에 따른 차이는 없는 것으로 보고된 바 있다(강성규 등, 1993).

본 연구에서 폭로수준, 연령, 근무년수와 신경행동학적 검사 결과간의 상관분석결과 숫자부호짜짓기는 폭로수준, 연령, 근무년수에서 유의한 상관관계를 보였으며 단순반응시간과는 폭로수준에서 유의한 상관관계를 보여주었는데 다중회귀분석 결과 폭로수준이 단순반응시간에 대한 영향변수로 작용하고 있었다. 일반적으로 숫자부호짜짓기는 연령의 영향을 가장 많이 받는 검사로 알려져 있으며 Fidler 등(1987)도 숫자부호짜짓기가 연령과 교육수준등에 가장 영향을 많이 받는 검사라고 보고한 바 있으나 본 연구의 경우 연구 대상자 대부분이 20대의 동일 연령층으로 해서 검사 결과에 별 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다.

본 연구는 EtO에 폭로되고 있으나 정기적인 건강평가와 작업환경의 관리가 제대로 이루어지지 못하고 있는 병원근무자를 대상으로 EtO의 폭로정도를 확인하고 이로인한 신경행동학적 영향을 보고자 수행되었는데 기중 EtO의 측정 결과 일부 병원에서 노출농도 이상으로 측정되어 건강영향의 가능성을 보여주었다. 또한 노출기준농도 이하에서도 대조군에 비해 신경행동검사의 일부 항목에서 수행능의 저하를 보여 향후 저농도의 건강영향에 대한 계속적 연구가 진행되어야 할 것이며 아울러 작업환경의 측정을 통한 지속적인 관리와 EtO 폭로 병원 근무자들에 대한 건강관리가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

병원에서 EtO gas 멸균시의 폭로 수준과 신경행동학적검사와의 관련성을 보기위하여 본 연구를 수행하였다. 부산시내 소재 4개 병원의 중앙공급실에서 EtO 멸균공정에 종사하는 27명을 폭로군으로 일반 병동에서 근무하는 32명의 간호사를 대조군으로 하여 수행된 연구 결과는 다음과 같다.

1. 기중 EtO의 개인 폭로량 분석에서 두 개 병원의 경우 평균 개인 폭로농도에서 노동부의 노출기준인 1 ppm을 초과하였고 다른 두 병원의 경우 모두 노출기준치 이하였다.
2. 폭로군과 대조군의 신경행동학적검사 결과 비교시 숫자 암기 정순과 역순, Benton Visual

Retention. 단순반응시간에서 폭로군의 수행 능력이 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

3. 폭로군을 노출기준농도인 1 ppm 이상군과 이하군으로 나누어서 대조군과 신경행동학적 검사결과와 비교하였을 때 노출기준농도 이상군과 대조군간 숫자암기 정순과 역순, Benton Visual Retention, 숫자부호짜짓기, 단순반응시간에서 노출기준농도 이상군의 수행능력이 유의하게 낮았으며($p < 0.05$) 노출기준농도 이하군과 대조군간에는 숫자암기 정순과 역순에서 노출기준농도 이하군의 수행능력이 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$).
4. 폭로수준, 연령, 근무년수와 신경행동학적 검사 결과간의 상관분석결과 숫자부호짜짓기는 폭로수준($r = -0.547$, $p < 0.05$), 연령($r = -0.572$, $p < 0.05$), 근무년수($r = -0.681$, $p < 0.05$)에서 유의한 상관관계를 보였으며 단순반응시간과는 폭로수준($r = 0.469$, $p < 0.05$)에서 유의한 상관관계를 보여주었는데 다중회귀분석 결과 폭로수준이 단순반응시간에 대한 영향변수로 작용하고 있었다.
5. 결론적으로 일부 병원 근무자들이 노동부의 노출기준농도 이상으로 EtO에 폭로되고 있고 신경행동검사에서 대조군에 비해 유의한 차이를 보이고 있다. 또한 노출기준농도 이하로 폭로되는 병원 근무자에서도 일부 신경행동검사에서 수행능력의 감소를 보여 향후 작업환경의 측정을 통한 지속적인 관리가 이루어져야 하고 정기적인 건강평가가 필요할 것으로 판단된다.

인용문헌

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

노동부. 노동부고시 제97-65호 화학물질 및 물리적인자의 노출기준. 노동부, 1998.

박강원, 박인근, 김진하, 배강우, 이덕희, 이용환. 유기용제 폭로 근로자에 있어서 신경행동검사의 시행시점에 관한 연구. 예방의학회지 1997;30:171-179.

서상옥. 일부 종합병원에서의 Ethylene oxide 노출에 관한 연구. 임상간호사회 중앙공급실분야회 1995.

ACGIH. 1995-1996 Threshold Limit Values for

Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH, 1995.

Anger WK. Worksite behavioral research: Results, sensitive methods, test batteries and the transition from laboratory data to human health. Neurotoxicology 1990;11:629-720.

Biro L, Fisher AA, Price E. Ethylene oxide burns: a hospital outbreak involving 19 women. Arch Dermatol 1974;110:924-925.

Brashear A, Unverzagt FW, Farber MO, Bonnin JM, Garcia JGN, Grober E. Ethylene oxide neurotoxicity: a cluster of 12 nurses with peripheral and central nervous system toxicity. Neurology 1996;46:992-998.

Crystal HA, Schaumburg HH, Grober E, Fuld PA, Lipton RB. Cognitive impairment and sensory loss associated with chronic low-level ethylene oxide exposure. Neurology 1988;38:567-569.

Estrin WJ, Cavalieri SA, Wald P, Becker CE, Jones JR, Cone JE. Evidence of neurologic dysfunction related to long-term ethylene oxide exposure. Arch Neurol 1987;44:1283-1286.

Estrin WJ, Bowler RM, Lash A, Becker CE. Neurotoxicological evaluation of hospital sterilizer workers exposed to ethylene oxide. Clin Toxicol 1990;28(1):1-20.

Fidler A, Baker EL, Letz RE. Neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents among construction painter. Br J Ind Med 1987;47:480-484.

Finelli PF, Morgan TF, Yaar I, Granger CV. Ethylene oxide induced polyneuropathy: a clinical and electrophysiologic study. Arch Neurol 1983;40:419-421.

Gross JA, Haas ML, Swift TR. Ethylene oxide neurotoxicity: report of four cases and review of the literature. Neurology 1979;29:978-983.

Hönninen H, Eskelinen L, Husman K, Nurminen M. Behavioral effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. Scand J Work Environ Health 1976:240-255.

Klees JE, Lash A, Bowler RM, Shore M, Becker CE. Neuropsychologic "impairment" in a cohort of hospital workers chronically exposed to ethylene oxide. Clin Toxicol 1990; 28(1):21-28.

LaDou J. Occupational medicine. Stamford: Appleton and Lange, 2nd ed. 1997.

LaMontagne. Utility of the complete blood count in routine medical surveillance for ethylene

- oxide exposure. *AJIM* 1993;24:191~206.
- Landrigan PJ, Meinhardt TJ, Gordon J: Ethylene oxide. An overview of toxicologic and epidemiologic research. *Am J Ind Med* 1984;6:103-115.
- Landrigan PJ. *Environmental and Occupational Medicine* 2nd ed, Boston: Brown and Company, 1992.
- Lowenthal G. *Occupational health programs in clinics and hospital*, 3rd Ed, Zenz C. Mossby: 1994.
- Schulte PA, Boeniger M, Walker JT, Schober SE, Pereira MA, Gulati DK, Wojciechowski JP, Garza A, Froelich R, Strause G, Halperin WE, Herrick R, Griffith J. Biologic markers in hospital workers exposed to low levels of ethylene oxide. *Mutation Research* 1992;278:237~251.
- Spurgeon A. Current approaches to neurobehavioral testing in occupational health. *Occupational and Environmental Medicine* 1996; 53:721-725.
- 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