예방의학회지:제28권 제1호
Korean J. of Preventive Medicine
Vol. 28, No. 4, March 1995

연 폭로근로자의 신경행동학적 변화

박인근 · 이덕희 · 이용환 · 김진하 · 장세한

고신대학교 의학부 예방의학교실

- Abstract -

Neurobehavioral Change on the Lead Exposure Workers

In Geun Park, Duk Hee Lee, Yong Hwan Lee, Jin Ha Kim, She Han Jang

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Kosin University

To evaluate the neurobehavioral effects of blood lead, we performed NCTB (Neurobehavioral Core Test Battery) on 59 men who were exposed to lead occupationally. Performance on the tests was studied in relation to three ranges of blood lead (low, 0<PbB<=20$\mu g/dl$, n=12; medium, 20<PbB<=40$\mu g/dl$, n=34; and high, 40<PbB<=80$\mu g/dl$, n=13). Workers with high and medium blood lead concentrations showed poorer performances on digit span backward, digit symbol and Benton Visual Retention. After adjustment for age and education, high and medium group showed significantly impaired performance on Benton visual retention and slightly impaired performance on digit span backward. But it showed no different performance on tests between high and medium blood lead group.

key words : lead, neurobehavioral change, NCTB

서 론

최근 산업의 발달로 인한 연 폭로의 위험성은 상당한 작업환경개선 노력에도 불구하고 여전히 지속적인 증가 추세에 있으며 이로 인한 직업성 연 중독도 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다(노동부, 1993). 과거 직업성 연 중독은 빈혈, 복부산통, 독성 뇌병증, 말초신경병증 등의 전형적인 임상증상을 나타내는 것으로 잘 알려져 있으나(Rom, 1992) 중추신경계장애에 대한 관심은 최근 들어 증가하고 있다.

중추신경계장애의 경우 고농도의 폭로시는 급·만성으로 명확한 증상이 나타날 수 있으나 80㎍/dl 이하의 혈중 연 농도에서는 대부분의 경우 발견이나 진단이 힘든 경우가 많았다. 따라서 여러 연구자들에 의해 혈중 연 농도가 80㎍/dl 이하인 근로자에서의 중추신경계장애 유발 가능성과 조기 진단에 대한 연구가 진행되었다. 많은 연구자들은 80㎍/dl 이하에서도 이미 중추신경계장애가 초래됨을 보고하였으며(Grandjean 등, 1978; Valciukas 등, 1978; Spivey 등, 1979; Mantere 등, 1982, 1984; Baker 등, 1984, 1985; Williamson 등, 1986; Stollery 등, 1989, 1991), Hogstedt 등(1983)은 평균 혈중 연 농도가 40㎍/dl 정도인 근로자 군에서, Hänninen 등(1978)은 평균 혈중 연 농도가 40㎍/dl 이하인 군에서도 대조군에 비하여 신경 행동 검사의 수행능력이 저하된다고 보고한 바 있다. 즉 성인에게서는 안전하다고 생각되어진 연 중독의 참고치인 40㎍/dl 이하의 혈중 연 농도에서도 중추신경계장애 발생 가능성이 있는 것으로 보여지며 유·소아에 있어서는 20㎍/dl 이하의 저농도에서도 지능저하, 학업부진 등을 유발하는 것으로 알려져 있다(McMichal 등, 1988; Needleman 등, 1990; Hilda 등, 1993).

일반적으로 중금속이나 화학물질에 의한 중추신경계장애는 대부분 쉽게 진단되지 않은 채 영구적인 기능장애를 초래한 다음에 발견되는 경우가 상당히 많아 조기진단의 중요성이 무엇보다 중요한 것으로 생각되고 있다. 따라서 다양한 신경 행동 검사가 조기진단을 목적으로 사용되었으나(Hänninen과 Lindstrom, 1979; Anger, 1990) 최근에는 WHO(World Health Organization)와 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에 의해서 표준화된 신경 행동 검사로써 권장되고 있는 NCTB (Neurobehavioral Core Test Battery)를 이용한 연구들이 점차 증가하고 있다. NCTB는 일반적으로 신경독성이 있는 중금속, 유기용제, 농약, 가스 등을 취급하는 근로자의 위해도 평가와 신경계장애를 조기발견, 예방하기 위하여 작업장 내에서 비교적 짧은 시간에 손쉽게 시행할 수 있는 방법이다 (WHO, 1986).

NCTB는 POMS(profile of mood states), 단순 반응 시간(simple reaction time), 숫자 암기(digit span), Santa Ana Dexterity, 숫자 부호 짝짓기(digit symbol), Benton Visual Retention, 목적 추구성(persuit aiming)의 7항목으로 구성되어 있다.

국내의 경우 유기용제 폭로근로자들을 대상으로 NCTB를 사용한 연구들이 시행된 바 있으나(이승한과 이세훈, 1991; 강성규 등, 1993) 연 폭로근로자들에게는 아직 적용된 바 없다. 이에 본 연구는 혈중 연 농도에 따른 신경행동학적 변화 정도를 알아보기 위하여 NCTB를 이용하여 시행되었다.

대상 및 방법

부산 모공단 내의 자동차 폐 배터리 2차 제련작업 근로자 13명, 우체국의 전람공 24명, 전자회사의 납땜 공정 근로자 22명, 총 59명의 남자근로자를 연구대상자로 선정하였다. 연구대상자는 전원 연 특수검

진을 받는 근로자이며 청각 및 시각에 이상이 없고, 신경계 질환, 정신과적 질환, 두부 외상 등으로 치료받은 적이 없으며 혈중 연 농도가 80㎍/dl 이하인 근로자로 한정하였다.

연 폭로의 생물학적 지표인 혈중 연 농도, 혈중 Zinc Protoporphyrin(이하 ZPP) 농도, 요중의 δ-Aminolevulinic Acid(이하 δ-ALA) 농도를 알기 위하여 연 폭로로부터 최대한의 시간이 경과되었다고 생각되는 근무 시작 전에 혈액과 요를 채취하였으며 혈중 연과 ZPP측정을 위해 2~3㎖는 EDTA(Ethylenediamine Tetraacetic Acid)시험관에 넣어 보관, 그중 일부로 ZPP를 즉시 검사하고 혈중 연은 4℃ 이하로 냉장 보관하여 5일 이내에 분석하였으며, 요는 오염되지 않은 용기에 넣어 4℃ 이하에서 냉장 보관한 후 5일 이내에 δ-ALA를 분석하였다.

NCTB는 7가지 검사 항목 중 청각에 의한 단기기억력을 알기 위한 숫자 암기, 시각인지에 의한 동작속도를 측정하기 위한 숫자 부호 짝짓기, 손동작의 기민함을 측정하는 Santa Ana Dexterity, 시각인지 정도와 단기기억력 측정을 위한 Benton Visual Retention, 운동의 안정성 측정을 위한 목적 추구성 등 5항목을 시행하였으며 POMS는 정확한 형용사 번역상의 어려움으로, 단순 반응 시간은 제한된 검사시간의 이유로 제외하였다. 검사 전에 직접 면접을 통하여 연령, 교육수준, 직업력, 병력, 음주력, 약물 복용력 등을 조사하였으며 NCTB는 의사 1인이 시행하였고 검사 시간은 1인당 약 30분이 소요되었다.

혈중 연 농도는 전혈 0.5㎖와 희석액(1%Triton X-100용액) 2.0㎖를 넣고 이중 10㎕를 graphite를 사용한 원자흡광광도계(Shimadzu, Atomic Absorption Spectrophotometer - AA 680G, Japan)를 이용하여 분석하였으며 혈중 ZPP 농도의 측정은 Portable PROTOFLUOR-Z(Model Helena 2005)를 이용하여 형광스펙트럼 415㎚에서 PROTOFLUOR-Z법(Blumberg 등, 1977)으로 측정하였으며, 요중 δ-ALA배설량은 Tomoguni와 Ogata법(Tomoguni와 Ogata, 1972)으로 UV-Vismicroprocessor Controlled Spectrometer (HITACHI, Japan)를 사용하여 측정했으며 요표본 측정치들의 결과는 모두 비중 1.024로 요보정을 하였다.

자료분석을 위하여 PC-SAS 6.04 프로그램을 사용하였으며 자료의 특성에 따라 Chi-square test, 분산분석(ANOVA), 공분산분석(ANCOVA) 등을 사용하였으며 다중비교는 DUNCAN방법을 이용하였다.

결 과

1) 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자들을 측정된 혈중 연 농도에 따라 0~20㎍/dl는 저농도군, 21~40㎍/dl는 중간농도군, 41~80㎍/dl는 고농도군으로 나누었으며 각 군의 대상자 수는 12명, 34명, 13명이었다.

각 군의 평균 혈중 연 농도는 저농도군 14.9㎍/dl, 중간농도군 28.5㎍/dl, 고농도군 67.1㎍/dl였으며, 혈중 ZPP는 저농도군 33.7㎍/dl, 중간농도군 40.6㎍/dl, 고농도군 183.2㎍/dl였고, 요중 δ-ALA배설량은 저농도군 2.1㎎/ℓ, 중간농도군 2.4㎎/ℓ, 고농도군 8.2㎎/ℓ 였다. 연 취급작업장에서의 평균 근무 기간은 중간농도군이 14.4년으로 가장 길었고 고농도군이 7.2년으로 가장 짧았다. 평균연령은 저농도군 37.8세, 중간농도군 42.9세, 고농도군 44.3세로 통계학적으로 경계선 정도의 유의성을 보였고($p<0.1$), 분포에 있어서는 차이가 없었다. 평균 교육기간은 저농도군 10.8년, 중간농도군 10.3년, 고농도군 9.23년으로 세 군간에 차이는 없었으나, 분포에서 경계선 정도의 유의성을 보였다($p<0.1$). 음주력의 분포는 세 군간에 통계학적으로

Table 1. General characteristics according to blood lead groups

Characteristics	Low(n=12)	Medium(n=34)	High(n=13)
PbB(㎍/dl)			
Mean±SD	14.9±2.4	28.5± 4.3	69.1±10.3
ZPP(㎍/dl)			
Mean±SD	33.7±13.4	40.6±15.4	183.2±66.5
Urinary δ-ALA(㎎/ l)			
Mean±SD	2.1± 0.7	2.4± 0.8	8.2± 4.2
Exposure(years)			
Mean±SD	11.5± 6.1	14.4± 7.3	7.2± 4.3
Age(years)			
20 ~ 39	6(50.0)	11(32.4)	4(30.8)
40 ~ 49	5(41.7)	16(47.1)	6(46.2)
50 ~ 59	1(8.3)	7(20.5)	3(23.0)
Mean±SD*	37.8± 9.0	42.9± 7.3	44.3± 8.3
Education(years)*			
1 ~ 6	1(8.3)	1(2.9)	2(15.4)
7 ~ 9	3(25.0)	17(50.0)	8(61.5)
10 ~ 12	8(66.7)	16(47.1)	3(23.1)
Mean±SD	10.8± 2.0	10.2± 1.9	9.2± 1.9
Alcohol(times/week)			
0	0(0.0)	2(5.9)	4(30.8)
1~2	6(50.0)	17(50.0)	6(46.2)
3 ~	6(50.0)	15(44.1)	3(23.0)

Statistical significance were tested by analysis of variance(ANOVA) or Fisher's exact test
*: P<0.1

유의한 차이는 없었다(표 1).

2) 연구대상자의 신경 행동 검사의 결과

숫자 암기의 역순, 숫자 부호 짝짓기, Benton Visual Retention에서 혈중 연 농도군에 따라 유의한 수행능력의 차이를 보여주었다(표 2). 숫자 암기의 역순은 저농도군 5.3, 중간농도군 4.1, 고농도군 3.7이었고 숫자 부호 짝짓기에서는 저농도군 56.4, 중간농도군 47.2, 고농도군 40.3, Benton Visual Retention에서는 저농도군 9.0, 중간농도군 7.6, 고농도군 7.5로 세 항목 모두에서 고농도군과 중간농도군에서 저농도군에 비하여 유의하게 낮은 수행능력을 보였으며, 고농도군과 중간농도군의 비교에서는 유의한 차이가 없었다. 목적 추구성의 맞춘 개수는 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나 고농도군으로 갈수록 수행 능력이 저하된 양상을 보였다.

3) 연령, 교육기간, 음주와 신경 행동 검사의 결과

연령, 교육기간과 신경 행동 검사와의 상관관계를 조사한 결과는 표 3과 같다. 연령과 유의한 상관관계를 나타낸 검사항목은 숫자 암기 중 역순, Santa Ana Dexterity의 우수, 열수, 숫자 부호 짝짓기, Benton Visual Retention, 목적 추구성의 맞춘 것의 개수였으며 교육기간과 유의한 상관관계를 나타낸 검사 항목은 숫자 암기 중 역순, 숫자 부호 짝짓기, Benton Visual Retention, 목적 추

Table 2. Results of neurobehavioral test according to blood lead groups

Test	Low(n=12)	Medium(n=34)	High(n=13)
Digit span			
Forward	9.9 ± 2.2	9.3 ± 2.6	9.3 ± 2.6
Backward*	5.3 ± 1.5	4.1 ± 1.5#	3.7 ± 1.4ⓐ
Santa ana dexterity			
Preferred	46.6 ± 7.7	42.5 ± 6.7	45.3 ± 4.7
Nonpreferred	43.0 ± 6.2	40.0 ± 5.3	42.8 ± 5.2
Digit symbol*	56.4 ± 9.7	47.2 ± 14.3#	40.3 ± 11.1ⓐ
Benton visual retention*	9.0 ± 0.7	7.6 ± 1.5#	7.5 ± 1.2ⓐ
Persuit aiming			
Correct	178.5 ± 24.7	170.0 ± 35.3	151.6 ± 21.5
Wrong	17.5 ± 8.1	27.6 ± 13.4	29.9 ± 14.6

Statistical significance were tested by analysis of variance(ANOVA)
*: P<0.05
Multiple comparison were tested by Duncan method
#: low-medium ⓐ: low-high

Table 3. Correlation Coefficients between general characteristics and results of neurobehavioral test

Test	Age		Education	
	C.C.*	p-value	C.C*	p-value
Digit span				
Forward	-0.099	0.45	0.034	0.79
Backward	-0.269	0.04	0.377	0.00
Santa ana dexterity				
Preferred hand	-0.501	0.00	0.245	0.06
Nonpreferred hand	-0.460	0.00	0.194	0.14
Digit symbol	-0.532	0.00	0.696	0.00
Benton visual retention	-0.440	0.00	0.445	0.00
Persuit aiming				
Correct	-0.458	0.00	0.585	0.00
Wrong	0.045	0.73	0.103	0.43

*: Pearson's correlation coefficient

구성의 맞춘 개수였다. 음주와는 통계학적으로 유의성을 보인 항목은 없었다. 연령, 교육기간과 상관성이 가장 높은 검사 항목은 숫자 부호 짝짓기로 각각 상관계수 -0.532와 0.699를 보였다.

4) 교란 요인 제거 후의 신경 행동 검사의 결과

혈중 연 농도군에 따라 경계선 정도의 유의성을

Table 4. Results of neurobehavioral test according to blood lead groups adjusted by age and education

Test	F-value	P-value	R^2
Digit span			
Backward			0.23
PbB group	2.78	0.07	
Age	0.10	0.075	
Education	4.91	0.03	
Digit symbol			0.57
PbB group	2.21	0.11	
Age	4.44	0.03	
Education	28.72	0.00	
Benton visual retention			0.34
PbB	3.25	0.04	
Age	2.92	0.09	
Education	6.00	0.02	

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

나타낸 연령과 교육기간의 영향을 보정한 후의 신경행동 검사 결과는 표 4와 같다. Benton Visual Retention에서 여전히 혈중 연 농도군에 따른 유의한 수행능력의 차이를 보였다. 각 항목의 설명력은 숫자 부호 짝짓기에서 57%로 가장 높았으며 Benton Visual Retention이 34%, 숫자 암기의 역순이 23%였다.

고 찰

연은 산업장에서 흔하게 폭로될 수 있는 유해물질 중 하나로 우리나라의 경우 1992년에 연 특수건강진단을 받은 근로자 수는 36,355명, 이중 연 중독으로 판정 받은 수검자 수는 62명으로 전체 직업병 판정 근로자의 1.04%에 해당하였다(노동부,1993).

연을 비롯한 각종 유해물질이 신경독성을 야기함은 비교적 잘 알려져 있다. 특히 연에 의한 신경독성의 경우 과거에는 고농도 폭로시의 신경증상만을 생각하였으나 최근 저농도에서도 중추신경계장애가 초래될 수 있다는 연구 결과가 많이 보고됨으로써 이에 대한 관심이 증가되고 있다. 그러나 현재까지 신경행동이상을 일으킬 수 있는 혈중 연 농도에 관하여는 계속적인 연구가 필요한 것으로 보고 있다.

연 폭로시의 신경 독성 효과는 부분적으로 신경전달물질과 세포막의 변화에 의해 발생하는 것으로 알려져 있는데 특히 GABA성의 기능은 반응시간, 도파민성의 기능은 주의력과 관계가 있으며(Stollery 등, 1989), 콜린성계의 변화가 다양한 기억력 장해를 발생시킨다고 한다(Kopelman, 1986). 그 외에도 신경조직에의 축적작용에 의하여도 장애가 발생한다고 알려져 있다(Baker 등, 1985).

본 연구에서 대상군간에 경계선 정도의 유의성을 보인 혼란변수를 보정한 후에도 Benton Visual Retention에서 중간농도군에서 이미 저농도군에 비하여 통계학적으로 유의하게 낮은 수행능력을 보였으며, 숫자 암기의 역순은 경계선 정도의 유의성을 보였다. 그러나 고농도군과 중간농도군의 비교에서는 유의한 차이를 보인 항목은 없었다.

숫자 암기에서 정순과 역순은 서로 다른 영역을 측정하는 것으로 알려져 있다. 정순의 경우 계속되는 청각집중과 기계적인 암기만을 요구하는데 비하여 역순은 지적인 능력을 요구하게 되며, 따라서 정순은 연령과 경미한 뇌실질 장애에 거의 영향을 받지 않으나, 역순의 경우 상당한 영향을 받게 된다(Lezak, 1983). 본 연구 결과에서도 연령과 교육기

간이 정순에서 거의 연관성을 보이지 않았으나 역순과는 상당히 큰 연관성을 나타내었다. 혈중 연 농도에서는 중간농도군 이상에서 저농도군에 비하여 유의하게 감소하였다. Hänninene 등(1978)은 70μg/dl 이하(평균 32μg/dl)의 혈중 연 농도군에서 역의 상관관계를 Baker 등(1984)은 40~60μg/dl 군에서 그 이하의 농도군에 비해 역순에서 유의하게 저하되었음을 Mantere 등(1984)은 50μg/dl 이하의 농도군에서 대조군에 비하여 유의하게 저하된 검사 결과를 보고하였으나 Parkinson 등(1985)은 평균 혈중 연 농도가 40μg/dl인 군에서 대조군과의 비교에서 유의한 차이가 없음을 보고하였다. 그러나 Hänninene 등(1978), Mantere 등(1984)과 Parkinson 등(1985)의 경우 본 연구와 검사방법에서 다소간의 차이가 있어 직접적인 비교는 힘들 것으로 생각한다.

Santa Ana Dexterity는 1954년에 Fleishman에 의하여 개발된 것으로 손과 팔의 빠른 회전운동을 실행하고 시각 운동 조정(visuomotor coordination)을 유지하는 기능을 측정하는 것이다(Cassitto 등, 1990). 본 연구에서는 혈중 연 농도군에 따른 차이는 보이지 않았으며 Mantere 등(1984)과 Parkinson 등(1985)의 연구에서는 본 연구와 비슷한 결과를 보였으나 Hänninene 등(1978)과 Jeyaratnam 등(1986)은 평균 혈중 연 농도가 각각 32μg/dl, 48μg/dl인 군에서 대조군에 비하여 우수와 열수에서 유의하게 저하된 결과를 보고하였다.

숫자 부호 짝짓기는 시각인지와 운동속도를 측정하는 방법이다(Cassitto 등, 1990). 일반적으로 복잡한 검사일수록 뇌실질 장애에 더욱 민감한 것으로 알려져 있는데, Heaton 등(WHO, 1985)은 인지능력과 지각운동속도를 동시에 측정하는 숫자 부호 짝짓기가 여러 변수들에 의해 영향을 많이 받는다고 보고한 바 있다. Camerino 등(1993)은 연령이 50~60세, 교육기간이 6년 이하인 군에서 숫자 부호 짝짓기의 결과가 가장 낮은 것으로 보고했다. 본 연구 결과에서도 연령과 교육기간에 의해 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 혈중 연 농도군에 따라서는 연령과 교육기간을 보정한 후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. Baker 등(1984)과 Parkinson 등(1985)의 연구에서 본 연구의 결과와 유사하였으며 Jeyaratnam 등(1986)은 혈중 연 농도가 48μg/dl인 군에서 대조군에 비하여 유의하게 저하된 결과를 보고했으나 교육수준에 따른 정확한 분석은 이루어지지 않았다.

Benton Visual Retention은 시각인지에 의한 단기기억력을 측정하는 방법으로(Cassitto 등, 1990) 본 연구에서 연령과 교육기간을 보정한 후에도 중간농도군 이상에서 저농도군에 비해 유의하게 저하된 결과를 나타내었으나 고농도군과 중간농도군의 비교에서는 차이가 없었다. Hänninene 등(1978)은 70μg/dl 이하(평균 32μg/dl)의 혈중 연 농도군에서 Hogstedt 등(1983)은 시간가중 평균 혈중 연 농도가 27~50μg/dl군에서 대조군에 비하여 저하된 수행능력을 보고하였다. 특히 시각인지에 의한 단기기억력은 대부분의 연구에서 일관되게 수행능력의 저하를 보인 항목이다(Williamson 등, 1986; Baker 등, 1984; Stollery 등, 1989).

목적추구성은 시각적인 정확성, 주의집중에 따른 손 운동의 안정성을 측정하는 방법이다. 본 연구에서 연령과 교육기간에서 상당히 큰 상관성이 있었으며, 혈중 연 농도군에 따라 수행능력의 차이는 있었으나 통계학적으로 유의한 정도는 아니었다.

본 연구에서는 중간농도군과 고농도군 사이의 수행능력에는 유의한 차이가 없었다. 이는 연에 만성적으로 폭로되는 근로자의 경우 연의 급성효과에 민감하게 반응하거나 이미 중추신경계장애 증상이 나타난 근로자는 작업부서의 전환이나 산업장을 떠남으로써 중간농도군과 고농도군의 비교에서 건강근로자효과(healthy worker effect)가 나타나 중추신경계에 미치는 연의 효과가 다소 과소평가되었을

가능성이 있다. 이는 고농도군에서 다른 군에 비하여 연령은 적지 않으나 평균 근무 기간이 짧음에서도 유추해 볼 수 있다.

그러나 Hogstedt 등(1983)의 연구에서도 본 결과와 마찬가지로 시간가중 평균 혈중 연 농도에 따라 중간농도군(27~50$\mu g/dl$), 고농도군(50~70$\mu g/dl$)으로 나누고 20$\mu g/dl$ 이하인 대조군과 비교하였을 때 중간농도군과 고농도군에서 대조군에 비하여 낮은 수행능력을 보였으나 중간농도군과 고농도군 사이에는 차이가 없었다. 그들은 이를 연과 신경행동검사 사이에 비직선적인 용량-반응관계의 가능성이 있을 것으로 생각하였다.

신경 행동 검사 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수로서는 연령, 성, 교육기간, 피로도, 음주력, 약물복용, 동기유발 등이 있다(Anger와 Johnson, 1992). 본 연구에서는 전체 조사대상자가 모두 남자로 약물 복용력은 없었고 음주력에 큰 차이는 없었으나 연령, 교육기간은 다소간의 차이를 보여 연령과 교육기간의 차이를 보정하였다. 또한 동기유발의 차이를 배제하기 위하여 연구목적에 관한 동일한 정보가 주어졌다.

본 연구에서는 폭로지표로 1회의 혈중 연 농도만을 사용함으로 정확한 폭로치 측정에 어려움이 있었다. Hänninene 등(1978)은 현재의 혈중 연 농도나 최고 혈중 연 농도보다는 시간가중 평균 혈중 연 농도가 더욱 상관성이 높으므로 현재 혈중 연 농도만으로는 정확한 폭로정도를 측정할 수 없다고 주장한데 반하여 Hogstedt 등(1983)은 현재의 혈중 연 농도나 최고 혈중 연 농도가 시간가중 평균 혈중 연 농도와 상관성이 크므로 폭로지표로 사용 가능함을 주장하였다. Baker 등(1985)은 말초신경장애의 경우 60$\mu g/dl$ 이상의 농도에서 적어도 6개월 이상 경과해야 발생하나 중추신경계장애는 더 낮은 농도에서 짧은 기간 내에 발생하며 만약 연으로 인한 신경독성이 가역적이라면 최근 폭로의 수준이 과거의 폭로 수준보다는 장애에 더욱 중요한 결정 요인이 될 것이라고 주장한 바 있다. 신경행동장애의 가역성에 관하여서는 일반적으로 그 폭로농도에 따라 다를 것으로 생각되는데 Yokoyama 등(1988)은 2년간의 추적조사를 통하여 65$\mu g/dl$ 이하인 군에서의 신경행동장애가 가역적이라는 보고를 한 바도 있다. 따라서 본 연구대상자의 평균 혈중 연 농도가 중간농도군 28.5$\mu g/dl$, 고농도군 69.1$\mu g/dl$임에 미루어 볼 때 신경행동검사의 결과 이상은 가역적일 수 있는 것으로 볼 수 있으며, 따라서 이는 현재 폭로농도의 사용 타당성을 뒷받침한다고 볼 수 있을 것이다.

저농도 폭로에 의해 초래되는 신경행동장애는 대부분 현재의 일상생활에 영향을 미치지 않으며 폭로를 중지하면 가역적일 것으로 보고 있으나(Yokoyama 등, 1988), 계속하여 폭로될 경우 비가역적인 중추신경계장애를 초래할 수 있을 것으로 생각된다. Mantere 등 (1984)은 추적조사를 통하여 시간가중 평균 혈중 연 농도가 14~45$\mu g/dl$의 근로자들에서 1년 후 신경 행동 검사 수행능력의 저하를 보고하였으며 이런 변화가 정신건강이나 작업능력에서 실질적인 중요성은 갖지 않으나 이들이 잘 관리되지 않은 채로 지낼 경우 중추신경계 기능에 더욱 심하고 광범위한 영향이 초래될 수 있을 것이라 주장하였다. 그러므로 저농도 폭로자의 경우에도 신경행동장애를 조기발견 진단하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 1회의 혈중 연 농도만을 사용하였으나 대부분의 근로자가 2년 이상의 폭로력을 가지므로 만성적인 영향도 부분적으로 파악이 가능하다고 여겨지나 대상군의 폭로력 추정에 한계가 있으므로 연의 정확한 만성효과를 파악하는 데에는 어려움이 있다. 그러므로 연 폭로로 인한 중추신경계의 만성효과를 좀더 명확히 알기 위하여는 근로자의 정확한 폭로력과 연 흡수의 통합된 척도들의 추적조사를 통하여 신경 행동 검사의 변화 양상에 대한 평가가 함께 시행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

연 폭로 근로자들의 혈중 연 농도가 신경 행동 검사에 미치는 영향을 알기 위하여 본 연구를 시행하였다. 부산 모공단 내의 연 취급 사업장에 근무하는 남자근로자 59명을 대상군으로 선택하였다. 신경 행동 검사는 WHO(World Health Organization)에서 제안한 NCTB(Neurobehavioral Core Test Battery) 중 5항목을 사용하여 시행하였다.

연구 대상군들은 혈중 연 농도에 따라 저농도군(0〈PbB〈=20$\mu g/dl$, n=12), 중간농도군(20〈PbB〈=40, n=34), 고농도군(40〈PbB〈=80$\mu g/dl$, n=13)으로 분류하였다.

숫자 암기 중 역순, 숫자 부호 짝짓기, Benton Visual Retention에서 고농도군과 중간농도군이 저농도군에 비하여 유의하게 수행능력이 저하되었으며, 연령, 교육기간과 상관성이 가장 큰 항목은 숫자부호 짝짓기였다.

혼란변수인 연령과 교육기간을 보정한 후에도 Benton Visual Retention에서 여전히 고농도군과 중간농도군에서 저농도군에 비하여 유의한 감소를 보였다. 그러나 고농도군과 중간농도군의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보인 항목은 없었다.

신경행동변화와 관련된 연의 영향을 명확히 하기 위해서는 근로자의 취업시부터의 정확한 개인별 폭로력과 혈중 연 농도뿐만 아니라 통합된 연 흡수 척도들의 추적과 함께 신경행동검사가 시행되어야 할 것이다.

참고문헌

강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 폭로근로자들에 대한 신경행동검사에 관한 연구. 예방의학회지 *1993; 26(2): 210-221*

노동부. 1992년 근로자 건강진단 실시 결과 분석, *1993*

이세훈, 이승한. 유기용제 폭로근로자의 신경행동학적 변화에 대한 연구. 산업보건 연구논문집 *1991: 55-63*

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

Anger WK, Johnson BL. *Human behavioral neurotoxicology: workplace and community assessments. in Environmental and Occupational Medicine. 2nd Ed. Rom WN. Little, Brown an Company. 1992. pp573-592*

Baker EL, Feldman RG, White RA, Harley JP, Niles CA, Dinse GE, Berkey CS. *Occupational lead neurotoxcity: a behavioral and electrophysiological evaluation. Study design and year one results. Br J Ind Med 1984; 41: 352-361*

Baker EL, White RF, Pothier LJ, Berkey CS, Dinse GE, Travers PH, Harley JP, Feldmam RG. *Occupational lead neurotoxicity: improvement in behavioural effects after reduction of exposure. Br J Ind Med 1985; 42: 507-516*

Blumberg WE, Eisinger J, Lamola AA, Zuckerman DM. *Zincprotoporphyrin level in blood determined by a portable hematofluorometer: A screening device for lead poisoning. J Lab Clin Med 1977; 89(4): 712-723*

Camerino D, Cassito MG, Gilioli R. *Prevalence of abnormal neurobehavoral scores in populations exposed to different industrial chemicals. Environ Res 1993; 61: 251-257*

Cassitto MG, Camerino D, Hanninen H, Anger WK. *International collaboration to evaluate the WHO neurobehavioral core test battery. in Advances in Neurobehavioral Toxicology:Applications in Environmental and Occupational Health. Johnson BL. Lewis Publishers. 1990. pp203-223*

Grandjean P, Arnvig E, Beckmann J. *Psychological dysfunctions in lead-exposed workers. Scan J Work Environ Health 1978; 4: 295-303*

Hänninen H, Hernberg S, Mantere P, Vesanto R, Jaikanen M. *Psychological performance of subjects with low exposure to lead. J Occup Med 1978; 20: 683-689*

Hänninen H, Lindstrom K. *Neurobehavioral test battery of the institute of occupational health, Helsinki, Institute of Occupational Health. 1979*

Hilda M, Isabelle R, Eduardo P, Thelma MS. *Blood lead level and neurobehavioral development among children living in Mexico City. Arch Environ Health 1993; 48: 132-139*

Hogstedt C, Hane M, Agrell A, Bodin L. *Neuropsychological test results and symptoms among workers with well-defined long term exposure to lead. Br J Ind Med 1983;40:99-105*

Jeyaratnam J, Boey KW, Ong CN, Chia CB, Phoon WO. *Neuropsychological studies on tead workers in Singapore. Br J Ind Med 1986; 43: 626-629*

Kopelman MD. *The cholinergic neurotrasmitter system in human memory and dementia:a review. J Exp Psychol A 1986; 38: 535-573*

Lezak MO. *Neuropsychological Assessment. Oxford University press, New York. 1983*

Mantere P, Hänninen H, Hernberg S. *Subclinical neurotoxic lead effects: two-year follow-up studies with psychological test methods. Neurobehavioral Toxicol Teratol 1982; 4: 725-727*

Mantere P, Hänninen H, Hernberg S, Luukonen RA. *Prospective follow-up study on psychological effects in workers exposed to low levels of lead. Scan J Work Environ Health 1984; 10: 43-50*

McMichael AJ, Baghurst PA, Wigg NR, Vimpani GV, Robertson EF, Roberts RJ. *Port Pirie cohort study:environmental exposure to lead and children's abilites at the age of four years. N Engl J Med 1988; 319: 468-475*

Needleman HL, Gastonis CA. *Low-level lead exposure and the IQ of children: a meta-xx analyses of modern studies. JAMA 1990; 263: 673-678*

Parkinson DK, Ryan CM, Bromet EJ, Connell MM. *A psychiatric epidemiologic study of occupational lead exposure. Am J Epidemiol 1985; 123: 261-269*

Rom WN. *Environmental and occupational medicine, 2nd ed. Boston, Little Brown and Company, 1992. pp742-746*

Spivey GH, Brown CP, Baloh RW, Campion DS, Valentine JL, Massey FJ, Browdy BL, Culver BD. *Subclinical effects of chronic increased lead absorption - a prospective study. I. Study design and analysis of symptoms. J Occup Med 1979; 21: 423-429*

Stollery BT, Banks HA, Broadbent DE, Lee WR. *Cognitive functioning in lead workers. Br JInd Med 1989; 46: 698-707*

Stollery BT, Broadbent DE, Banks HA, Lee WRl. *Short term prospective study of cognitive*

functioning in lead workers. Br J Ind Med 1991; 48: 739-749

Tomoguni K and Ogata M. *Simple method for determination of Urinary -aminolevulinic acid as an index of lead exposure. Clinical Chemistry 1972; 18(12): 1534-1536*

Valciukas J, Lilis R, Eisinger J, Blumberg W, Fischbein A, Selikoff I. *Behavioral indicators of lead neurotoxicity: Results of a clinical field survey. Int Arch Occup Environ Health 1978;41: 217-236*

Williamson AM, Teo RKC. *Neurobehavioral effects of occupational exposure to lead. Br J Ind Med 1986 ; 43: 374-380*

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

WHO. *Operational guide for the WHO neurobehavioral core test battery. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986*

Yokoyama K, Araki S, Aono H. *Reversibility of psychological performance in subclinical absorption. Neurotoxicology 1988; 9: 405-410*