

## Styrene에 노출된 근로자의 요중 phenylglyoxylic acid와 postural body sway의 관련성

아주대학교 의료원 산업의학과

이경종 · 박재범 · 이규원 · 임광진 · 장규엽 · 방철우

— Abstract —

### Relationship between Phenylglyoxylic Acid in Urine and Postural Body Sway in Styrene Exposed Workers

Kyung Jong Lee, Jae Bum Park, Keou Weon Lee  
Kwang Jin Lim, Kyoo Yup Jang, Cheol Woo Bang

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Ajou University Medical Center*

**Objective:** Until now, no effective screening tools have been available for evaluating the neurotoxicity of organic solvents and metals. The aim of this study was to evaluate the usefulness of posturography as a screening tool for the chronic neurotoxicity of organic solvents.

**Method:** 36 workers in 4 septic tank manufacturers, who were exposed to styrene over a period of 1 year (exposed group), and 15 hospital volunteer manual workers were examined by posturography. The subjects' physical, medical, and occupational characteristics were obtained by means of a physical examination and a questionnaire. We excluded from both groups those persons who had psychiatric problems, diabetes, neurologic symptoms, gait disturbance, or a history of stroke. The sway area of the exposed group was compared to that of the non-exposed group using bivariate and multiple regression analysis. We controlled a number of variables including age, alcohol consumption, smoking, weight, height, and body mass index.

**Results:** The sway area of the exposed group was found to be higher than that of the non-exposed group after taking into consideration the effects of other characteristics by means of multiple regression analysis.

**Conclusion:** We concluded the posturography would be an effective tool for the screening of chronic neurotoxicity in workers exposed to styrene.

**Key Words:** Styrene, Posturography, Phenylglyoxylic acid

## 서 론

근로자들에 대한 생물학적 모니터링은 산업보건 및 산업위생 분야에서 연구의 중심 분야 중 하나이다. 그런데 거의 모든 생물학적 모니터링이 작업 환경에 초점이 집중되어 있어 실제로 근로자에게 얼마나 영향을 주었는지에 대한 정보가 부족한 것이 외부 모니터링(external monitoring)의 한계로 지적되고 있다. 그러므로 내부 폭로량(internal dose)에 대한 모니터링의 필요성이 언급되는데 특히 중추신경계에 대한 독성은 회복이 거의 되지 않는 특성으로 인하여 더욱 그 중요성이 강조되고 있다.

많은 유기용제들이 신경계 독성을 가지고 있다. 예를 들면, 톨루엔, 크실렌, 스티렌, 알코올 등에 높은 농도로 급성 또는 만성적으로 폭로되면 중추신경계와 말초신경계가 영향을 받게 된다. 특히 만성적으로 폭로될 때 이들 유기용제는 비가역적으로 중추신경계에 영향을 주게 되어 증상이 발현되기 전에 이들 유기용제의 영향을 찾아내는 것은 중요한 일이다. 그런데 문제는 중추신경계 영향을 증상만으로 조기에 발견하기 어렵다는 점이다. 유기용제에 의한 신경계 증상들은 거의 대부분 비특이적이기 때문에 직업적으로 유기용제에 폭로되는 경우에도 흔히 간과하기 쉽다는 것과 증상이 발견될 시점에는 이미 비가역적 중추신경계 손상이 발생된 경우가 많기 때문이다.

증상이 발생되기 전에 보다 일찍 신경계 손상을 찾는 일과 모니터링으로 사용할 수 있는 방법의 개발은 산업보건 분야에서 대단히 중요한 일이다. 게다가 유기용제에 대한 특수 건강진단의 효과가 거의 없는 현실을 감안하면 더욱 그 필요성이 절실하다. 이러한 방법들은 조기에 신경계 영향을 발견할 수 있어야 함은 물론이고, 비침습적이어야 하며 검사 시간이 짧고, 비용이 적게 들어야 하는 방법이어야 할 것이다.

Posturography는 유기용제로 인한 신경계 독성의 조기진단에 있어서 이러한 조건들을 충족시킬 가능성이 있는 방법으로 평가받고 있다. 비용이 저렴하고, 검사 시간이 1-2 분 이내로 짧게 걸리며, 해석이 쉽고, 비침습적인 방법이다. 그리고 장비가 간단하여 이동성을 갖춘 장비도 개발되어 있다.

Posturography는 작업장 공기를 측정하는 작업환경 모니터링이나 내부 폭로량(internal dose)을 감시하는 생물학적 모니터링이 아닌 건강영향에 대한 모니터링(health effect monitoring)이라는 특징을 가지고 있다. 최근 들어 적지 않은 연구자들이 낮은 농도의 유기용제에 만성적으로 노출되는 근로자에서 신경계 건강 영향 감시를 위하여 posturography의 적용을 시도하고 있다. 특히 Battacharaya 등(1988), Ledin 등(1989), Kuo 등(1996), Smith 등(1997), Yokoyama 등(1997) 많은 연구자들이 인간공학 및 산업 환경보건 분야에서 이 기법을 이용하여 생물학적 모니터링을 시도하였다.

이러한 posturography는 Ledin 등(1989), Moller 등(1989, 1990)이 복합 유기용제에 폭로된 정신신체 증후군(pscho-organic syndrome) 환자와 플라스틱 보트를 생산하는 근로자에서 sway의 증가를 관찰하였다. Kilburn 등(1994)은 polychlorinated biphenyl과 trichloroethylene에 폭로된 근로자에서 비폭로군보다 sway 변수가 증가된 것을 보고하였다. 그러나 한편 Antti-Poika 등(1989)은 복합 유기용제에 폭로된 증상이 없는 근로자에서 body sway가 비폭로군보다 증가한 증거를 찾을 수 없다고 상반된 결과를 보고하여 보다 체계적인 연구와 다양한 집단에 대한 연구의 필요성을 제기하고 있다.

이 연구의 목적은 styrene에의 폭로와 posturography를 통한 body sway와의 관련성을 파악하는데 있다. 구체적으로 이 연구는 우선 styrene의 개인의 내부 폭로량(internal dose), 즉 phenylglyoxylic acid (PGA)와 postural sway 변수들과의 관련성을 검증하는 데 있다. 연구자들은 styrene이라는 유기용제를 선택하였는데, 이 styrene은 중추신경계 독성이 있는 물질이며 산업장에서 단독으로 사용되는 경우가 많아 작업장의 다른 화학물질들의 영향을 배제할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

## 대상 및 방법

### 가. 연구 대상자

정화조를 만드는 5개 작업장에서 1년 이상 styrene을 칠하는 작업에 종사한 남자 근로자 41명에 대하여 조사하였다. 이들 중 정신과 질병, 당뇨

병, 뇌졸중, 신경학적 증상이 있는 자들은 연구에서 배제하였다. 실제로 이들 중 당뇨병이 환자 1명, 뇌졸중 병력이 있는 자 1명, 발가락의 손실이 있어 보행 장애가 있는 1명과 연구 참여를 거부한 사람 2명을 제외한 36명의 남자 근로자들을 폭로군으로 선정하였다. 개인포집기를 이용하여 기중 styrene 폭로량을 평가하였다.

15명의 병원 근로자들, 즉 방사선사, 시설관리자들 중 자원을 통하여 대조군을 선정하였다. 이들은 병원에서 직업적으로 신경 독성 물질에 폭로되지 않는 부서의 근로자들이었다.

#### 나. 연구 방법

##### 1) 설문지

설문지를 통하여 병력, 연령, 음주력, 흡연력, 약물 복용, 커피 음용 등을 조사하였다.

##### 2) 신체 계측

신장과 체중을 측정하였고 이를 토대로 body mass index (BMI)를 구하였다.

##### 3) 공기 중 styrene의 측정

개인 포집기를 이용하여 작업장의 기중 styrene을 포집하였고 Gas chromatography (5890 II, Hewlett-Packard, Wilmington, DE, U.S.A.)로 폭로량을 분석, 평가하였다.

##### 4) 요증 PGA 측정

Styrene의 생물학적 지표로 사용되는 요증 phenylglyoxylic acid(PGA) 농도를 측정하였다. 작업 전 요증 PGA와 작업 후 요증 PGA를 평가하였고 creatinine으로 보정하였다. 폭로의 지표로 사용된 요증 PGA는 작업 후의 요증 PGA에 작업 연수를 곱하여 누적 폭로량으로 환산하여 이용하였다. 폭로군 뿐만 아니라 대조군에서도 요증 PGA를 평가하였다.

##### 5) Posturography 검사

이동성이 있는 posturography(Accusway plus, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, U.S.A.)를 힘판(force platform)으로 이용하였다. 피검자가 힘판에 올라서

고 30초를 가만히 서 있는 정적 자세에서 몸의 중심에서 힘판으로 수직 가상선을 내려 발바닥에서부터 전해지는 center of pressure(COP)의 움직임을 통하여 body sway를 간접적으로 평가한다. 이때 피검자는 말하거나 팔, 머리, 척추 등의 관절은 움직이지 않고 단지 발목 관절만을 이용하여 평형을 유지하도록 요구하였다. 힘판 위에서의 COP의 움직임은 힘판 네 귀퉁이 밑에 있는 감지기(sensor)를 통하여 힘과 모멘트의 변화로서 전기적 신호로 변환되고, 다시 이 신호는 연결된 컴퓨터의 프로그램을 통하여 디지털화 하였다. Sway 변수들은 sway area와 sway length, X축 거리, Y축 거리 등으로 표시하는데 여기서는 일반적으로 많이 사용되는 sway area를 sway 변수로 사용하였다. Body sway가 클수록 sway area는 큰 것으로 평가한다.

Static posturography는 피검자를 30초간 직립 자세로 서 있게 하여 검사하여 얻었으며 COP를 이용하여 네 가지 조건에서 sway area를 구하여 body sway의 변수로서 사용하였다.

- (1) EO : 눈을 뜨고, 맨 바닥의 힘판 위에 올라섬.
- (2) EC : 눈을 감고, 맨 바닥의 힘판 위에 올라섬.
- (3) FO : 눈을 뜨고, 힘판 위에 10 cm 두께의 폼을 올려 놓고 그 위에 올라섬.
- (4) FC : 눈을 감고, 힘판 위에 10 cm 두께의 폼을 올려 놓고 그 위에 올라섬.

각 조건에서 2회씩 검사한 후 이를 평균하여 sway area를 정하였다. 각 검사는 교육효과(trial effect)를 배제하기 위하여 같은 조건에서 2회를 연속적으로 시행하지 않고 1회씩 하고 다시 한번 처음부터 반복하여 sway area를 정하였다. 눈으로부터 얻게 되는 평형의 정보를 왜곡시키기 위하여 눈을 감는 조건을 포함시켰다. 10 cm 높이의 스펀지 foam 위에 올라서는 경우 발에서부터 오는 심부 감각(proprioception)의 왜곡으로 인하여 평형 유지에 어려움을 주기 위한 조건도 포함시켰다. 눈을 감고 foam 위에 서서 몸의 평형을 유지하는 경우 거의 전정 기관에만 의존하여야 하므로 더욱 많은 노력을 들여 평형을 유지하려고 하는데 이러한 경우 보다 body sway가 커 질 것이다. 이러한 변화를 줄 경우 보다 큰 body sway를 유도하여 작은 차이를 크

게 관찰할 수 있는 장점이 있다.

6) 통계 분석

Sway area의 분포는 약간 우측으로 꼬리가 긴 모양의 분포(right skewed distribution)를 보였다. 일차적으로 상관분석을 통하여 각 검사 조건의 sway area와 연령, 누적 알코올 섭취량, 신장, 체중, BMI, 누적 흡연 양(pack-year)의 상관성을 분석하였다(Table 2).

여기서 유의한 관련성이 있는 변수와 일반적으로 posturography 연구에서 sway 변수에 영향을 줄 수 있는 것으로 보고된 변수들을 다변량 후방향 회귀분석(backward regression)을 이용하여 통제하였다. 다변량 회귀분석에서는 각 검사 조건에서 sway area에 영향을 줄 수 있는 styrene 폭로 여부를 이분 변수로 변환하여 독립변수로 사용하였다.

결 과

Styrene에 폭로된 근로자들의 경우 평균 연령은 37.1세였으며 대조군의 평균 연령보다 약 4세가 높았으나 유의한 차이로 관찰되지는 않았다. 다른 일반적 변수들, 예를 들면 체중, 신장, BMI, 음주, 흡연 등도 두 군간에 차이는 없었다. Styrene에 폭로된 직업력은 평균 9.5년으로 관찰되었는데 1년 이상 근무한 근로자들만 폭로군으로 선정한 것을 고려하여야 할 것이다. 공기중 styrene은 평균 6.1

ppm으로 TLV (50 ppm) 수준 이하의 비교적 낮은 농도에 폭로되고 있었고 최고 40 ppm에 폭로되고 있었다(Table 1).

Table 2는 폭로군에서 일반적 특성과 sway area과의 상관분석 결과이다. 연령의 경우만이 FO 조건에서 관련이 있었고 나머지 변수들은 상관분석에서는 sway 변수와 주목할 만한 관련성을 보여주고 있지 않았다. 그런데 table 1에서도 연령은 두 군 사이에 분포에서 유의한 정도는 아니나(p=0.064) 차이가 있어 보여 styrene 폭로여부와 body sway와의 실제 관련성을 왜곡시킬 가능성이 있어서 이를 통제하고 분석할 필요성을 제기하고 있다.

Table 1에 의하면 두 집단에서 sway 변수들의 차이를 비교하는데 영향을 줄 가능성이 있는 변수는 연령을 제외하고는 차이가 없었다. 그리고 실제로 연령의 경우 table 2에서와 같이 연령이 증가할수록 sway가 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 연령과 음주량을 통제한 회귀분석을 실시하였다 (Table 4).

Sway area가 EO 및 EC, FC의 조건에서 폭로군에 따라 차이가 관찰되었다(p<0.05). 또한 FO의 조건에서도 폭로군의 sway area가 어느 정도 높게 관찰되었다고 판단된다(p=0.069). 그런데 table 3에서는 sway area에 영향을 줄 만한 변수들을 통제되지 않았기 때문에 연구자들은 이변량 분석에서 유의한 변수로 판단되는 연령을 통제하고 여기에 음주량, 체중, 신장, BMI를 함께 통제한 다변량 분석을

Table 1. Comparison of some characteristics of the study subjects

Characteristics	mean±standard deviation(range)		
	Exposed group (N=36)	Non-exposed group(N=15)	P
Age	37.1(27~58)	32.5(25~57)	0.064
Height(cm)	171.0±7.1	170.3±7.1	0.752
Weight(kg)	67.6±8.6	66.3±8.7	0.639
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.1±2.4	22.8±2.4	0.732
Cumulative amount of alcohol in take(ml)	3415±4119	3475±3837	0.962
Cumulative smoking amount(pack-year)	11.1±10.5	9.4±10.6	0.617
Weekly drinking amount(ml/week)	214±225	160±168.0	0.575
Styrene conc. in air(ppm)	6.14±9.96(N.D. ~32.3)	Not estimated	
Cumulative urinary PGA(ppm )	1.90±1.93(0.12~8.57)	N.D.	
Duration of styrene exposure(year)	9.5±4.7(1~25)	0.0	

BMI : body mass index, PGA : phenylglyoxylic acid N.D. : Not detected

**Table 2.** Correlation between general characteristics and sway area in the exposed group

Variables	EO	EC	FO	FC
Age	0.085	0.077	0.454*	0.076
Alcohol	-0.099	0.004	0.160	0.122
Height	0.004	0.008	0.020	-0.025
Weight	0.204	0.157	0.036	-0.119
BMI	0.225	0.178	0.020	-0.139
Smoking	-0.278	-0.070	0.092	-0.183

\* P<0.05

EO : Eyes opened on bare platform

EC : Eyes closed on bare platform

FO : Eyes opened on foam

FC : Eyes closed on foam

**Table 3.** Comparison of sway area between exposed group and non-exposed group mean±standard deviation (cm<sup>2</sup>)

Condition	Exposed (N=36)	Non-exposed (N=15)	P <sup>#</sup>
EO	2.000±0.968	1.276±0.308	0.007
EC	3.868±1.616	2.629±1.269	0.000
FO	4.890±1.857	3.076±1.076	0.069
FC	11.821±2.914	15.403±5.941	0.006

<sup>#</sup> : by Mann-Whitney U test

EO : Eyes opened on bare platform

EC : Eyes closed on bare platform

FO : Eyes opened on foam

FC : Eyes closed on foam

**Table 4.** Result of backward multiple regression analysis for the effect of styrene exposure to sway area (N=51)

Conditions and Variables	beta	p-values of beta	F	p	AdjR <sup>2</sup>
Area_EO			5.133	0.004	0.199
exp. group	0.317	0.021			
age	0.342	0.063			
pack-year	-0.448	0.013			
Area_EC			6.987	0.011	
exp. group	0.353	0.011			0.107
Area_FO			11.804	0.000	0.393
exp. group	0.301	0.012			
age	0.664	0.000			
pack-year	-0.350	0.025			
Area_FC			4.915	0.031	0.073
exp. group	0.302	0.031			

EO : Eyes opened on bare platform EC : Eyes closed on bare platform

FO : Eyes opened on foam

FC : Eyes closed on foam

exp. group : non-exposed group=0, exposed group=1

pack-year : cumulative smoking amount

통하여 순수한 styrene 폭로가 sway에 영향을 주는 지를 파악하고자 하였다(Table 4). 그 결과 연령과 음주, 체중, 신장, BMI 등을 통제 한 후에도 styrene의 폭로 여부인 exp. group이 EO, EC, FO, FC의 모든 조건에서 sway area에 영향을 주는 요인임을 확인할 수 있었다. Styrene에의 폭로 여부 외에 관련이 있는 변수로는 EO와 FO 조건의 경우에서 연령과 누적 흡연량만이 선정되었다.

## 고 찰

Posturography는 과거에 의사들이 환자를 진단할 때 사용하던 Romberg test를 정량화한 것으로 생각할 수 있다. 인간은 몸에 비하여 작은 두 발로 몸의 균형을 유지하는데 몸의 균형을 유지하는 것은 적지 않은 노력이 필요한 일이다. 따라서 우리는 가

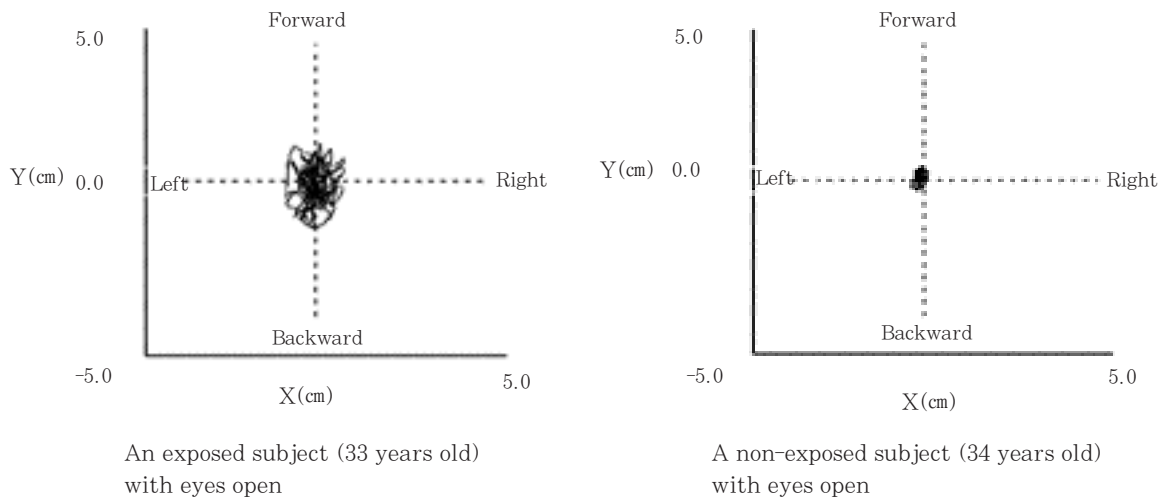


Fig. 1. Posturographic findings of two workers by exposure group

만히 서 있으려고 하여도 끊임없이 몸이 흔들리게 된다. 이것은 우리 몸이 눈, 귀에 있는 전정기관, 발에서부터 오는 감각과 이에 따른 소뇌 및 대뇌 피질을 통하여 계속 우리의 자세를 바로 교정하고 있기 때문이다. Posturography는 이러한 몸의 동요(body sway)의 정도를 전기적 신호로 잡아내어 컴퓨터로 정량화하고 형상화하는 작업인데, 이해를 돕기 위하여 styrene에 폭로된 근로자 한 명과 대조군 한 명의 예를 제시하였다(Fig.1).

대개의 posturography 연구들(Ledin 등, 1989; Moller 등, 1990; Kuo 등, 1996; Smith 등, 1997)이 유기용제 등 화학물질의 기중 농도를 가지고 폭로 여부를 단순히 판단하는 경우이며, 내부 용량인 대사 산물로 하는 경우는 거의 없었는데 이 연구는 요중 PGA를 이용하였고 또한 누적 내부폭로량을 추계하여 폭로를 구분하였고 또한 작업 전후를 비교하여 실제로 급성 효과가 있는 지를 확인한 것은 의미 있는 연구 결과로 판단된다.

근로자들에게 폭로되는 공기 중 styrene은 평균 6.1 ppm으로 TLV 50 ppm에 비교하였을 때 비교적 낮은 농도의 styrene에 폭로되고 있었고 최고 폭로도 40 ppm으로 관찰되었다. 이것은 요중 PGA가 1.9 ppm (BEI 20 ppm)을 보이는 것과 부합하는 결과로 판단된다(Table 1). Shi 등(1994)에 의하면 11 ppm에 폭로된 8 명의 중국인 근로자에서 요중 PGA의 생체내 반감기가 5.1~8.1 시간이라고

보고하였다. 우리의 연구에서 styrene의 기중 폭로 농도는 6.1 ppm으로서 Shi 등의 연구와 별 차이를 보이지 않아 반감기를 그대로 외삽하는데 무리가 없다고 판단된다. Posturography 검사를 작업하기 전에 실시하였는데 이는 styrene에 의한 급성 효과를 배제하기 위한 것이었다. 또한 TLV 수준 이하의 공기 중 styrene 농도를 확인한 것도 급성 영향을 배제하는데 도움이 될 것이다.

Styrene의 요중 대사물인 PGA를 이용하는 것이 공기 중 styrene보다 비교적 인체 영향을 잘 반영할 수 있을 것으로 판단하고 이를 폭로 지표로 사용하였다. 또한 요중 생물학적 지표 중 하나인 PGA를 누적으로 평가하기 위하여 근무 연수를 곱하여 계산하였으며, 이것은 알코올의 누적 폭로를 평가하는데도 마찬가지로 적용하였다.

하지에서 근육의 힘과 지구력 저하는 일반적으로 널리 보고되어 있다(Spirduso와 MacRae, 1990; Kahlil 등, 1994; Fisk와 Rogers, 1997). 이들에 따르면 연령에 따른 근력의 약화 외에 소뇌와 같은 운동 중추에서 신경조직의 퇴화, type II 근섬유 수의 감소, basal ganglia에서의 dopamine 기능 감퇴, 시력 저하와 같은 감각기능 저하, 자세 반응의 저하 등 신경학적 변화도 연령에 따른 주목할 만한 변화로 거론하고 있다.

대조군으로서 병원 근무자들을 선택한 것은 연구의 편이성 때문이었으며 자원자들이 편리한 시간에

와서 posturography 검사를 받을 수 있는 장점에서 비롯되었다. 그러나 이들은 이러한 검사의 편리성 외에도 실제로 병원에서 육체 노동에 해당하는 일을 하고 있는 근로자들만을 대상으로 하였으므로 posturography 검사 결과를 왜곡할 만한 요인의 분포가 다르지는 않았다고 판단된다.

Smith 등(1997)에 의하면 비행장에서 제트 연료에 폭로된 근로자들에서 연령, 카페인 섭취량, 체중 및 신장, 그리고 남녀 변수들이 실험 조건에 따라 차이는 있으나 postural sway와 관련이 있는 변수들로 보고하고 있다. 이들 변수들과 음주 등을 조사하여 다변량 분석을 통하여 폭로 여부가 sway area와 관련이 되어 있는 지를 분석하였다(table 5). 연령에 따라 body sway가 증가한다는 연구 결과는 비교적 널리 보고되어 있다(Yagi, 1989; Kollegger 등, 1992; Hamman 등, 1995; Akahira 등, 1999; Blaszczyk 등, 2000). 연령은 FO의 조건에서만 sway area와 관련된 유의한 변수로 선정되었는데 이 연구에서는 연령의 범위가 비교적 제한적이었고 연령의 효과가 신경학적으로 그다지 문제가 되지 않는 연령층이었을 가능성을 염두에 둔다면 모든 조건에서 연령이 유의한 변수로 선정되지 않았던 것을 어느 정도 설명할 수 있어 보인다. 또한 Yagi 등(1989), Akahira 등(1999), Kollegger 등(1992)의 연구에서도 청장년층보다는 노년층에서 연령과 body sway와의 관련성이 확실히 드러난다는 보고들과 본 연구의 결과가 일치한다고 볼 수 있다.

음주량의 경우 알코올이 만성적 신경독성이 있음을 감안하면 유의한 변수로 선정될 수도 있지 않을까 예측하였다. 그러나 음주의 영향은 관찰되지 않았고 폭로 여부와 body sway의 관련성에 영향을 미치지도 않았다(Table 4). 음주의 경우 Kubo 등(1989, 1990); Uimonen 등(1994); Nieschalk 등(1999)의 보고에서 body sway와의 관련성을 보고하였는데 이들에 의하면 혈중 알코올 수준이 어느 정도 이상 되어야 sway에 영향을 주는 것으로 판단된다. 근로자들에서 전날 음주를 하지 않은 근로자들이므로 혈중 알코올을 측정하지는 않았으며 설문에 의하여 만성적 알코올의 영향을 통제하려고 하였다. 그럼에도 불구하고 음주를 보다 명확히 통제하려면 보다 정밀한 설문조사는 물론 향후 혈중 알코올의 측정도 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 유기

용제와 음주와의 복합 폭로에 의한 건강 영향과 그 기전을 규명하기 위해서는 향후 우리 나라 근로자들을 대상으로 한 음주와 sway와의 관련성에 대한 연구가 필요해 보인다.

흡연은 혈중 헤모글로빈과 결합하는 산소의 수를 감소시켜 뇌로 가는 산소의 부족을 일으킬 수 있다. 흡연이 body sway에 영향을 준다는 것은 거의 보고되고 있지 않다. 다만 비흡연자에 비하여 흡연자는 단기적으로는 차이가 없으나 오랜 기간에 걸친 흡연을 한 사람들에서 body sway가 증가하였다는 Iki 등(1994)의 보고는 있으나 일반적으로는 분석에 있어서 통제가 필요한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 이 연구에서는 흡연은 일부 조건에서 sway area를 감소시키는 방향으로 관찰되었는데, 이는 니코틴의 급성 각성 효과인지 분명하지 않다. 이 연구에서는 검사 직전의 흡연에 대한 급성 영향을 배제하기는 어려워 보여 그 해석에 있어서도 제한점을 가지고 있을 수 있다. 다만 이 연구의 목적 상 다른 변수들을 통제한 후에도 styrene 폭로 여부가 유의한 변수일 것인가를 확인하려는 것이었다(Table 4).

이 연구는 styrene 누적폭로와 body sway의 관련성을 확인하는 외에, 작업환경 측정에서 허용농도를 초과하지 않으면 근로자들이 거의 신경학적 영향을 받지 않는다고 쉽게 판단하는 오류를 환기시킬 수 있고, posturography를 이용하여 중추신경계에 영향을 주는 다른 화학물질이나 음주의 부가적 만성 독성까지 포함된 중추신경계 영향을 평가할 수 있으며, 만성 신경 독성을 스크린 할 수 있는 방법을 제시한다는 점에서도 연구의 의의가 있다고 판단된다.

## 요 약

목적 : 이 연구는 posturography를 이용하여 만성 신경독성을 평가하여 국내에서 이 방법이 유기용제의 신경독성을 조기진단할 수 있는 방법인지 styrene에 폭로된 근로자들을 통하여 평가하려는데 있다.

방법 : 1년 이상 styrene에 단일 폭로되는 36명의 남성 정화조 제조 근로자들을 연구 대상으로 하고, 15명의 자원한 병원 근로자들에 대하여 posturography 검사를 하여 비교하였다. 신체 규격을 측정하였고, 병력 및 직업력, 개인 생활습관 등의 정

보를 설문을 통하여 얻었다. 정신적 문제, 당뇨병, 신경학적 장애, 보행 장애, 뇌졸중이 있는 경우는 실험 대상에서 제외하였다. 이들 두 군에서 sway area의 크기를 비교하였다. Sway area에 영향을 줄 수 있는 변수들을 통제하기 위하여 연령, 음주, 흡연, 체중, 신장, BMI 등을 통제하였다.

결과 : 다중 회귀분석에서 폭로군에서의 평균 sway area는 다른 변수들을 통제한 후에도 대조군에 비하여 크게 관찰되었다.

결론 : Posturography는 우리 나라에서 현재 TLV 수준 이하의 styrene에 폭로되는 무 증상의 근로자들에서 만성적 신경독성 영향을 평가하는데 유용할 수 있다고 판단된다.

### 참고문헌

- Akahira T. Gait disturbances in aging and equilibrium disorders-body sway research no. 45. Nippon Jibbinkoka Gakkai Kaiho 1999; 102(2): 277-285.
- Antti-Poika M, Ojala M, Matikeinen E et al. Occupational exposure to solvents and cerebellar, brain stem and vestibular functions. Int Arch Occup Environ Health 1989; 61: 397-401.
- Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, et al. Effect of aging and vision on limb load asymmetry during quiet stance. J Biomech 2000; 33(10): 1243-1248.
- Fisk AD and Roger WA. Handbook of Human Factors and the Older Adult, pp69-70, San Diego, CA: Academic Press, 1997.
- Hamman R, Longridge NS, Mekjavic I, et al. Effect of age and training schedule on balance improvement exercises using visual biofeedback. J Otolaryngol 1995; 24(4): 221-229.
- Iki M, Ishizaki H, Aalto H, et al. Smoking habits and postural stability. Am J Otolaryngol 1994; 15(2): 124-128.
- Kahlil TM, Abdel-Moty E, Diaz EL, Steele-Rosomoff HL. Efficacy of physical restoration in the elderly. Experimental aging research 1994; 20: 189-199.
- Kubo T, Sakata Y, Koshimune A, et al. Analysis of body sway pattern after alcohol ingestion in human subjects. Acta Otolaryngol supp 1989; 468: 247-252.
- Kubo T, Sakata Y, Koshimune A, et al. Positional nystagmus and body sway after alcohol ingestion. Am J Otolaryngol 1990; 11(6): 416-419.
- Kuo WK, Bhattacharya A, Succop P, Linz D. Postural stability assessment in sewer workers. J Occup Environ Med 1996; 38(1): 27-34.
- Kilburn KH, Warshaw RH, Hancorn B. Balance measured by head and trunk : tracking and a force platform in chemically (PCBs and TCE) exposed and referent subject. Occup Environ Med 1994, 51: 381-385.
- Kollegger H, Baumgartner C, Wober C, et al. Spontaneous body sway as a function of sex, age, and vision: posturographic study in 30 healthy adults. Eur Neurol 1992; 32(5): 253-259
- Bhattacharya A, Schukla R, Bornschein R. Postural disequilibrium quantification in children with chronic lead exposure: A pilot study. Neurotoxicol 1988; 9(3): 327-340.
- Ledin T, Odkvist L, Moller C. Posturography findings in workers exposed to industrial solvents. Acta Otolaryngol 1989; 107: 357-361.
- Moller C, Odkvist L, Thell J et al. Otoneurological findings in psycho-organic syndrome caused by industrial organic solvent exposure. Acta Otolaryngol 1989; 107: 5-12.
- Moller C, Odkvist L, Larsby B et al. Otoneurological findings exposed to styrene. Scand J Work Environ 1990; 16: 189-194.
- Nieschalk M, Ortman C, West A, et al. Effects of alcohol on body sway patterns in human subjects. Int J Legal Med 1999; 112(4): 253-260.
- Shi CY, Chua SC, Lee BL, Ong HY, Ong CN. Kinetics of styrene urinary metabolites: a study in a low-level occupational exposure setting in Singapore. Int Arch Occup Environ Health 1994; 65(5): 319-323.
- Smith LB, Bhattacharya A, Lemaster G, Succop P, Puhala E, Medvedovic M, Joyce J. Effect of chronic low-level exposure to jet fuel on postural balance of US Air Force personnel. J occup Environ Medicine 1997; 39(7): 623-632.
- Spiriduso WW and MacRae PG. Motor performance and aging. In Birren JE & Schaie KW(Eds), Handbook of the psychology of aging, 3rd ed., pp183-200, San Diego, CA: Academic Press, 1990.
- Uimonen S, Iitakari K, Bloigu R, et al. Static posturography and intravenous alcohol. J Vestib Res 1994; 4(4): 277-283.



Yagi K. Multivariate statistical analysis in stabilometry in human upright standing(first report). Nippon Jibbinkoka Gakkai Kaiho 1989; 92(6): 899-908.

Yokoyama K, Araki S, Murat K et al. Postural

sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene, and toluene: assessment of subclinical cerebellar dysfunction. Environmental research 1997, 74: 110-115.