

의학 박사학위 논문

체평형검사를 이용한 저농도 혼합
유기용제 노출자들의 신경독성 평가

아주대학교 대학원

의학과

박재범

체평형검사를 이용한 저농도 혼합
유기용제 노출자들의 신경독성 평가

지도교수 이 경 중

이 논문을 의학 박사학위 논문으로 제출함.

2005년 8월

아 주 대 학 교 대 학 원

의 학 과

박 재 범

박재범의 의학 박사학위 논문을 인준함.

심사위원장 장 재 연 인

심사위원 이 경 종 인

심사위원 노 재 훈 인

심사위원 원 예 연 인

심사위원 주 인 수 인

아 주 대 학 교 대 학 원

2005년 6월 22일

감사의 글

먼저 저를 산업보건이란 학문으로 인도해 주시고 지금까지 이끌어 주신 이경중 교수님께 감사를 드립니다. 또 저를 지켜봐 주시고 바쁘신 중에도 심사위원장을 맡아주신 장재연 교수님께 감사드립니다. 멀리에서도 꼼꼼하게 논문을 수정해 주시고 조언을 아끼지 않으신 노재훈 교수님에게도 감사의 마음을 전합니다. 또한 논문 심사위원으로 애써 주신 원예연 교수님과 주인수 교수님에게도 감사를 드립니다.

자료를 수집하고 분석하는 과정에 많은 도움을 주신 산업의학과 실험실 선생님들께 많은 감사를 드립니다. 이규원, 임광진, 방철우, 장규엽 선생님. 이분들의 도움이 아니었다면 이 논문이 나오기 어려웠을 것입니다. 또한 이 연구에 참여해 주신 많은 작업자 분들에게도 고마움을 전합니다.

짧지 않았던 대학원 과정에서 어려울 때마다 힘이 되어 주었던 산업의학과 직원 여러분과 김종구, 김예신, 이세휘 선생님에게도 감사의 마음을 드리며 앞으로도 좋은 인연을 이어가길 기대합니다. 그리고 이 지면에 포함되지 않았지만 저를 지켜봐 주시고 도와주시는 모든 분들께 감사를 드립니다. 앞으로 더욱 노력하겠습니다.

마지막으로 가족들에게 큰 감사를 드립니다. 항상 인내하며 내조에 힘쓰는 아내 윤선과 곧 첫돌을 맞이하는 아들 성준에게 고마움을 전합니다. 민정, 민선, 호숙 누나에게도 감사드리며, 이 논문이 나오기를 누구보다 원하셨던 부모님께 이 모든 것을 드립니다.

2005년 7월

박재범

체평형검사를 이용한 저농도 혼합 유기용제 노출자들의 신경독성 평가

유기용제 노출로 인하여 발생하는 중추신경계 독성 영향은 증상이 나타나기 이전에 발견하기 쉽지 않다. 중추신경계 독성 영향은 일단 발생하면 회복이 쉽지 않기 때문에 조기에 발견하는 것이 중요하다. 이 연구의 목적은 체평형검사를 이용하여 일반인의 자세동요 정상치를 조사하고 작업장 노출기준 이하의 저농도 혼합유기용제에 노출되는 작업자에서 신경계 독성이 나타나는지를 평가할 수 있는지 확인하는데 있다.

정상 성인 남녀를 대상으로 연령별 자세동요 정상치를 구하기 위하여 한 대학병원 산업의학과에서 건강진단을 받는 수검자를 대상으로 체평형검사를 시행하였고, 연령이 자세동요 변수에 미치는 영향을 조사하였다.

신경독성물질에 직업적으로 노출되지 않은 일반인들의 자세동요 변수는 청년층(20-34)에서는 남녀간에 유의한 차이를 보이지 않았지만 연령이 증가하면서 여자가 유의한 차이를 보였다. 따라서 체평형검사를 실시하고 해석하는 경우 청년층에서는 성별 구분이 필요없지만 중년층 이상 특히 노년층에서는 성별의 차이를 반드시 고려해야 한다.

혼합유기용제를 사용하는 41명의 작업자를 선정하여 체평형검사와 작업환경 모니터링, 생물학적 모니터링, 증상설문조사를 실시하였다. 혼합 유기용제 노출 작업자들의 노출량은 작업력과 생물학적 모니터링 자료를 바탕으로 누적생체노출지수를 개발하여 노출의 지표로 삼았다. 대조군으로는 정상인들의 자세동요 변수 정상치 조사에 참여한 연구대상자들을 노출군과 성, 연령을 층화하여 1:2의 비율로 무작위

추출하여 선정하였다.

혼합유기용제 작업자들의 누적생체노출지수는 자세동요 면적(면적_개안, 면적_폐안)에서 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 대조군과 비교하였을 때 눈을 뜬 조건에서 신체동요 길이와 면적(면적_개안, 길이_개안)이 대조군과 비교하여 유의한 차이가 있었으며 성, 나이, BMI, 주당 음주량, 누적 흡연량을 통제한 후에도 유의한 차이를 보였다. 증상 설문결과와 자세동요 변수간에는 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

이 연구결과는 작업장 허용기준 이하의 저농도의 혼합유기용제 노출 작업자들이 신경독성영향을 받고 있을 가능성을 제시하고 있다. 향후 저농도 유기용제 노출 작업자들을 대상으로 보다 철저한 보건관리가 이루어져야 하며 유기용제의 신경독성을 조기에 평가하는데 체평형검사를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어 : 혼합유기용제, 체평형검사기, 누적생체노출지수, 신경독성

차 례

국문 요약	i
차례	iii
그림 차례	v
표 차례	vi
I. 서론	1
A. 연구의 필요성	1
B. 국내외 연구 동향	3
1. 유기용제의 신경 독성 검사	3
2. 신경 독성 평가 방법으로서 체평형검사기의 적용 가능성	5
II. 연구 방법	9
A. 체평형검사 방법	9
1. 검사 방법	9
2. 체평형검사기 보정	10
3. 자세동요 변수의 선정	10
B. 정상 성인들의 자세동요 정상치 조사	12
1. 연구 대상자의 선정	12
C. 체평형검사를 이용한 혼합 유기용제 노출 작업자들의 신경독성 평가	13
1. 연구 대상자 선정	13
2. 노출량 평가	15
3. 중추신경계 증상 조사	19
D. 통계 처리 방법	19

III. 연구 결과	20
A. 정상 성인들의 자세동요 정상치 조사	20
1. 연구 대상자의 일반적 특성	20
2. 성, 연령이 자세동요 변수에 미치는 영향	24
B. 체평형검사를 이용한 유기용제 노출작업자들의 신경독성 평가	31
1. 유기용제 성분과 농도	31
2. 생물학적 모니터링 결과	33
3. 누적생체노출지수(CE) 분포	33
4. 노출군과 대조군의 자세동요 변수 비교	33
5. 일반적 특성과 자세동요 변수와의 상관관계	34
6. 누적생체노출지수와 자세동요 변수와의 상관관계	35
7. 자세동요 변수에 영향을 주는 요인 회귀 분석	37
8. 누적생체노출지수 수준에 따른 자세동요 변수	39
9. 중추신경계 증상과 자세동요 변수의 관계	41
IV. 고찰	42
V. 결론	49
참고 문헌	50
Appendix 1. 노출군용 설문지	61
Appendix 2. 대조군용 설문지	64
Appendix 3. 검사시 점검표	65
ABSTRACT	67

그림 차례

Fig. 1. Photography of posturography test	5
Fig. 2. Example of postural sway for one subject with higher exposure to jet fuel compared with another subject with lower exposure	8
Fig. 3. Distribution of sway area in the condition of eyes open(Area_EO)	22
Fig. 4. Distribution of sway length in the condition of eyes open(Length_EO) ·	22
Fig. 5. Distribution of sway area in the condition of eyes closed(Area_EC)	23
Fig. 6. Distribution of sway length in the condition of eyes closed(Length_EC)	23
Fig. 7. Distribution of sway area in the condition of eyes open(Area_EO) by gender and age	28
Fig. 8. Distribution of sway length in the condition of eyes open(Length_EO) by gender and age	28
Fig. 9. Distribution of sway area in the condition of eyes closed(Area_EC) by gender and age	29
Fig. 10. Distribution of sway length in the condition of eyes closed(Length_EC) by gender and age	29
Fig. 11. Correlation between lnArea_EO and CE	36
Fig. 12. Correlation between lnArea_EC and CE	36
Fig. 13. Mean value of Area_EO of exposed group by degree of CE	40
Fig. 14. Mean value of Length_EO of exposed group by degree of CE	40

표 차례

Table 1. Postural sway variables	11
Table 2. Comparison of gender and age between exposed group and control group	14
Table 3. Comparison of general characteristics of study population	15
Table 4. The operation conditions for the determination of total solvent by GC/FID	16
Table 5. Organic solvents and their metabolites for biologic monitoring	16
Table 6. The operation conditions for the determination of hippuric acid and methyl hippuric acid by HPLC/UV	17
Table 7. Comparison of general characteristics of study subjects between male and female	21
Table 8. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables in male and female	21
Table 9. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables of three age group in male	25
Table 10. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables of three age group in female	26
Table 11. Sway variables as a function of gender	30
Table 12. Concentrations of organic solvents in each factory	32
Table 13. Biologic monitoring in exposed group	33
Table 14. Distribution of CE in exposed group	33
Table 15. Comparison of sway variables of study population	34
Table 16. Correlation coefficients between sway variables and general characteristics	35

Table 17. Correlation coefficients between sway variables and CE in exposed group	35
Table 18. Result of multiple regression analysis for the effect of solvent exposure to postural sway	38
Table 19. Mean and S.D. of Area_EO and Length_EO by degree of CE.	39
Table 20. Correlation coefficients between sway variables and symptom questionnaire in exposed group	41
Table 21. Comparison of sway variables between disease suspects and disease non-suspects	41

I. 서 론

A. 연구의 필요성

유기용제는 염료, 합성세제, 유기안료, 의약품, 농약, 향료, 사진약품, 폭약, 방충제, 방부제 잉크, 접착제, 금속 코팅, 착색, 세척, 고무 및 가죽 가공 등 여러 사업장에서 사용되고 있다. 노동부 자료에 따르면 2003년도 33,598곳의 작업환경 측정 대상 사업장 중 40.1%인 13,468개 사업장에서 유기용제를 사용하여 소음, 분진 다음으로 많은 유해인자였다(노동부, 2004). 특히 대기업보다는 영세기업이나 중소기업 작업자들의 노출이 심한 것으로 보고되어(백남원 등, 1998) 이들에 대한 보건관리가 절실한 것으로 판단된다.

유기용제에 의한 직업병은 발견이 쉽지 않다. 2002년 산업재해 분석에 따르면 유기용제로 인한 업무상 질병 요양자 수는 45명으로 전체 요양자 수의 1.07%에 불과하였다(노동부, 2003). 그러나 실제 유기용제 노출로 인한 건강영향을 받는 작업자의 수는 이보다 훨씬 많을 것으로 추정된다. 실제로 특수건강진단에서 직업병 유소견자가 발생하지 않은 한 조선업체 도장부서 작업자를 대상으로 역학조사를 실시한 결과 인지기능 이상, 말초신경병, 직업성 피부염 소견이 있는 작업자가 다수 발견되었다(정호근 등, 1997). 이처럼 유기용제의 건강영향을 발견하기 어려운 이유는 신경독성 증상이 비특이적이며 초기에는 잘 나타나지 않기 때문이다. 또 다수 작업자를 대상으로 조기에 발견할 수 있는 선별검사가 없다는 것도 중요한 요인 중의 하나다.

최근 들어 산업보건 분야에서 독성물질에 노출되는 근로자들을 대상으로 신경계 영향 모니터링(effect monitoring)의 일환으로 체평형검사기(體平衡檢査器, posturography)의 적용 가능성을 시도하고 있다(Moller 등, 1989). 체평형검사기는 수평면 상의 자세동요(姿勢動搖, postural body sway)를 평가하는 도구로 과거 롬버그 검사(Romberg test)를 컴퓨터를 이용하여 정량화한 것이다.

체평형검사기를 산업보건 분야에 이용하여 납(Bhattacharya 등, 1993), 스티렌(Odkvist 등, 1982), 농약(Sack 등, 1993) 취급 작업자 등을 대상으로 연구가 이루어지고 있다. 우리나라에서는 이경중 등(2002)이 스티렌에 노출된 정화조 제조 작업자들을 대상으로 한 연구가 유일하다. 그러나 산업현장에서 흔히 사용되는 혼합 유기용제에 노출되는 작업자를 대상으로 한 연구는 흔치 않다. 더욱이 혼합 유기용제 노출평가를 작업환경측정 자료가 아닌 생물학적 모니터링 자료를 이용하여 정량화한 연구는 거의 없다.

체평형검사기를 임상분야나 보건분야에서 사용하려면 우선적으로 정상인들을 대상으로 한 정상치(norm)가 있어야 한다. 그러나 일반인을 대상으로 한 자세동요 정상치에 대한 대규모 연구는 우리나라에서만 아니라 세계적으로도 거의 없는 실정이다. 이는 정상 모집단에 대한 정의가 부족하였으며 검사 조건들(양측 발의 거리, 측정 시간, 몸 위치, 측정기기 등)이 각 연구기관마다 차이가 있어 통일된 조건에서의 규준을 도출하지 못한 것으로 생각된다.

따라서 이 연구에서는 체평형검사기를 이용하여 정상인들의 자세동요 정상치를 조사하고자 한다. 또한 작업장 허용기준 이하의 혼합 유기용제에 노출되는 작업자들의 신경독성을 체평형검사를 이용하여 평가할 수 있는지 확인하고자 한다.

이 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 우리나라 정상 성인 남녀를 대상으로 체평형검사를 이용하여 연령별 자세동요 정상치를 구한다.
- 2) 체평형검사를 이용하여 저농도 유기용제 노출 작업자와 대조군의 자세동요의 크기를 비교한다.
- 3) 저농도 유기용제 노출군의 내부 노출량(internal dose)과 자세동요 변수와의 상관관계를 파악한다.

B. 국내외 연구 동향

1. 유기용제의 신경 독성 검사

장재연(1990)의 보고에 의하면 1990년 통계상 우리나라 전체 유기용제 사용량은 총 300만톤이며 방향족 탄화수소의 사용량이 215만톤으로 전체의 70%를 차지하고 있다. 방향족 유기용제 중에서도 크실렌이 130만톤으로 가장 많이 사용되고 있으며 톨루엔이 약 45만톤 정도 사용되고 있다. 최근 우리나라 유기용제 사용에 관한 연구에서는 도장작업, 집착작업, 세척작업, 인쇄업, 혼합 작업 순으로 많이 쓰이고 있으며, 사용되는 유기용제의 종류로는 톨루엔이 가장 흔하며 아세톤, 헥산, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 사염화에틸렌, 트리클로로에틸렌, 크실렌 순으로 흔하게 쓰이고 있었다(Moon 등, 2001).

유기용제로 인한 신경 독성영향을 평가하기 위하여 많은 노력들이 있었다. 정신 기능, 뇌신경 기능, 힘, 조정력, 감각, 건과 사지의 반사, 보행과 평형력 등을 평가하기 위하여 임상 신경학적 검사를 시행한다. 그러나 결과는 단편적인 이상 소견이 발견되거나 아예 정상으로 나타나는 경우가 흔하다. 이상 소견이 발견되더라도 그 소견이 특징적이지 않거나 유기용제 외에 다른 요인에 의한 경우가 많다. 그러므로 유기용제의 중독을 진단을 할 때는 다른 요인을 배제하는 일이 중요하다.

국내에서는 유기용제를 취급하는 작업자들의 주관적인 정신신경학적 자각 증상의 유병률이 대조군보다 높다는 여러 연구들이 있었다(천용희와 문영환, 1984; 천용희 등, 1991; 이승훈 등, 1992; 김선민 등, 1993; 조정민과 이숙희, 1994; 손명호 등, 1994; 변정식 등, 1995; 서인선, 1996; 김수영 등, 1998; 김상아 등, 2002). 이러한 자각 증상에 관한 연구는 주로 설문지를 이용하기 때문에 장비, 설비, 전문인력이 필요없으며 비용과 시간이 절약된다는 장점이 있다. 그러나 이러한 주관적인 자각 증상 조사는 객관성이 떨어진다는 단점이 있다.

자각 증상 외에도 유기용제 노출 작업자들의 신경행동학적 수행능력

(neurobehavioral performance) 변화에 관한 보고들이 있다. 이덕희 등(1995)이 혼합 유기용제 노출작업자들을 대상으로, 조영숙(1997)이 도장공들을 대상으로, 양선희 등(1998)이 코팅부서 작업자들을 대상으로 시행한 연구에서 신경행동학적 수행능력의 저하를 보고하였다. 이러한 신경 심리 검사는 증상 설문에 비하여 객관적인 평가 방법이라는 장점이 있으나 어느 정도 전문적인 훈련을 받은 인력이 필요하고 시간이 많이 소요되어 다수 근로자를 대상으로 사용할 수 있는 선별검사 방법으로는 적합하지 못하다.

또한 유기용제에 의한 급성 중독을 평가하기 위해서 뇌파 검사(EEG)도 이용하는데 뇌파검사의 변화는 기억력의 손상과 많은 연관이 있다. 대뇌 피질의 반응을 평가하기 위하여 유발 전위 검사(evoked potentials, EP)를 실시하기도 한다. 신경독성물질에 노출된 근로자들의 유발전위 검사에서는 이상소견이 발견된다. 특히 잠복기, 전위에 변화가 관찰된다.

뇌의 형태학적 변화를 평가하고자 신경 방사선 검사도 적용되고 있다. 1970년대 이후 컴퓨터 단층촬영(computerized tomography, CT)이 도입되어 보다 자세히 뇌 병변을 눈으로 확인할 수 있게 되었고 새로운 세대의 컴퓨터 단층촬영의 개발로 점점 그 해상도가 증가하여 진단의 정확성을 높이고 있다. 유기용제를 흡입하는 경우 대뇌 및 소뇌의 위축을 컴퓨터 단층촬영에서 발견할 수 있다. 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 컴퓨터 단층촬영의 방사선 조사 위험을 줄이고 경우에 따라서는 컴퓨터 단층촬영보다 선명한 영상을 얻을 수 있다는 장점으로 최근 많이 사용하고 있으나 장비가 고가이어서 이용자의 경제적 부담으로 작용하고 있다.

따라서 유기용제 노출 작업자들의 신경 독성을 조기에 평가하기 위해서는 검사 시간이 짧고, 비용이 적게 소요되고, 비침습적이어서 다수의 근로자를 대상으로 시행할 수 있는 방법의 적용이 필요하다.

2. 신경 독성 평가 방법으로서 체평형검사의 적용 가능성

사람이 몸에 비하여 작은 면적의 발로 균형을 유지하고 서 있는 것은 많은 신경 조직과 근육, 인대의 조화로운 작용에 의하여 가능한 일이다. 우리 몸이 똑바로 서 있기 위해서는 시각, 내이에 있는 전정기관, 발에서 전달되는 심부감각(proprioception)에서 오는 정보를 소뇌와 대뇌피질에서 받아들이고 발과 발목의 근육, 관절을 끊임없이 움직여 자세를 교정한다. 체평형검사는 이러한 자세동요의 크기를 전기적 신호로 바꾸어 컴퓨터를 이용하여 정량화하고 형상화하는 작업이다.

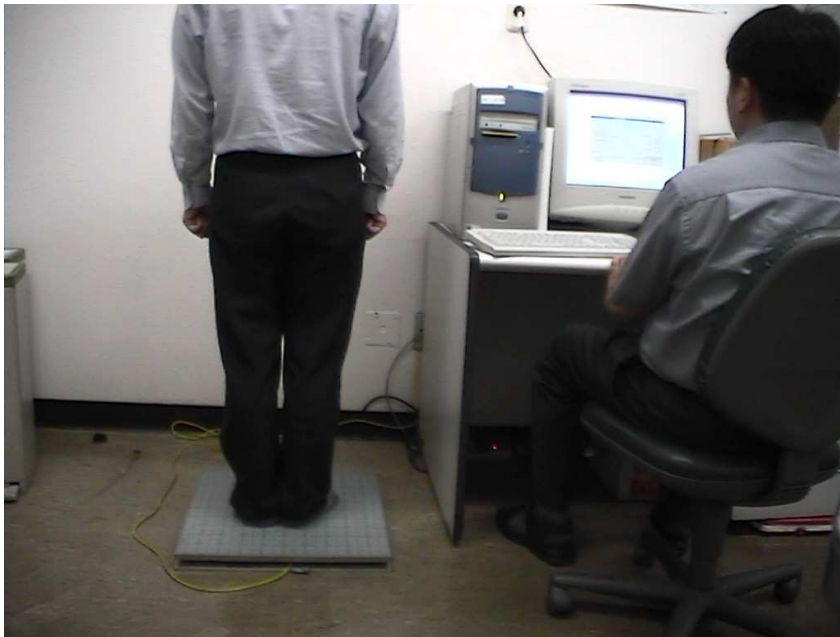


Fig. 1. Photography of posturography test.

과거 임상 의사들이 신경학적 검사의 일종으로 평형 감각을 평가하기 위하여 롬버그 검사를 이용하였다. 롬버그 검사 방법은 피검자에게 눈을 뜬 상태에서

발을 모으고 서 있게 한다. 이 때 심부감각에 이상이 있는 환자라도 눈에서 오는 시각으로 심부감각의 손실을 보상하여 평형을 유지할 수 있다. 그러나 눈을 감게 되면 시각을 통한 위치감각 정보가 차단되어 몸이 균형을 잃고 흔들리거나 넘어질 수 있다. 체평형검사기는 이런 롬버그 검사를 컴퓨터를 이용해 정량화, 형상화 한 것이다.

체평형검사기를 이용한 평형기능 평가는 과거 보고들에서 타당성이 입증되었다. 정상인을 대상으로 알코올을 이용한 연구에서 우리나라 운전금지 기준인 혈중 알코올 농도 0.05%의 절반 수준인 0.02%의 저농도에서도 유의한 변화를 보이는 예민성 있는 방법임이 증명되었다(Bhattacharya, 1987).

정상적인 노화와 성별 차이가 몸의 자세동요에 영향을 주는지는 아직 확실하게 밝혀지지 않았다. 어떤 연구에서는 근육, 관절, 전정기관, 시각, 감각, 인지 조절 회로가 정상인 경우 건강한 노인들이 젊은이와 비교하여 자세교정 기전의 속도나 정확성이 다르지 않다고 보고하였다(Woollacott, 1988). 다른 연구자들은 질병이 없어도 노화가 진행될 경우 자세 조절 기전은 지속적인 영향을 받는다고 보고하였다(Era 등, 1985).

또한 성별에 따라서 몸의 균형 유지에 차이가 있는지에 대한 논의도 아직 진행 중이다. Terekhov(1976)의 연구에 따르면 29명의 건강한 중년 여자와 연령을 맞춘 남자와 비교한 결과 여자들의 자세동요의 진폭이 남자들보다 작았다. Juntunen 등(1987)의 연구에서도 남자들의 자세동요가 여자들보다 유의하게 큰 것으로 보고되었다. 그러나 한편으로 자세동요의 남녀 차이가 없다는 연구 결과도 보고되고 있다(Njiokiktjien과 De Rijke, 1972). 또한 평형감각 유지에 영향을 미치는 나이를 고려했을 때 성별 차이가 없다는 연구(Pykko 등, 1988)와 노인들에게서 시각, 전정기관, 신체감각을 고려했을 때 남녀 차이가 나지 않는다는 보고도 있다(Straube 등, 1988).

그 동안 많은 연구가 진행되어 온 외국에서도 체평형검사기를 이용한 자세동요의 정상치(norm)를 구한 연구는 거의 없었다. 그 이유는 정상 모집단에 대한 정의가 부족하였으며 검사 조건들이 각 연구기관마다 차이가 있어 통일된 조

건에서의 기준을 도출하지 못한 것으로 생각된다.

몸의 균형 이상은 여러 질환에서 발견되며 체평형검사기를 이용하여 전정기관의 병변이나(Baloh 등, 1998), 소뇌의 병변이 있는 경우(Gatev 등, 1996; Diener 등, 1984; Mauritz 등, 1979; Ohashi 등, 1993), 다발성 말초신경장애가 있는 경우(Jauregui-Renaud 등, 1998; Vrethem 등, 1991), Meniere's disease 등과 같이 중이의 전정기관에 병변이 있는 경우(Morrison 등, 1994) 몸의 평형이상을 관찰할 수 있다.

외국의 경우 수년 전부터 산업보건 분야에서 몇 가지 연구가 이루어지고 있다. 농약 살포 작업자(Sack 등, 1993), 하수 처리장 근로자(Kuo 등, 1996), 유기용제 노출 작업자(Triebig 등, 1992; Antti-Poika 등, 1989; Moller 등, 1989; 1990; Kilburn 등, 1994), 항공기 정비사(Smith 등, 1997), 납 노출자(Bhattacharya 등, 1988; 1993; Linz 등, 1992; Chia 등, 1994)를 대상으로 체평형검사를 이용하여 작업자들의 평형기능을 평가하였다.

유기용제가 말초 신경계나 대뇌뿐 아니라 전정기능에 영향을 미친다는 보고는 1980년대부터 있어왔다. 초기의 연구들은 회전 의자 검사를 이용하여 유기용제 노출로 인한 만성 독성 뇌질환 환자에게서 전정-안구 반사(vestibulo-ocular reflex, VOR)가 비정상 소견을 보인다는 보고들로 시작되었다. Odkvist 등(1982)이 허용기준 이하의 스티렌 노출 작업자들을 대상으로 전정-안구 검사를 시행한 결과 스티렌 노출 후 이득(gain)이 증가되었다고 보고하였으며, Hyden 등(1983)은 톨루엔에 노출되는 작업자들을 대상으로 비정상적인 전정-안구 반사 검사 결과를 보고하였다. 연구자들은 유기용제가 소뇌와 뇌간에 장애를 일으키는 것으로 판단하였다. 이후 Moller 등(1989)은 정적 균형검사(static balance test)를 평형기능을 평가하는데 사용하여 혼합 유기용제 노출 작업자의 자세동요가 증가한다고 보고하여 체평형검사기가 이용되기 시작했다.

유기용제 노출 작업자를 대상으로 체평형검사를 이용한 연구는 Ledin 등(1989)이 혼합 유기용제에 노출된 정신신체 증후군(psychorganic syndrome) 환자들에서 자세동요가 증가함을 보고하였고, Moller 등(1989; 1990)이 플라스틱

보트를 생산하는 작업자들의 자세동요 증가를 보고하였다. Kiburn 등(1994)의 연구에서도 polychlorinated biphenyl과 trichloroethylene에 노출되는 작업자들에서 대조군보다 자세동요 변수가 증가한 소견을 보였다. 한편 Antti-Poika 등(1989)은 혼합유기용제에 노출된 증상이 없는 작업자들의 자세동요 변수가 증가한 증거를 찾을 수 없다는 상반된 결과를 보고하였다.

이 중 Smith 등(1997)의 연구를 예로 들면 미국의 두 공군 비행장에서 비행기 보수 및 유지를 하는 27명의 작업자들 중 여러 가지 탄화수소류, 특히 방향족 탄화수소에 노출된 두 사람을 그 노출 정도에 따라 각각 눈을 감고 검사한 양상을 예로 제시한 것이다(Fig. 2).

Exposure :	23.4 ppm benzene	Exposure :	1.8 ppm benzene
Subject :	fuel distribution worker	Subject :	jet engine mechanic
Age :	32 years	Age :	32 years
Jet fuel work :	12 years	Jet fuel work :	13 years
sway area:	4.85 cm ²	sway area:	29.72 cm ²
sway length:	68.90 cm	sway length:	29.72 cm

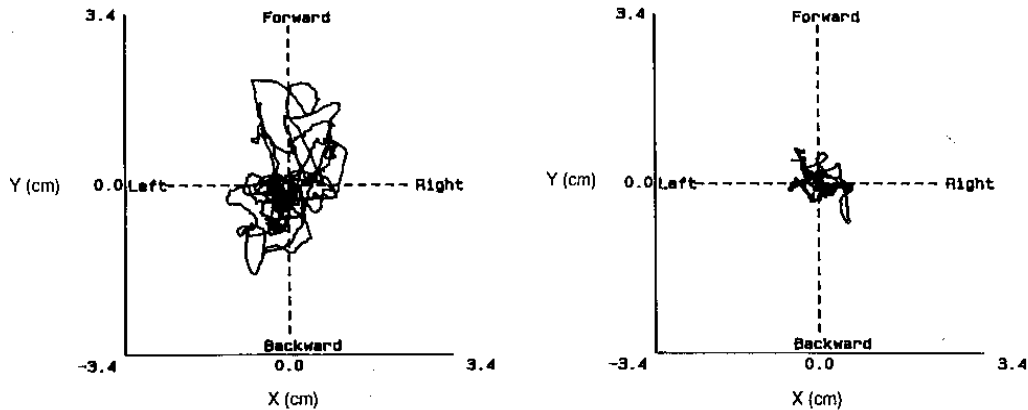


Fig. 2. Example of postural sway for one subject with higher exposure to jet fuel compared with another subject with lower exposure.

또한 자세동요의 주기(frequency)를 분석하여 손상된 뇌부위에 따라 자세동요 양상을 관찰한 보고들이 발표되고 있으나 아직 일관된 결과를 보여주지 못하고 있다(Yokoyama 등, 1997a; 1997b; 1998).

II. 연구 방법

A. 체평형검사 방법

1. 검사 방법

이동이 가능한 체평형검사기(Accusway plus, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, U.S.A.)를 힘판(force platform)으로 이용한다. 이 기기는 자세 유지 기전 연구(Blaszczy 등, 1993; 1994)와 산업보건 분야의 독성학 연구(Chia 등, 1994; Kuo 등, 1996; Smith 등, 1997)에서 사용되었다.

검사는 밝은 조명 아래서 시행되었다. 체평형검사기를 벽면에서 약 1m 거리에 위치하고 수평을 맞추었다. 피검자는 가벼운 옷을 입은 상태에서 양말을 벗고 맨발로 검사를 시행하였다. 피검자가 힘판위에 올라설 때에는 뒤쪽 발꿈치는 붙이도록 하고 발 앞꿈치는 45° 각도로 벌리도록 하였다. 검사 중 피검자는 팔을 펴서 옆구리에 밀착시키고 말하거나 팔, 머리, 척추 등의 관절은 움직이지 않고 단지 발목 관절만을 이용하여 평형을 유지하도록 요구하였다. 피검자의 시선 높이에 지름 10cm 정도의 원을 그린 용지를 부착하여 눈을 뜬 조건에서 검사할 시에는 원을 응시하도록 지시하였다.

피검자가 힘판 위에서 가만히 서 있는 정적 자세에서 몸의 중심에서 힘판으로 수직 가상선을 내려 발바닥에서부터 전해지는 center of pressure(COP)의 움직임을 통하여 자세동요를 평가한다. 힘판 위에서의 COP의 동요는 힘판 네 귀퉁이 밑에 있는 감지기(sensor)를 통하여 힘과 모멘트의 변화로서 전기적 신호로 변환되고, 다시 이 신호는 연결된 컴퓨터 프로그램으로 디지털화한다.

본 연구에서 체평형검사시 30초 동안 피검자를 직립자세로 서 있게 하여 자세동요 변수값을 측정하였으며 신뢰도를 높이기 위하여 2회 반복하여 평균값을 이용하였다.

2. 체평형검사기 보정

검사를 시행하기 전 체평형검사기를 보정하였다. 매일 검사 시작 전 체평형검사기의 전원을 켜고 힘판 위에 수검자가 올라가지 않고 아무런 부하가 걸리지 않은 상태에서 COP가 나타나지 않음을 확인하고 검사를 시작하였다. 이와는 별도로 각각의 피검자를 검사할 때마다 영점 보정을 실시하였다. 수검자가 검사를 실시하기 전 힘판위에 올라서지 않은 상태에서 영점 보정을 실시한 다음 검사를 진행하였다.

3. 자세동요 변수의 선정

자세동요 변수들은 동요면적(sway area)과 동요길이(sway length), X축 거리, Y축 거리, 동요속도(sway velocity) 등으로 표시된다. 연구자에 따라 동요면적이 가장 예민하다는 보고(Kubo 등, 1989)와 동요속도가 가장 예민하다는 보고도 있다(Uimonen 등, 1994). 이 연구에서는 일반적으로 사용되는 동요면적과 동요길이를 변수로 사용하였다. 또 검사 조건 중 눈으로부터 오는 평형 정보를 차단하기 위하여 눈을 감는 조건을 포함시켰다. 이 경우 자세동요는 주로 전정기능에 의해 이루어진다.

다른 연구에서 검사 조건으로 피검자를 스폰지 폼 위에 올라서게 하여 검사를 하기도 한다. 이 경우 발에서부터 오는 심부감각의 왜곡으로 인하여 평형 유지가 더 어려워진다. 이런 변화를 줄 경우 보다 큰 자세동요를 유도하여 작은 차이를 크게 관찰할 수 있는 장점이 있다. 그러나 스폰지 폼을 사용할 경우 스폰지 폼의 두께나 경도에 따라 심부감각이 차단되는 정도가 차이가 있어 표준화된 규준으로서 의미가 없어 이번 연구에서는 이러한 조건을 포함하지 않았다.

최종적으로 이번 연구에서 사용할 자세동요 변수는 다음과 같다(Table 1).

면적_개안(Area_EO) : 눈을 뜬 조건에서 COP가 수평면에서 움직인 면적

길이_개안(Length_EO) : 눈을 뜬 조건에서 COP가 수평면에서 움직인 거리

면적_폐안(Area_EC) : 눈을 감은 조건에서 COP가 수평면에서 움직인 면적

길이_폐안(Length_EC) : 눈을 감은 조건에서 COP가 수평면에서 움직인 거리

Table 1. Postural sway variables.

Sway variables	Definition	Unit
Area_EO	Area of COP* in the condition of eyes open	cm ²
Length_EO	Area of COP in the condition of eyes closed	cm
Area_EC	Length of COP in the condition of eyes open	cm ²
Length_EC	Length of COP in the condition of eyes closed	cm

*COP(center of pressure) : The projected point of center of mass to horizontal plan.

B. 정상 성인들의 자세동요 정상치 조사

1. 연구 대상자의 선정

정상인을 대상으로 체평형검사를 이용한 자세동요 변수를 조사하기 위해서는 연구 대상자의 선정이 중요하다. 본 연구에서는 건강한 성인 집단의 표본을 얻기 위하여 한 대학병원에서 건강진단을 받는 수검자들을 대상으로 연구를 진행하였다. 중추신경계나 말초신경계에 영향을 미치는 화학물질을 사용하지 않는 사업장에서 일반건강진단을 받기 위해 내원한 작업자들과 건강보험공단에서 실시하는 성인병 건강진단이나 채용시 건강진단을 목적으로 내원한 수검자를 대상으로 하였다.

검사를 실시하기 전 설문조사와 인터뷰를 통하여 검사 전일 수면 시간과 음주 여부, 당뇨병, 뇌혈관계 질환, 심혈관계 질환의 과거력, 최근 일주일 동안의 건강상태를 응답하게 하였다. 설문 조사와 건강진단 결과를 참고하여 연구 대상자에 포함되는 조건은 다음과 같다.

- 1) 유기용제나 중금속 등 신경독성 물질에 노출된 직업력이 없음
- 2) 검사 전일 음주를 하지 않음
- 3) 건강 진단 결과 공복 혈당이 60mg/dl 이상, 110mg/dl 미만.
- 4) 과거병력상 평형기관 질환, 뇌혈관계 질환, 심혈관계 질환, 지속적인 요통 등 근골격계 질환이 없음
- 5) 항정신성 약물 등 신경계 영향을 미치는 약물 복용을 하지 않음
- 6) 최근 일주일간 평소와 같은 건강상태를 유지함

이와 같이 선정한 연구 대상자들을 Kollegger 등(1992)의 연구와 같이 성별, 연령별(20-34, 35-49, 50-64세)로 층화하여 분석하였다.

C. 체평형검사를 이용한 혼합 유기용제 노출 작업자들의 신경독성 평가

1. 연구 대상자 선정

1-1. 연구 대상 사업장 선정

본 연구는 제품 생산, 가공, 세척 과정에서 혼합 유기용제를 사용하는 4개 작업장에서 노출군을 선정하였다. 연구 대상 작업장은 다음과 같다.

A : 라면, 과자 봉지 인쇄 사업장

B : 정화조 제조 사업장

C : 고무보트 제조 사업장

D : 신발 밑창 제조 사업장

1-2. 노출군 선정

4개 작업장에서 혼합유기용제를 사용하는 총 51명의 작업자 중 당뇨병으로 치료 중인 작업자 2명과 검사 전일 음주한 5명, 소변 중 유기용제 대사산물이 검출되지 않은 3명을 제외한 41명을 최종 분석 대상으로 선정하였다.

1-3. 대조군 선정

최종적으로 노출군에 선정된 연구대상자들을 성별과 연령별로 나누어 보면 Table 2와 같다. 대조군은 정상 성인들의 자세동요 정상치 조사에 참여한 연구 대상자 중에서 선정하였다. 성과 연령의 영향을 배제하기 위하여 남성과 여성으로 구분하고 연령별로 층화한 후 무작위추출법(stratified randomization)으로

노출군에 대하여 1:2의 비율로 대조군을 선정하였다(Table 2).

1-4. 연구대상자의 일반적 특성

혼합 유기용제에 노출되는 노출군과 대조군의 나이는 노출군이 평균 41.5±11.8세이었고 대조군은 42.9±10.1세로 유의한 차이를 보이지 않았다. 키는 노출군이 평균 163.3±9.0cm, 대조군은 165.2±8.7cm이었다. 몸무게는 노출군의 평균이 60.4±9.0kg, 대조군은 63.6±10.7kg이었으며, 주당 음주량은 노출군이 109.3±252.7mL, 대조군은 85.9±153.0mL이었다. 누적 흡연량은 노출군이 4.0±6.9갑·년이었으며, 대조군은 4.2±8.6갑·년으로 나이, 키, 몸무게, BMI, 주당 음주량, 누적 흡연량 등 일반적 특성에서 노출군과 대조군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 노출군에서 유기용제 노출 기간은 평균 4.2±6.7년이었다(Table 3).

Table 2. Comparison of gender and age between exposed group and control group.

Gender	Age	Exposed group (n=41)	Control group (n=82)
Male	20-34	12	24
	35-49	8	16
	50-64	3	6
Female	20-34	0	0
	35-49	10	20
	50-64	8	16

Table 3. Comparison of general characteristics of study population.

Variables(unit)	Exposed group		Control group		P-value
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Age(years)	41.51	11.75	42.89	10.11	.501
Height(cm)	163.34	9.02	165.19	8.68	.274
Weight(kg)	60.41	9.01	63.62	10.73	.103
BMI(kg/m ²)	22.60	2.42	23.23	2.94	.234
Drinking amount(mL/week)	109.32	252.70	85.85	152.99	.524
Smoking amount(pack · year)	4.04	6.88	4.19	8.57	.920
Duration of exposure(year)	4.24	6.74	-	-	

2. 노출량 평가

2-1. 작업환경 중 시료에 대한 측정 및 분석

작업장의 공기 중 시료를 개인시료포집기(Gilian LFS 113DC low flow sample)에 활성탄관(100/50mg)을 장착하여 분당 0.1-0.2ℓ의 포집기 유속으로 총 공기 유량 30-40ℓ의 범위에서 포집하여 GC/FID(Hewlett Packard 5890 Series II Plus)로 분석하였다(NIOSH 1501).

각 유기용제 분석방법은 NIOSH 분석법(NIOSH Manual of Analytical method)을 이용하여 분석하였으며, 측정방법은 작업환경측정실시규정(노동부고시, 1994)에 준하여 실시하였다.

Table 4. The operation conditions for the determination of total solvent by GC/FID*.

Description	Condition
Column	FFAP 0.2mm × 50m
Oven temperature	5min at 50°C ramp with 5°C to 200°C
Injector temperature	220°C
Detector temperature	250°C
Column Flow rate	0.2mℓ/min
Carrier gas	N ₂
Desorption	1mℓ CS ₂

*FID : flame ionization detector

2-2. 생물학적 모니터링을 위한 소변 채취

노출군을 대상으로 소변을 채취하여 유기용제의 생물학적 모니터링을 시행하였다. 소변시료의 채취를 위해서 종이컵에 이름을 분명히 기재하여 나누어 주고 작업 종료 시에 소변을 받도록 하였다. 채취한 소변은 폴리에틸렌 용기 2개에 분취하여 냉동 보관하였다.

Table 5. Organic solvents and their metabolites for biologic monitoring.

Solvents	Metabolites	Timing of sampling	BEI
Toluene	hippuric acid	EOS*	2.5g/g cr
Xylene	methyl hippuric acid	EOS	1.5g/g cr
Ethyl benzene	mandelic acid	EOS	800mg/g cr
Styrene	mandelic acid	EOS	800mg/g cr

* EOS : end of shift

2-3. 작업자 소변 분석

연구 대상 작업장 4곳의 작업환경측정 결과 총 12종류의 유기용제가 검출되었다. 생물학적 모니터링은 이들 작업장에서 주로 쓰이며 허용기준이 정립되어 있는 유기용제에 대하여 실시하였다. 톨루엔의 생물학적 모니터링으로 마노산을, 크실렌의 생물학적 모니터링으로 메틸마노산을, 에틸벤젠과 스티렌에 대해서는 만델산을 분석하였으며, 이들 4 종류의 유기용제는 전체 유기용제 총 노출의 56.2%에 해당하였다.

소변시료 분석시 기기는 자동시료주입기(WatersTM 717)와 펌프(WatersTM 510)를 연결하고 형광검출기(WatersTM 474)를 장착하여 분석하였다. 칼럼은 Nova-Pak C18(3.9×150mm I.d, 4 μ m; Waters)을 연결하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)를 NIOSH(1995)에서 제시한 방법에 따라 선형회귀식의 표준오차로 계산한 결과 마노산이 0.014 μ g/ml, 메틸마노산이 0.038 μ g/ml, 만델산이 0.031 μ g/ml 이었다.

Table 6. The operation conditions for the determination of hippuric acid and methyl hippuric acid by HPLC/UV*.

Description	Condition
Desorption	distilled water : acetonitrile : acetic acid = 900 : 100 : 0.2 (v/v)
Injection vol.	20 μ l
Column	Nova-Pak C18(3.9×150mm I.d, 4 μ m; Waters)
Mobile phase	distilled water : acetonitrile : acetic acid = 900 : 100 : 0.2 (v/v)
Wavelength	252nm

* UV : ultraviolet visible

2-4. 유기용제 누적 노출량 평가

유기용제의 비가역적인 중추신경계 장애는 대부분 만성적인 노출에 의해서 발생한다. 따라서 작업자들의 노출 평가는 단면적인 노출량을 측정하는 방법으로는 부적절하다. 그런데 유기용제의 과거 노출량을 평가하기가 쉽지 않다. 일단 작업환경 측정 보고서의 법적 보존 기간이 5년이어서 과거 노출 자료를 확보하기가 어렵다. 또한 작업자들이 부서이동이 잦았을 경우 노출량을 추정하기는 더욱 어려워진다. 따라서 현재의 자료를 이용하여 작업력을 고려하여 과거 노출량을 추정하는 것이 일반적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 작업자들의 건강 영향을 잘 반영할 수 있는 누적생체노출량을 노출지표로 사용하였다(Jang 등, 1999).

이 연구에서 사용하고자 하는 누적생체노출지수는 식 (1)과 같다.

$$CE = \sum(D \cdot E)_i \quad (1)$$

단, CE : 누적생체노출지수 D : 근무 연수
E : 혼합 생체 노출지수 i : 수행직무

누적생체노출지수는 개인별 각 직무내용별로 종사한 기간(D)에 수행직무별 혼합생체노출지수(E)를 곱한 값들의 합이다. 혼합생체노출지수는 각 유기용제별 생물학적 지표를 BEI로 나눈 값의 합이다.

3. 중추신경계 증상 조사

노출군을 대상으로 유기용제에 만성적으로 노출되어 발생하는 중추신경계 증상을 평가하기 위하여 증상설문을 실시하였다. 증상설문은 신경행동학 장애 스크린용으로 개발된 Scandinavian Questionnaire 16(SQ16)을 사용하였다 (Hogstedt 등, 1984).

D. 통계 처리 방법

이 연구에서 모든 통계 처리는 PC용 SPSS(Statistical Package for Social Science version 10.0)를 사용하였다. 우선 자세동요 변수들의 분포가 정규분포를 이루는지 Kolmogorov-Smirnov test를 이용하였다. 자세동요 변수들이 정규분포를 따르지 않아 정상 성인들의 성별, 연령별 분포를 검증하기 위해 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney test와 Kruskal-Wallis test를 사용하였다.

혼합 유기용제 노출 작업자들의 신경독성 평가시에는 일차적으로 자세동요 변수와, 자세동요 변수에 영향을 줄 수 있는 것으로 보고된 변수들과 상관관계 분석과 다변량 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석시에는 자세동요 변수에 자연 로그값을 취하여 분석에 이용하였다.

III. 연구 결과

A. 정상 성인들의 자세동요 정상치 조사

1. 연구 대상자의 자세동요 변수값 분포

연구 대상자의 성비는 남자가 130명으로 전체 대상자의 52.7%를 차지하였으며 여자는 117명으로 47.3%였다. 연령 분포는 20-34세가 39.3%로 가장 많았으며 35-49세가 38.5%, 50-64세가 22.3%를 차지하고 있었다. 성별로는 남자는 35-49세가 46.9%로 가장 많았으며, 여자는 20-34세가 45.3%로 가장 많아 성별 연령 분포가 달랐다.

연구 대상자의 26.3%(남자 : 47.7%, 여자 : 2.6%)가 현재 흡연하고 있다고 응답하였고, 과거흡연자는 13.8%이었으며, 비흡연자는 59.9%였다. 음주는 60.7%(남자 : 78.5%, 여자 : 41.0%)가 현재 음주를 하고 있었으며 비음주자는 39.3%이었다(Table 7).

연구 대상자의 면적_개안의 평균은 $1.79 \pm 0.81 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 0.79, 1.18, 1.65, 2.27, 3.36cm^2 이었으며, 길이_개안의 평균은 $35.16 \pm 5.48 \text{cm}$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 27.68, 31.29, 34.80, 38.29, 45.05cm 이었다.

면적_폐안의 평균은 $3.81 \pm 2.00 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 1.53, 2.40, 3.53, 4.65, 7.22cm^2 이었으며, 길이_폐안의 평균은 $53.05 \pm 12.40 \text{cm}$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 35.80, 44.29, 51.35, 60.46, 76.55cm 이었다(Table 8).

각 자세동요 변수의 분포는 정규분포를 취하지 않고 우측으로 꼬리가 긴 모양의 분포(right skewed distribution)를 보였다(Fig. 3-6).

Table 7. Comparison of general characteristics of study subjects between male and female.

Variables	Male (n=130)		Female (n=117)		Total (n=247)	
	n	%	n	%	n	%
Age						
20-34	44	33.8	53	45.3	97	39.3
35-49	61	46.9	34	29.1	95	38.5
50-64	25	19.2	30	25.6	55	22.3
Alcohol drinking						
Current drinker	102	78.5	48	41.0	150	60.7
Non drinker	28	21.5	69	59.0	97	39.3
Smoking						
Current smoker	62	47.7	3	2.6	65	26.3
Non-smoker	36	27.7	112	95.7	148	59.9
Ex-smoker	32	24.6	2	1.7	34	13.8

Table 8. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables in male and female.

Variables	Mean	S. D.	Percentiles				
			5	25	50	75	95
Area_EO	1.79	0.81	0.79	1.18	1.65	2.27	3.36
Length_EO	35.16	5.48	27.68	31.29	34.80	38.29	45.05
Area_EC	3.81	2.00	1.53	2.40	3.53	4.65	7.22
Length_EC	53.05	12.40	35.80	44.29	51.35	60.46	76.55

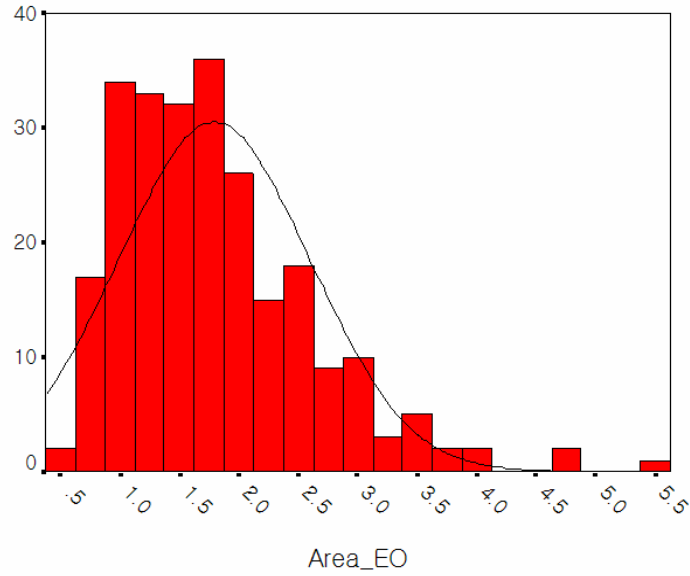


Fig. 3. Distribution of sway area in the condition of eyes open (Area_EO).

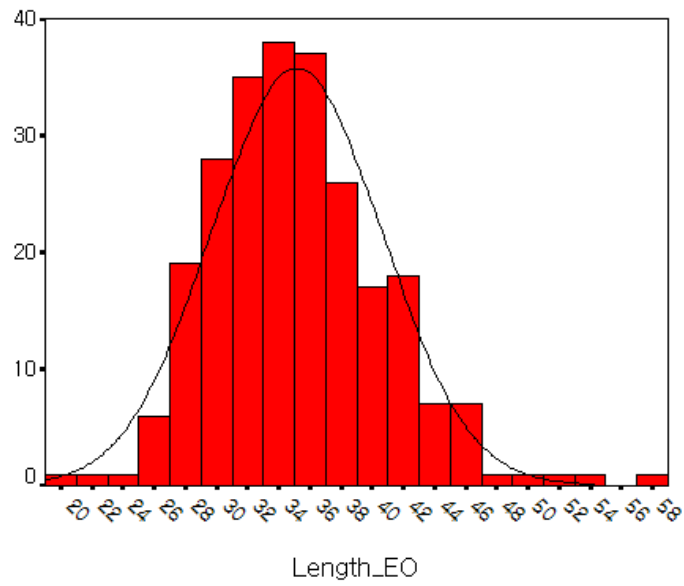


Fig. 4. Distribution of sway length in the condition of eyes open (Length_EO).

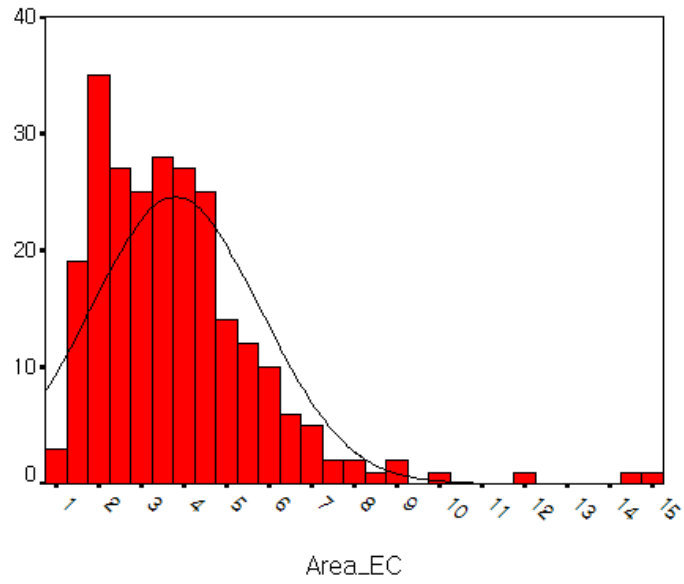


Fig. 5. Distribution of sway area in the condition of eyes closed (Area_EC).

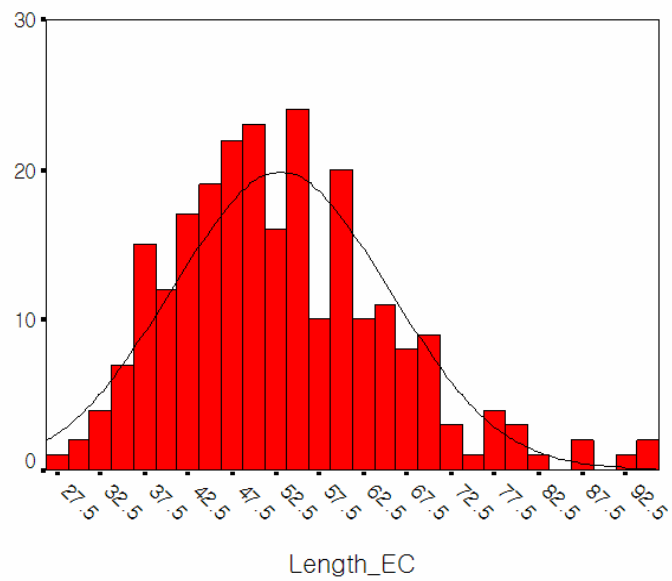


Fig. 6. Distribution of sway length in the condition of eyes closed (Length_EC).

2. 성, 연령이 자세동요 변수에 미치는 영향

2-1. 정상 남성들의 자세동요 변수값 분포

연구 대상자 중 남자들의 자세동요 변수의 분포를 조사하였다. 면적_개안의 평균은 $1.78 \pm 0.79 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 0.78, 1.16, 1.62, 2.27, 3.45cm^2 이었으며, 길이_개안의 평균은 $34.69 \pm 5.69 \text{cm}$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 27.03, 30.63, 34.21, 37.41, 44.73cm 이었다.

면적_폐안의 평균은 $3.63 \pm 1.72 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 1.38, 2.21, 3.38, 4.58, 6.71cm^2 이었으며, 길이_폐안의 평균은 $54.17 \pm 13.22 \text{cm}$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 34.45, 45.10, 51.98, 62.11, 78.55cm 이었다.

각 연령대별 자세동요 변수들의 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 Table 9에 제시되었다.

Table 9. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables of three age group in male.

Age	Sway variables	Mean	S. D.	Percentiles				
				5	25	50	75	95
20-34	Area_EO	1.67	0.60	0.74	1.12	1.56	2.20	2.66
	Length_EO	34.97	5.36	28.35	31.31	34.21	37.96	45.45
	Area_EC	3.40	1.48	1.35	2.26	3.02	4.60	6.64
	Length_EC	52.26	10.39	35.26	42.76	52.45	59.54	70.19
35-49	Area_EO	1.87	0.94	0.74	1.17	1.63	2.27	3.90
	Length_EO	34.49	6.14	25.90	29.78	34.39	37.41	43.40
	Area_EC	3.67	1.80	1.39	2.20	3.69	4.40	6.28
	Length_EC	54.45	13.41	34.11	44.41	51.08	63.98	79.03
50-64	Area_EO	1.74	0.69	0.79	1.19	1.63	2.31	3.14
	Length_EO	34.68	5.25	26.89	30.12	34.16	38.48	44.91
	Area_EC	3.94	1.95	1.47	2.21	3.94	5.95	7.23
	Length_EC	56.83	16.80	32.63	46.24	50.92	66.34	93.46
Total	Area_EO	1.78	0.79	0.78	1.16	1.62	2.27	3.45
	Length_EO	34.69	5.69	27.03	30.63	34.21	37.41	44.73
	Area_EC	3.63	1.72	1.38	2.21	3.38	4.58	6.71
	Length_EC	54.17	13.22	34.45	45.10	51.98	62.11	78.55

2-2. 정상 여성들의 자세동요 변수값 분포

연구 대상자 중 여자들의 자세동요 변수의 분포를 조사하였다. 면적_개안의 평균은 $1.80 \pm 0.83 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 0.80, 1.19, 1.70, 2.20, 3.19cm^2 이었으며, 길이_개안의 평균은 $35.67 \pm 5.22 \text{cm}$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 27.74, 31.93, 35.53, 38.58, 45.74cm 이었다.

면적_폐안의 평균은 $4.00 \pm 2.26 \text{cm}^2$ 이었고, 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 1.56, 2.58, 3.60, 4.84, 8.53cm^2 이었으며, 길이_폐안의 평균은 $51.81 \pm 11.34 \text{cm}$ 이었고,

5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 각각 35.85, 43.56, 51.28, 58.90, 71.13cm 이었다.

각 연령대별 자세동요 변수들의 5, 25, 50, 75, 95 백분위값은 Table 10에 제시되었다.

Table 10. Mean, standard deviation, and percentiles of sway variables of three age group in women.

Age	Sway variables	Mean	S. D.	Percentile				
				5	25	50	75	95
20-34	Area_EO	1.66	0.60	0.81	1.19	1.65	1.90	2.97
	Length_EO	35.41	5.13	25.84	32.09	35.53	38.19	45.83
	Area_EC	3.76	1.60	1.79	2.66	3.44	4.63	7.35
	Length_EC	50.79	10.71	34.20	44.52	50.22	55.85	66.23
35-49	Area_EO	1.56	0.79	0.64	1.01	1.58	1.85	3.13
	Length_EO	33.51	3.78	27.62	30.04	33.89	37.37	38.93
	Area_EC	3.42	1.68	1.33	1.99	3.14	4.42	6.71
	Length_EC	47.86	8.93	31.52	41.60	47.65	55.62	61.95
50-64	Area_EO	2.34	0.99	0.90	1.48	2.25	2.94	4.53
	Length_EO	38.58	5.58	28.54	34.50	38.99	42.50	47.92
	Area_EC	5.09	3.31	1.58	2.98	4.11	6.27	14.53
	Length_EC	58.07	12.54	39.56	45.70	58.90	67.91	82.24
Total	Area_EO	1.80	0.83	0.80	1.19	1.70	2.20	3.19
	Length_EO	35.67	5.22	27.74	31.93	35.53	38.58	45.74
	Area_EC	4.00	2.26	1.56	2.58	3.60	4.84	8.53
	Length_EC	51.81	11.34	35.85	43.56	51.28	58.90	71.13

2-3. 성이 자세동요에 미치는 영향

노년층(50-64세)에서 모든 자세동요 변수들의 크기가 남자보다 여자가 컸다. 이 중 면적_개안과 길이_개안은 통계학적으로 유의한 수준이었다. 중년층(35-49세)에서는 여자보다 남자가 모든 자세동요 변수의 크기가 컸으며 길이_폐안이 통계학적으로 유의하였다. 청년층(20-34세)에서는 면적_개안과 길이_폐안은 남자가 여자보다 크고, 길이_개안과 면적_폐안은 여자가 남자보다 컸으나 유의한 수준은 아니었다(Fig. 7-10).

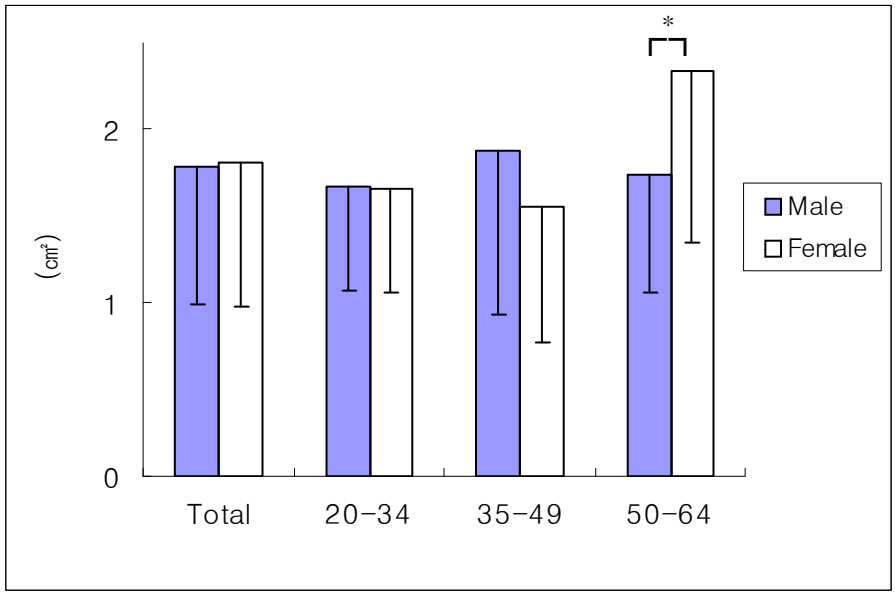


Fig. 7. Distribution of sway area in the condition of eyes open (Area_EO) by gender and age. *P<.05 by Mann-Whitney test.

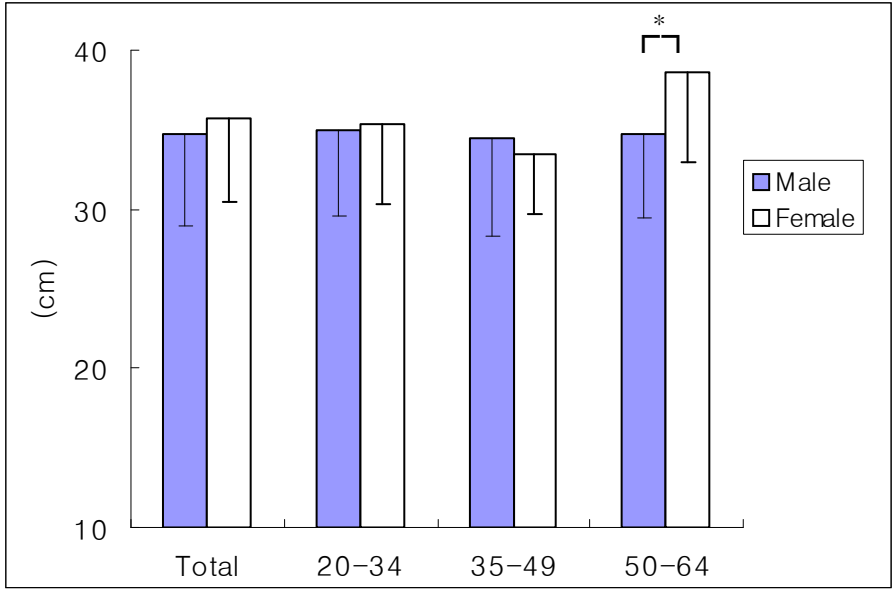


Fig. 8. Distribution of sway length in the condition of eyes open (Length_EO) by gender and age. *P<.05 by Mann-Whitney test.

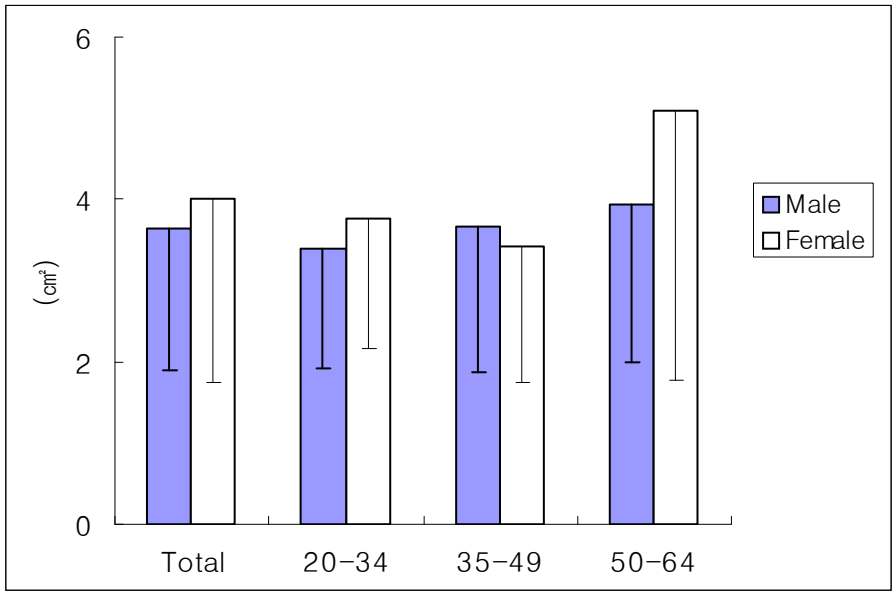


Fig. 9. Distribution of sway area in the condition of eyes closed (Area_EC) by gender and age.

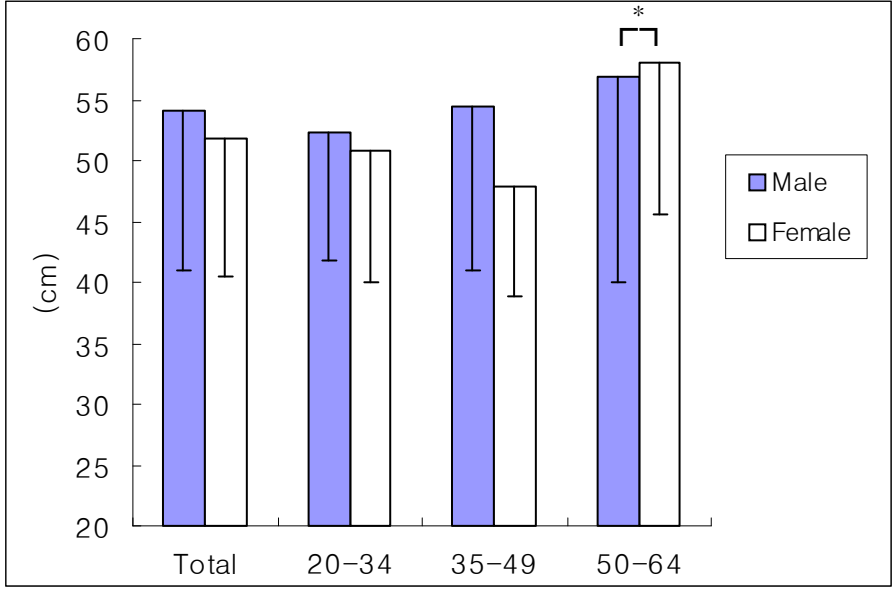


Fig. 10. Distribution of sway length in the condition of eyes closed (Length_EC) by gender and age. *P<.05 by Mann-Whitney test.

2-4. 연령이 자세동요에 미치는 영향

연령에 따른 자세동요 변수들의 평균과 표준편차를 Table 11에 제시하였다. 남자의 경우 연령에 따라 모든 자세동요 변수들이 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

여자의 경우는 모든 자세동요 변수들이 중년층에서는 값이 작아졌다가 노년층에서는 다시 커지는 U자형 패턴을 보이고 있었다. 모든 자세동요 변수들의 크기는 노년층(50-64세)에서 가장 컸으며 중년층(35-49세)에서 가장 작았다. 모든 자세동요 변수들에서 통계학적으로 유의하게 차이가 있었다($P < .1$).

Table 11. Sway variables as a function of gender(Mean \pm S.D.).

Gender	Variables	Age			P-value
		20-34	35-49	50-64	
Male	Area_EO	1.67 \pm 0.60	1.87 \pm 0.94	1.74 \pm 0.69	.848
	Length_EO	34.97 \pm 5.36	34.49 \pm 6.14	34.68 \pm 5.25	.764
	Area_EC	3.40 \pm 1.48	3.67 \pm 1.80	3.94 \pm 1.95	.648
	Length_EC	52.26 \pm 10.39	54.45 \pm 13.41	56.83 \pm 16.80	.742
Female	Area_EO	1.66 \pm 0.60	1.56 \pm 0.79	2.34 \pm 0.99	.000
	Length_EO	35.41 \pm 5.13	33.51 \pm 3.78	38.58 \pm 5.58	.000
	Area_EC	3.76 \pm 1.60	3.42 \pm 1.68	5.09 \pm 3.31	.061
	Length_EC	50.79 \pm 10.71	47.86 \pm 8.93	58.07 \pm 12.54	.004
Total	Area_EO	1.67 \pm 0.60	1.76 \pm 0.90	2.07 \pm 0.91	.023
	Length_EO	35.21 \pm 5.21	34.14 \pm 5.42	36.81 \pm 5.73	.012
	Area_EC	3.60 \pm 1.55	3.58 \pm 1.75	4.56 \pm 2.81	.116
	Length_EC	51.46 \pm 10.54	52.09 \pm 12.36	57.51 \pm 14.50	.046

* by Kruskal-Wallis test

B. 체평형검사를 이용한 혼합 유기용제 노출 작업자들의 신경독성 평가

1. 유기용제 성분과 농도

연구 대상 사업장의 유기용제 분석 결과를 Table 12에 제시하였다. A 작업장의 경우 5곳의 측정지점에서 검출된 유기용제는 에틸아세테이트, 메틸에틸케톤(MEK), 톨루엔, 메탄올이었으며 허용기준을 초과하는 공정은 없었으며 상가지수(EM)의 평균은 0.52였다. B 작업장의 경우 3곳의 측정지점에서 검출된 유기용제는 노말헥산, 아세톤, 에틸아세테이트, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 스티렌이었으며 허용기준을 초과하는 공정은 없었으며 상가지수(EM)값의 평균은 0.25였다. C 작업장의 경우 10곳의 측정지점 1곳이 허용기준을 초과하였다(상가지수 1.39). 검출된 유기용제의 종류는 노말헥산, 아세톤, 에틸아세테이트, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌이었으며 개별 유기용제가 허용기준을 초과하는 공정은 없었다. 상가지수의 평균은 0.63이었다. D 작업장에서는 3곳의 측정점에서 모두 메틸에틸케톤, 톨루엔, 염화메틸렌이 검출되었으며 허용기준을 초과하지 않았다. 상가지수의 평균값은 0.10이었다.

따라서 연구 대상자들의 노출을 종합하면 C작업장의 작업자들의 노출이 가장 높았으나 작업장 허용기준의 약 60%에 해당하는 수준이며, 거의 모든 연구 대상자들이 작업장 허용기준 미만의 저농도의 유기용제에 노출되고 있었다.

Table 12. Concentrations of organic solvents in each factory.

Factory	Solvents	TLV*	No. of detection	Mean*	Min*	Max*
A	Ethyl acetate	400	5	95.48	41.02	136.11
	MEK	200	5	9.06	3.88	14.01
	Toluene	100	5	23.20	11.17	32.01
	Methanol	200	2	0.99	0.44	1.53
	EM	1		0.52	0.23	0.73
B	n-Hexane	50	3	0.93	0.67	1.41
	Acetone	750	3	8.01	6.52	10.66
	Ethyl acetate	400	1	3.79		
	Toluene	100	1	0.78		
	Ethyl benzene	100	3	0.41	0.38	0.44
	p-Xylene	100	3	0.44	0.41	0.45
	m-Xylene	100	3	0.55	0.49	0.00
	o-Xylene	100	3	0.39	0.39	0.37
	Styrene	50	3	9.92	6.94	13.30
EM	1		0.25	0.18	0.34	
C	n-Hexane	50	6	0.44	0.11	1.10
	Acetone	750	10	80.14	22.06	224.99
	Ethyl acetate	400	10	5.18	1.81	13.06
	MEK	200	10	26.76	8.51	70.10
	Toluene	100	10	35.26	12.45	68.71
	Ethyl benzene	100	4	1.08	1.03	1.13
	p-Xylene	100	4	1.16	1.09	1.20
	m-Xylene	100	3	1.07	1.02	1.12
	EM	1		0.63	0.22	1.39
D	MEK	200	3	3.70	3.00	4.29
	Toluene	100	3	2.83	2.49	3.03
	Methylene chloride	50	3	2.52	2.17	2.96
	EM	1		0.10	0.08	0.11

* unit : ppm

2. 생물학적 모니터링 결과

노출군의 소변에서 분석한 생물학적 모니터링 결과 마뇨산의 평균 농도는 1.10g/g Cr이었으며, 메틸마뇨산의 평균 농도는 0.09g/g Cr, 만델산의 평균 농도는 29.97mg/g Cr이었다(Table 13).

Table 13. Biologic monitoring in exposed group.

Metabolites (unit)	BEI	Mean	S.D.	Min	Max
hippuric acid(g/g Cr)	2.5	1.10	0.86	0.02	3.38
methyl hippuric acid (g/g Cr)	1.5	0.09	0.17	0.00	0.63
mandelic acid (mg/g Cr)	800	29.97	122.15	0.00	664.84

3. 누적생체노출지수(CE) 분포

노출군의 누적생체노출지수(CE)의 평균값은 1.30이었고, 최소값은 0.01, 최대값은 6.67이었다(Table 14).

Table 14. Distribution of CE in exposed group.

Biologic monitoring	Mean	S.D.	Min	Max
CE	1.30	1.42	0.01	6.67

4. 노출군과 대조군의 자세동요 변수 비교

노출군과 대조군간의 자세동요 변수를 비교하였다. 면적_개안의 평균은 노출군에서 $2.13 \pm 0.96 \text{cm}^2$ 이었고 대조군은 $1.74 \pm 0.61 \text{cm}^2$ 로 통계학적으로 유의한 차이

가 있었다. 길이_개안도 노출군에서 38.54±8.24cm로 대조군의 34.40±5.36cm보다 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 면적_폐안은 노출군에서 3.61±2.12cm²로 대조군의 3.59±1.64cm²와 유의한 차이가 없었으며 길이_폐안도 노출군에서 54.30±19.18cm로 대조군의 51.91±11.69cm²와 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 15).

Table 15. Comparison of sway variables of study population.

Sway variables	Exposed group		Control group		P-value [†]
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Area_EO*	2.13	0.96	1.74	0.61	.039
Length_EO*	38.54	8.24	34.40	5.36	.003
Area_EC	3.61	2.12	3.59	1.64	.535
Length_EC	54.30	19.18	51.91	11.69	.806

* P<.05

[†] by Mann-Whitney test

5. 일반적 특성과 자세동요 변수와의 상관관계

자세동요 변수들과 이에 영향을 미칠 수 있는 일반적 특성과 상관분석 결과이다. 일반적 특성들은 자세동요 변수와 유의한 상관관계를 보이지 않았다 (Table 16).

Table 16. Correlation coefficients between sway variables and general characteristics.

Variables	Area_EO	Length_EO	Area_EC	Length_EC
Age	0.025	-0.048	0.098	-0.074
Height	0.264	0.164	0.092	0.146
Weight	0.256	0.079	0.080	0.136
BMI	0.085	-0.050	0.027	0.048
Drinking amount	0.286	0.164	0.214	0.121
Smoking amount	0.006	0.123	0.202	0.039

6. 누적생체노출지수와 자세동요 변수와의 상관관계

노출군을 대상으로 누적생체노출지수(CE)와 각 자세동요 변수와 상관관계를 알아보았다. 누적생체노출지수와 면적_개안과 면적_폐안에서 유의한 양의 상관관계($P < .05$)를 보였다. 하지만 누적생체노출지수와 자세동요 길이 간에는 유의한 상관관계가 보이지 않았다(Table 17).

Table 17. Correlation coefficients between sway variables and CE in exposed group.

Variable	Area_EO	Length_EO	Area_EC	Length_EC
CE	0.555*	0.034	0.405*	0.004

* $P < .05$

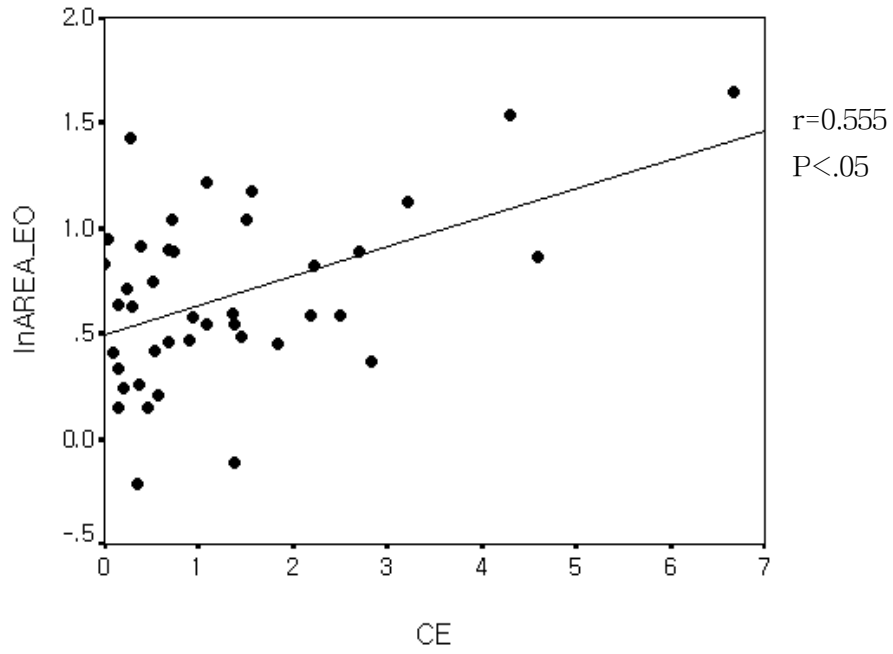


Fig. 11. Correlation between lnArea_EO and CE

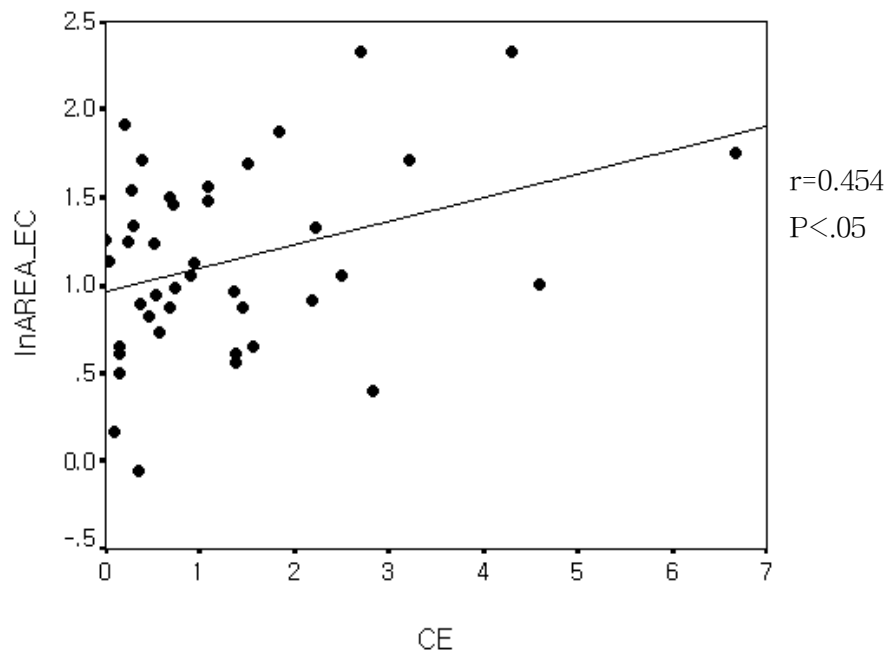


Fig. 12. Correlation between lnArea_EC and CE

7. 자세동요에 영향을 주는 요인 회귀 분석

자세동요 변수들에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 각 자세동요 변수값에 자연로그를 취하여 종속변수로 하고, 유기용제 노출여부, 성, 나이, BMI, 주당 음주량, 누적 흡연량을 독립변수로 하여 다중선형회귀분석을 실시하였다. 분석결과 면적_개안과 길이_개안에 영향을 미치는 요인은 노출여부만이 유의한 영향을 미치고 있었다.

면적_폐안은 BMI와 음주량이, 길이_폐안은 음주량이 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었다(Table 18).

Table 18. Result of multiple regression analysis for the effect of solvent exposure to postural body sway.

sway variables	Independent Variables	Adjusted β	P-value	R ²
lnArea_EO	Exposure	0.231	.010	0.113
	Gender	-0.104	.419	
	Age	0.116	.319	
	BMI	0.091	.330	
	Drinking amount	0.130	.187	
	Smoking amount	0.096	.371	
lnLength_EO	Exposure	0.289	.001	0.119
	Gender	0.105	.412	
	Age	0.086	.460	
	BMI	-0.033	.728	
	Drinking amount	0.138	.165	
	Smoking amount	0.092	.397	
lnArea_EC	Exposure	-0.012	.892	0.079
	Gender	0.040	.759	
	Age	0.058	.625	
	BMI	0.208	.031	
	Drinking amount	0.168	.096	
	Smoking amount	0.086	.433	
lnLength_EC	Exposure	0.045	.622	0.070
	Gender	0.000	.998	
	Age	0.097	.412	
	BMI	0.127	.187	
	Drinking amount	0.210	.040	
	Smoking amount	0.058	.597	

8. 누적생체노출지수 수준에 따른 자세동요 변수

누적생체노출지수 정도에 따라 노출군을 분류하여 대조군과 유의하게 차이를 보이는 변수(면적_개안, 길이_개안)를 비교하였다. 노출군의 분류는 노출 정도와 작업자의 수를 고려하여 누적생체노출지수가 0.5미만, 0.5이상-1미만, 1이상-2미만, 2이상인 작업자 등 4군으로 분류하였다.

누적생체노출지수가 증가함에 따라 면적_개안의 크기가 커져 양-반응 관계가 있었다. 대조군의 평균과 비교하였을 때에는 4개 군 모두 대조군보다 값이 컸다. 대조군에 비하여 누적생체노출지수가 1이상-2미만인 군에서 면적_개안의 크기가 20%, 누적생체노출지수가 2이상인 군에서는 60% 증가한 소견을 보였다. 길이_개안의 크기도 대조군보다 뚜렷한 양-반응 관계를 보이지 않았으나 누적생체노출지수가 0.5이상-1미만을 제외한 모든 군에서 대조군보다 10%이상 증가한 소견을 보였다(Table 19).

누적생체노출지수가 2 이상인 군에서는 면적_개안, 길이_개안 두 변수 모두 대조군의 평균보다 표준편차 이상을 초과하여 작업장 허용기준 농도에서 2년 이상 혼합 유기용제에 노출된 작업자들은 체평형검사를 통하여 의미있는 자세동요 증가가 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 13, 14).

Table 19. Mean and S.D. of Area_EO and Length_EO by degree of CE.

Variables	CE*	N	Mean	S.D.	RC†
Area_EO	<0.5	14	1.85	0.86	1.07
	0.5-0.99	9	1.95	0.54	1.12
	1-1.99	9	2.09	0.85	1.20
	≥2	9	2.78	1.31	1.60
Length_EO	<0.5	14	38.61	7.28	1.12
	0.5-0.99	9	35.72	3.49	1.04
	1-1.99	9	38.84	6.96	1.13
	≥2	9	40.92	13.32	1.19

*CE : life time cumulative exposure of mixed organic solvent

† RC : Ratio of mean value of exposed group to that of control group.

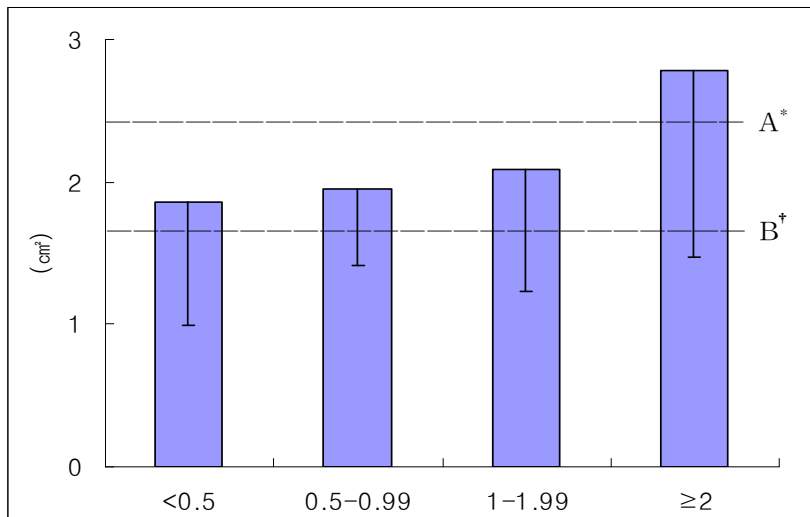


Fig. 13. Mean value of Area_EO of exposed group by degree of CE.

* A: mean+S.D. of control group (2.35), † B: mean of control group (1.74).

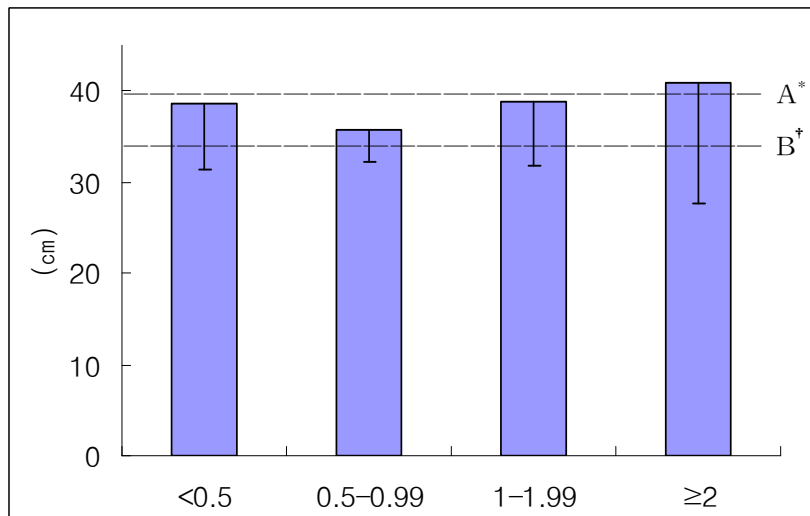


Fig. 14. Mean value of Length_EO of exposed group by degree of CE.

* A: mean+S.D. of control group (39.76), † B: mean of control group (34.40).

9. 중추신경계 증상과 자세동요 변수의 관계

중추신경계 증상과 자세동요 변수와의 상관관계를 Table 20에 나타내었다. 자세동요 변수와 Scandinavian Questionnaire 16(SQ16) 점수와는 유의한 상관관계가 보이지 않았다.

노출군을 SQ16 결과에 기초하여 질병 의심자와 비의심자로 나누어 자세동요 변수를 비교한 결과에서도 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 21).

Table 20. Correlation coefficients between sway variables and symptom questionnaire in exposed group.

Symptom questionnaire	lnArea_EO	lnLength_EO	lnArea_EC	lnLength_EC
SQ16*	-0.11	-0.06	-0.08	-0.07

* Scandinavian Questionnaire 16

Table 21. Comparison of sway variables between disease suspects and disease non-suspects.

Sway variables	Disease suspect		Disease non-suspect		P-value
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Area_EO	2.28	1.32	2.08	0.81	.564
Length_EO	37.98	5.59	38.51	9.49	.857
Area_EC	3.53	1.58	3.69	2.42	.839
Length_EC	54.21	14.66	53.94	21.09	.969

IV. 고 찰

작업장에서 노출되는 중금속이나 유기용제 등 화학물질에 의한 중추 신경계 영향을 증상만으로 조기에 발견하는 것은 거의 불가능하다. 이것은 신경계 증상들은 거의 대부분 비특이적이기 때문에 직업적으로 유기용제에 노출되는 경우에도 흔히 간과하기 쉽고 증상이 발견될 시점에는 이미 비가역적 중추신경계 손상이 발생한 경우가 대부분이기 때문이다. 증상이 발생되기 전에 보다 일찍 신경계 손상을 찾아서 경고하는 일과 모니터링으로 사용할 수 있는 방법의 개발은 산업보건 분야에서 대단히 중요한 일이다. 유기용제에 대한 특수 건강진단의 효과가 거의 없는 현실을 감안하면 더욱 그 필요성이 절실하다. 이러한 방법들은 조기에 신경계 영향을 발견할 수 있어야 함은 물론이고 비침습적이어야 하면서 검사 시간이 짧고, 비용이 적게 들어야 하는 방법이어야 할 것이다.

체평형검사는 이러한 조건들을 충족시키는 방법이라고 판단된다. 증상이 전에 신경계 독성을 찾아낼 수 있으며, 비용이 저렴하고, 검사 시간이 3분 이내로 짧게 걸리며, 해석이 쉽고, 비침습적인 방법이다. 그리고 장비가 간단하여 이동성을 갖춘 장비도 개발되어 있다. 또한 작업장 공기를 측정하는 작업환경 모니터링(external monitoring)이나 내부용량(internal dose)을 감시하는 생물학적 모니터링이 아닌 건강영향에 대한 모니터링(effect monitoring)이라는 특징을 가지고 있다.

이 연구에서 정상인들의 자세동요 변수의 정상치를 조사하기 위하여 경기도에 위치한 한 대학병원에 건강진단을 위해 내원한 수검자를 연구 대상으로 선정하였다. 이렇게 조사 대상자를 대학병원 한 곳에서만 선정하여 우리나라 전체 성인 정상인들을 대표하기에 표본의 분포가 지나치게 편중되어 있다는 제한점이 있다. 본 연구에서는 자세동요 변수에 영향을 미치는 직업력, 음주, 과거병력 등 평형 기능에 영향을 줄 수 있는 요인을 배제한다면 지역에 따른 자세동요 변수의 차이가 없을 것이라고 가정하였으나 추후 보완 연구가 필요할 것으로 판단된다.

정상인들을 대상으로 한 연구 대상자들은 일반건강진단, 성인병 건강진단, 채용시 건강진단을 받으러 내원한 수검자들이다. 정상인들을 모집단으로 건강진단 수검자들을 표본으로 삼을 때 문제점은 자신이 건강에 이상을 느낀다고 생각할수록 건강진단에 참여할 가능성이 많아져 생기는 선택 편견(selection bias)을 생각할 수 있다. 본 연구에 참여한 수검자들은 일부 성인병 건강진단 수검자를 제외하고는 일반건강진단, 채용시 건강진단 수검자들로 의무적으로 건강진단을 받아야 하는 사람들이어서 이러한 선택 편견은 크지 않을 것으로 판단된다. 또 건강진단 대상자들을 선택할 경우 신경독성물질의 노출된 경우를 비교적 쉽게 배제할 수 있고 당뇨병, 저혈당, 어지럼증, 심장질환, 신경정신질환 등 몸의 균형 유지에 지장을 주는 질환들을 발견해 낼 수 있는 장점이 있다. 이 연구에서는 검사 전 문진을 통해 과거 질병력과 현재 건강상태를 확인하였으며 건강진단 결과를 참고하여 당뇨병, 심장질환 의심자를 분석 대상에서 제외하였다.

정상인의 자세동요 정상치와 관련해서 다른 연구결과와의 비교는 어려웠다. 이 연구에서 사용된 체평형검사기가 이비인후과 영역에서 어지러움을 호소하는 환자들을 진단하기 위하여 사용하는 동적 체평형검사기(dynamic posturography)와는 달리 주로 집단간의 비교에 사용되었기 때문에 정상치에 대한 연구가 외국에서도 거의 없었다. 뿐만 아니라 연구 기관마다 측정시간, 측정변수, 발의 위치 등 검사 조건들이 달라서 간접적인 비교도 불가능하였다.

성별 자세동요 변수의 분포에서 가장 차이가 심했던 연령층은 노년층(50-64세)이었다. 노년층에서 여성의 자세동요 변수가 남자보다 컸다. 성별이 자세동요 변수에 미치는 영향을 체계적으로 연구한 결과는 많지 않지만 본 연구의 결과는 기존의 연구와는 다른 양상이다. Juntunen 등(1987)은 건강한 여성들이 남성들보다 자세동요가 유의하게 작다고 보고하였으며 Kollegger 등(1992)은 자세동요 길이가 중년층에서 남자가 여자보다 유의하게 길고, 노년층에서 이러한 차이는 커진다고 하였다. Terekhov(1976)의 연구에서도 여자들의 자세동요의 진폭이 남자들보다 작았다. 또한 한편으로 Njiokiktjien과 De Rijke(1972)은 남녀의 자세동요 변수의 차이가 없다고 보고하였고, 노인들에게서 시각, 전정기관, 신체

감각을 고려했을 때 남녀 차이가 나지 않는다는 보고도 있다(Straube 등, 1988). 본 연구에서 노년층 여성의 자세동요 변수가 남성보다 큰 이유는 설명하기 위해서는 연구 대상자들의 육체적 활동, 작업 능력 등에 대한 보다 자세한 정보가 필요하다고 생각된다. 자세동요 변수의 개인간 변이가 크다고 하더라도 체평형검사기를 이용한 연구나 진료에 있어서는 50대 이후의 대상자에서는 성별을 고려해서 결과를 해석해야 할 것으로 판단된다.

연령에 따라 자세동요가 증가한다는 연구 결과는 비교적 널리 보고되어 있다(Yagi, 1989; Kollegger 등, 1992; Hamman 등, 1995; Akahira 등, 1999; Blaszczyk 등, 2000). 연령이 높아질수록 신경근육조절(neuromuscular control)과 감각신경의 수용을 담당하는 신경퇴화의 결과로 젊은이들에 비하여 감각신호가 간섭을 받고 생리적 둔화가 발생한다(Welford, 1981; Blaszczyk 등, 1993; 1994). 또 생물공학적으로 나이가 든 사람은 적절한 COP를 평가하지 못해 균형유지가 힘들어진다(Blaszczyk 등, 1994). 이 연구에서 남자의 경우 연령증가가 자세동요 변수에 유의한 영향을 미치지 않은 반면 여자의 경우는 50대 이후 노년층에서 자세동요가 증가하였으며 중년층(35-49)에서 모든 자세동요 변수들이 가장 작았다.

이 연구에서는 유기용제 노출량 평가로 누적생체노출지수를 사용하였다. 이 지표는 작업환경측정자료가 아닌 생물학적 모니터링 자료를 바탕으로 평가된다. 작업 종료 후 작업자들이 소변을 채취하여 노출 유기용제에 대한 대사산물을 측정하여 개인을 단위로 하여 노출량을 평가하였다. 생물학적 모니터링결과를 평가함에 있어서 유의할 점은 그 값 자체가 절대적인 의미를 갖는 것이 아니고 환경평가와 함께 종합적인 평가를 할 수 있도록 하는 상호보완관계라는 것이다. 생물학적 모니터링 결과는 항상 부분적으로 실제 노출도가 과대평가되는 요인과 과소평가되는 요인이 동시에 포함되어 있다. 생물학적 모니터링이 모든 노출 유기용제에 대하여 실시되지 못한다는 점에서 개별적인 결과만으로 평가를 할 경우 실제 노출에 비하여 과소평가된다는 것을 생각하여야 한다.

이번 연구 대상자들은 여러 유기용제에 노출되고 있다. 따라서 어느 한

유기용제의 농도나 대사산물로는 노출의 상대적인 크기를 정확하게 나타내기 어려운 제한점이 있다. 따라서 이번 평가에서는 혼합 유기용제에 대한 종합평가의 원리를 적용하여 각 생물학적 모니터링 항목의 값을 각각의 기준치로 나누어 더한 값을 혼합생체노출지수(E)란 이름으로 평가에 사용하였다. 그 계산방법상 혼합생체노출지수의 값이 1인 경우 허용기준과 같다는 의미를 갖는다. 이와 같은 방법은 아직은 ACGIH 등에 의해 생물학적 모니터링의 평가 방법으로 공식적으로는 권고되고 있는 방법은 아니다. 그러나 생물학적 모니터링의 기준치가 작업장 허용기준에 해당하는 값으로 설정되고 있는 기본원리와 작업장 환경평가에서 혼합물의 평가를 상가적으로 계산하고 있다는 원리에 비추어 볼 때 평가상의 문제는 없는 것으로 생각된다. 이와 같은 방법으로도 생물학적 모니터링이 노출되고 있는 유기용제 전부에 대하여 실시되고 있지 않다는 점에서 실제 위험도보다 낮게 평가되기 마련이고 이 값의 허용기준 초과여부를 질병이나 안전보전에 관한 절대적인 판정기준이 아닌, 노출의 정도를 나타내는 용도로 사용하는 범위에서는 문제가 없는 것으로 생각된다. Jang 등(1999)은 모 조선소 도장부서 작업자들을 대상으로 한 신경독성 연구에서 본 연구에서 사용한 지표를 노출량으로 사용하여 노출군들의 신경심리검사와 좋은 양-반응 관계가 나타남을 보고하였다.

흡연은 혈중 헤모글로빈과 결합하는 산소의 양을 감소시켜 뇌로 가는 산소 부족 현상을 일으킬 수 있다. 흡연이 자세동요에 영향을 미친다는 것은 보고는 거의 없다. 다만 비흡연자에 비하여 흡연자는 단기적으로는 차이가 없으나 장기간에 걸쳐 흡연을 한 사람들에서 자세동요가 증가하였다는 Iki 등(1994)의 보고는 있으나 일반적으로 분석에 통제가 필요한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 본 연구에서 누적흡연량은 자세동요 변수들을 증가시키는 방향으로 작용하였지만 모두 유의한 수준은 아니었다.

음주량의 경우 알코올이 만성적 신경독성이 있음을 감안한다면 반드시 통제해 주어야 할 변수로 생각되었다. 알코올에 대한 급성 영향으로 Kubo 등(1989), Uimonen 등(1994), Nieschalk 등(1999)의 보고에서 자세동요와의 관련성을 보고하였는데 이들 연구에 의하면 혈중 알코올 수준이 어느 정도 이상 되어

야 자세동요에 영향을 주는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 노출군, 대조군 모두 검사 전날 음주한 사람은 분석 대상에서 제외하여 알코올의 급성 영향을 배제하였다.

이 연구를 진행하면서 유기용제의 급성 노출이 자세동요에 미치는 영향을 배제하기 위하여 가능하면 오전에 검사를 실시하였다. 그러나 작업여건상 오전에 실시하지 못한 작업자들이 있었다. 그러나 유기용제의 급성영향이 자세동요에 영향을 주지 않는다는 연구가 다수 존재한다. 이경중 등(2002)이 스티렌에 노출되는 작업자들을 오전과 오후 체평형검사를 시행한 결과 자세동요 변수간에 유의한 결과를 보이지 않았으며, Smith 등(1997)이 항공연료에 노출되는 작업자들의 체평형검사에서도 오전과 오후에 시행한 연구 대상자들의 자세동요 변수들간에 유의한 차이가 없었다. 메틸에틸케톤과 아세톤에 노출시킨 실험연구에서도 급성 노출로 인한 자세동요 변수의 유의한 차이를 보이지 않았다(Dick 등, 1988; 1989). 본 연구에서도 오후에 검사를 실시한 B 작업장과 다른 작업장의 대상자들의 자세동요 변수들간에 유의한 차이를 보이지 않아 급성 노출이 영향을 주지 않았을 것으로 판단한다.

이 연구에서 사용한 SQ16은 다른 연구(Hogstedt 등, 1984; Cherry 등, 1985; Bolla 등, 1990)를 통해 타당성이 입증된 것이다. 그러나 SQ16의 증상점수와 자세동요 변수들 사이에 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 비특이적인 증상들로 구성된 설문지가 가지는 한계점에 기인한다고 판단된다. 이와 같이 유기용제 노출군에서 자각증상이 대조군과 차이가 나지 않음에도 객관적인 검사결과는 이상을 보이는 경우는 다른 연구에서도 보고된 바 있다. 사공준 등(1997)의 연구에서는 유기용제 노출군에서 자각증상과 정서장애가 대조군과 차이가 없었지만 신경행동학적 검사의 모든 검사 항목에서 노출군이 대조군에 비해 검사성적이 낮았으며 단순반응시간, 부호숫자짜짓기, 숫자외우기에서 유의한 차이를 보였다고 한다. Juntunen 등(1982)은 만성독성뇌병증으로 진단받은 80명의 환자를 추적 조사한 결과 주관적인 자각증상은 감소하였지만 걸음걸이와 자세를 포함한 신경학적 기능은 저하된다고 보고하였다.

이 연구에서 노출량 평가로 사용된 지표인 누적생체노출지수가 어느 수준부터 자세동요에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 노출군을 누적생체노출지수 수준에 따라 4개의 군으로 나누어 비교하였다. 누적생체노출지수가 0.5 미만인 1군인 경우 면적_개안의 크기는 대조군보다 7% 증가하였으며, 길이_개안 크기는 12% 증가한 소견을 보였다. 이러한 결과는 작업장 허용기준의 1/2농도에서 1년간 근무한 작업자도 작은 수준이지만 자세동요가 영향을 받을 수 있다는 것을 의미한다. 또 누적생체노출지수가 2 이상인 4군에서는 면적_개안, 길이_개안의 크기가 대조군과 비교하여 60%, 19% 증가하였고, 표준편차 이상의 차이를 보여 작업장 허용기준에서 2년 이상 근무한 경우 자세동요 크기가 의미있게 증가함을 암시하고 있다.

직립 자세에서 평형 유지는 시각, 내이의 평형감각, 근골격계의 심부감각을 사용하여 이루어진다. 이중 시각이 차단되면 평형감각과 심부감각만을 이용하게 된다. 유기용제에 노출된 작업자가 신경계 영향을 받았다고 가정한다면 눈을 감은 조건에서는 시각에 의한 정보로 신경 독성을 보상하지 못하므로 자세동요 변수가 눈을 뜬 조건보다 대조군과 더 큰 차이가 나타난다고 예상할 수 있다. Kuo 등(1996)과 Smith 등(1997)이 유기용제 노출자를 대상으로 한 연구에서도 눈을 뜬 조건보다 눈을 감은 조건에서 대조군에 비하여 자세동요 변수가 더 예민하였다. 그러나 이 연구에서 눈을 뜬 조건의 변수(면적_개안, 길이_개안)들이 노출군과 대조군간의 유의한 차이를 보였다. 이와 유사한 결과를 보인 연구로 Yokoyama 등(2002)이 납, 유기용제 노출 작업자를 대상으로 체평형검사를 실시한 결과 자세동요 면적이 눈을 감은 조건에서는 대조군과 유의한 차이가 없었지만 눈을 뜬 조건에서는 유의한 차이가 있었다. 역시 Yokoyama 등(1998)이 일본의 동경 지하철 내에서 화학 무기의 일종인 sarin에 노출된 승객들을 대상으로 한 연구에서도 눈을 뜬 조건에서만 자세동요 면적이 대조군과 유의한 차이가 있었다. Yokoyama 등(1997)의 납 노출 작업자들을 대상으로 한 다른 연구에서도 눈을 감은 조건에서는 대조군과 유의한 차이가 없는 반면 눈을 뜬 조건에서는 유의한 차이가 있었다. 이러한 연구결과를 설명할 수 있는 한 가지 가설로 이 연

구를 포함하여 눈을 뜬 조건에서 대조군과 유의한 차이를 보인 연구들이 동양인들을 대상으로 하였다는 점에서 인종적인 특성이 작용하였을 가능성이 있다. 그러나 현재까지 유기용제의 노출이 평형 유지에 미치는 기전이 명확하지 않은 상태에서 눈을 뜬 조건에서만 자세동요 변수가 유의한 차이를 보인 결과를 설명하기는 쉽지 않다. 향후 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

이 연구에서는 눈을 뜬 조건에서 자세동요 면적(면적_개안)이 가장 예민한 변수였다. 면적_개안은 노출군에서 누적생체노출량과 유의한 양-반응 관계가 있었으며 대조군과의 비교에서도 유의한 차이를 보였다. 길이_개안도 유의한 양-반응 관계를 보이지는 않았지만 대조군과의 비교에서는 유의한 차이를 보였다. 이와 같이 본 연구 결과만 해석한다면 유기용제 노출 작업자를 대상으로 체평형검사를 할 때에는 눈을 뜬 조건에서만 실시하는 것이 효율적인 방법으로 판단된다. 그러나 유기용제 노출자를 대상으로 눈을 감은 조건의 변수들이 더 예민하다는 다른 연구 보고들(Kuo 등, 1996; Smith 등, 1997)도 있으므로 유사한 직업에 종사하는 작업자들을 대상으로 추가적인 연구가 필요하며, 검사 변수를 선택할 때에는 신중을 기해야 한다.

요약하자면 체평형검사를 실시하고 해석하는 경우 청년층에서는 성별 구분이 필요없지만 중년층 이상 특히 노년층에서는 성별의 차이를 반드시 고려해야 한다. 그리고 혼합 유기용제에 노출되는 작업자들은 작업장 노출기준 이하의 노출 수준에서 신경계 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었다. 단면적인 체평형검사로써 개인의 건강영향을 평가하기 어려운 제한점이 있지만 누적노출량이 증가함에 따라 자세동요 변수들도 증가하므로 유기용제 노출 작업자들을 대상으로 주기적으로 체평형검사를 실시하여 자세동요 변화를 관찰하는 것이 신경독성을 평가할 수 있는 방법이라고 판단된다.

V. 결 론

이 연구의 목적은 체평형검사를 이용하여 정상인들의 자세동요 정상치를 조사하고 허용기준 이하의 혼합 유기용제에 노출되는 작업자들의 신경독성을 평가하는데 있다.

혼합유기용제를 사용하는 4개 작업장의 41명의 작업자를 선정하여 체평형 검사와 작업환경 모니터링, 생물학적 모니터링, 증상설문조사를 실시하였다. 혼합 유기용제 노출 작업자들의 노출량은 작업력과 생물학적 모니터링 자료를 바탕으로 누적생체노출지수를 개발하여 노출의 지표로 삼았다. 대조군으로는 정상인들의 자세동요 변수 정상치 산정에 참여한 연구대상자들을 노출군과 성, 연령을 층화하여 1:2의 비율로 무작위추출하여 선정하였다.

혼합유기용제 작업자들의 누적생체노출지수는 자세동요 면적(면적_개안, 면적_폐안)에서 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 대조군과 비교하였을 때 눈을 뜬 조건에서 자세동요 길이와 면적(면적_개안, 길이_개안)이 대조군과 비교하여 유의하게 컸으며 성, 나이, BMI, 주당 음주량, 누적 흡연량을 통제한 후에도 유의한 차이가 있었다. 증상 설문결과와 자세동요 변수간에는 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

이 연구결과는 허용농도 이하의 저농도의 혼합유기용제 노출 작업자들이 신경독성영향을 받고 있을 가능성을 제시하고 있다. 향후 저농도 유기용제 노출 작업자들을 대상으로 보다 철저한 보건관리가 이루어져야 하며 유기용제의 신경독성을 조기에 평가하는데 체평형검사를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 김상아, 김은주, 박웅섭, 정상혁. 여성 미용사의 만성 유기용제 폭로에 의한 정신신경학적 증상에 영향을 미치는 요인분석. *대한산업의학회지* 14(1):13-23, 2002
2. 김선민, 조수현, 임현술, 김현. 저농도 복합유기용제 폭로 근로자의 주관적 자각증상에 관한 연구. *대한산업의학회지* 5(1): 104-113, 1993
3. 김수영, 김정윤, 이연경, 이석구, 이영수, 조영채, 이태용, 이동배. 드라이클리닝 근로자들의 유기용제 폭로와 자각증상. *예방의학회지* 31(4):628-643, 1998
4. 노동부. 2002 産業災害分析. 2003
5. 노동부. 2003년도 작업환경관리 현황. 2004
6. 노동부. 작업환경측정 실시규정. 노동부 고시 제94-46호. 1994
7. 백남원, 이영환, 윤충식. 우리나라 산업장 근로자의 유기용제 폭로에 관한 연구. *한국산업위생학회지* 8(1): 88-94, 1998
8. 변정식, 김정윤, 조영채, 김동현. 신발제조업체의 접착제 사용에 따른 직접·간접폭로 근로자들의 복합유기용제 폭로량과 자각증상 비교. *한국산업위생학회지* 5(1):48-58, 1995
9. 사공준, 정종학, 이학용. 유기용제 폭로 근로자의 신경정신증상과 신경행동학적 검사의 관련성. *대한산업의학회지* 9(1):49-60, 1997

10. 서인선. 유기용제 취급근로자의 자각증상에 관한 연구. *산업간호학회지* 5:5-20, 1996
11. 손명호, 손석준, 최진수. 저농도 만성적인 유기용제 폭로시 자각증상과 Flicker 검사치와의 연관성. *예방의학회지* 27(3):557-568, 1994
12. 양선희, 이무식, 신동훈. 섬유가공업체 코팅 부서 근로자들의 유기용제 만성 폭로에 의한 신경행동학적 수행능력의 변화. *대한산업의학회지* 10(2):227-239, 1998
13. 이경중, 박재범, 이규원, 임광진, 장규엽, 방철우. Styrene에 노출된 근로자의 요증 phenylglyoxylic acid와 postural body sway의 관련성. *대한산업의학회지* 14(4):459-467, 2002
14. 이덕희, 박인근, 김진하, 이용환, 강성규, 김두희. 복합유기용제의 누적 폭로 정도에 따른 신경행동학적 변화. *예방의학회지* 28(2):386-397, 1995
15. 이승훈, 윤능기, 이종영, 서석권. 유기용제 취급자들에게 정신증상. *예방의학회지* 25(1):1-12, 1992
16. 장재연. 사업장에서 유기용제에 의한 위해도 평가에 관한 기초 연구. 근로복지공사 직업병연구소, 1990
17. 정호근, 장재연, 이경중, 주인수, 김재일, 박범, 이순영, 김병석, 김호성, 임성빈, 이은소, 김남수, 김장성, 민병현, 원예연, 조재현, 안재인, 강원형, 허균, 이세휘, 전창훈. 도장부서 근로자의 유기용제와 반복작업에 의한 건강영향 및

작업환경 평가. 아주대학교 의료원 1997

18. 조영숙. 만성적 유기용제 폭로로 인한 조선업 도장공들의 신경행동학적 영향에 관한 연구. *산업간호학회지* 6(1):53-71, 1997
19. 조정민, 이숙희. 유기용제 취급근로자가 호소하는 신체증상과 그 인식 및 태도에 관한 연구. *한국보건간호학회지* 8(2):57-64, 1994
20. 천용희, 문영한. 유기용제 취급의 자각증상호소에 대한 연구. *예방의학회지* 17(1):295-298, 1984
21. 천용희. 혼합유기용제에 폭로된 근로자의 만성독성뇌장애. *대한산업의학회지* 3(2):216-219, 1991
22. Antti-Poika M, Ojala M, Matikainen E, Vaheri E, Juntunen J. Occupational exposure to solvents and cerebellar, brainstem and vestibular functions. *Int Arch Occup Environ Health* 61(6):397-401, 1989
23. Akahira T. Gait disturbance in aging and equilibrium disorders--body sway research no. 45. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 102(2):277-285, 1999
24. Baloh RW, Jacobson KM, Beykirch K, Honrubia V. Static and dynamic posturography in patients with vestibular and cerebellar lesions. *Arch Neurol* 55(5):649-654, 1998
25. Bhattacharya A, Morgan R, Shukla R, Ramakrishanan HK, Wang L.

- Non-invasive estimation of afferent inputs for postural stability under low levels of alcohol. *Ann Biomed Eng* 15(6):533-550, 1987
26. Bhattacharya A, Shukla R, Bornchein RL. Postural disequilibrium quantification in children with chronic lead exposure: A pilot study. *Neurotoxicology* 9(3): 327-340, 1988
 27. Bhattacharya A, Shukla R, Dietrich KN, Miller J, Bagchee A, Bornchein RL, Cox C, Mitchell T. Functional implication of postural disequilibrium due to lead exposure. *Neurotoxicology* 14(2-3): 179-190, 1993
 28. Blaszczyk JW, Hansen PD, Lowe DL. Postural sway and perception of the upright stance stability borders. *Perception* 22(11):1333-1341, 1993
 29. Blaszczyk JW, Lowe DL, Hansen PD. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *Gait & Posture* 2:11-17, 1994
 30. Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, Hebert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech* 33(10):1243-1248, 2000
 31. Bolla KI, Schwartz BS, Agnew J, Ford PD, Bleecker ML. Subclinical neuropsychiatric effects of chronic low-level solvent exposure in US paint manufacturers. *J Occup Med.* 32(8):671-677, 1990
 32. Cherry N, Hutchins H, Pace T, Waldron HA. Neurobehavioural effects of repeated occupational exposure to toluene and paint solvents. *Br J Ind Med* 42(5):291-300, 1985

33. Chia SE, Chua LH, Ng TP, Foo SC, Jeyaratnam J. Postural stability of workers exposed to lead. *Occup Environ Med* 51(11):768-771, 1994
34. Dick RB, Brown WD, Setzer JV, Taylor BJ, Shukla R. Effects of short duration exposures to acetone and methyl ethyl ketone. *Toxicol Lett* 43(1-3):31-49, 1988
35. Dick RB, Setzer JV, Taylor BJ, Shukla R. Neurobehavioural effects of short duration exposures to acetone and methyl ethyl ketone. *Br J Ind Med* 46(2):111-121, 1989
36. Diener HC, Dichgans J, Bacher M, Gompf B. Quantification of postural sway in normals and patients with cerebellar diseases. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 57(2):134-142, 1984
37. Era P, Heikkinen E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *J Gerontol* 40(3):287-295, 1985
38. Gatev P, Thomas S, Lou JS, Lim M, Hallett M. Effects of diminished and conflicting sensory information on balance in patients with cerebellar deficits. *Mov Disord* 11(6):654-664, 1996
39. Hamman R, Longridge NS, Mekjavic I, Dickinson J. Effect of age and training schedules on balance improvement exercises using visual biofeedback. *J Otolaryngol* 24(4):221-229, 1995

40. Hogstedt C, Anderson K, Hane M. A questionnaire approach to the monitoring of early disturbance in central nervous functions. in Aitio A, Riihimaki V, Vainio H (eds). Biological monitoring and surveillance of workers exposed to chemicals. Whasinton:Hemisphrer Publishing Co. 1984
41. Hyden D, Larsby B, Andersson H, Odkvist LM, Liedgren SR, Tham R. Impairment of visuo-vestibular interaction in humans exposed to toluene. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 45(5):262-209, 1983
42. Iki M, Ishizaki H, Aalto H. Starck J, Pyykko I. Smoking habits and postural stability. *Am J Otolarygol* 15(2):124-128, 1994
43. Jang JY, Lee SY, Kim JI, Park JB, Lee KJ, Chung HK. Application of biological monitoring to the quantitative exposure assessment for neuropsychological effect by chronic exposure to organic solvents. *Int Arch Occup Environ Health* 72(2):107-114, 1999
44. Jauregui-Renaud K, Kovacsovics B, Vrethem M, Odjvist LM, Ledin T. Dynamic and randomized perturbed posturography in the follow-up of patients with polyneuropathy. *Arch Med Res* 29(1):39-44, 1998
45. Juntunen J, Antti-Poika M, Tola S, Partanen T. Clinical prognosis of patients with diagnosed chronic solvent intoxication. *Acta Neurol Scand* 65(5):488-503, 1982
46. Juntunen J, Matikainen E, Ylikoski J, Ylikoski M, Ojala M, Vaheri E. Postural body sway and exposure to high-energy impulse noise. *Lancet*

1;2(8553):261-264, 1987

47. Kilburn KH, Warshaw RH, Hanscom B. Balance measured by head (and trunk) tracking and a force platform in chemically (PCB and TCE) exposed and referent subjects. *Occup Environ Med* 51(6):381-385, 1994
48. Kollegger H, Baumgartner C, Wober C, Oder W, Deecke L. Spontaneous body sway as a function of sex, age, and vision: posturographic study in 30 healthy adults. *Eur Neurol* 32(5):253-259, 1992
49. Kubo T, Sakata Y, Matsunaga T, Koshimune A, Sakai S, Ameno K, Ijiri I. Analysis of body sway pattern after alcohol ingestion in human subjects. *Acta Otolaryngol* (Suppl 468):247-252, 1989
50. Kuo W, Bhattacharya A, Succop P, Linz D. Postural stability assessment in sewer workers. *Occup Environ Med* 38(1):27-34, 1996
51. Ledin T, Odkvist LM, Moller C. Posturography findings in workers exposed to industrial solvents. *Acta Otolaryngol* 107(5-6):357-361, 1989
52. Linz DH, Barrett ET Jr, Pflaumer JE, Keith RE. Neuropsychologic and postural sway improvement after Ca(++)-EDTA chelation for mild lead intoxication. *J Occup Med* 34(6):638-641, 1992
53. Mauritz KH, Dichgans J, Hufschmidt A. Quantitative analysis of stance in late cortical cerebellar atrophy of the anterior lobe and other forms of cerebellar ataxia. *Brain* 102(3):461-482, 1979

54. Moller C, Odkvist L, Larsby B, Tham R, Ledin T, Bergholtz L. Otoneurological findings in workers exposed to styrene. *Scand J Work Environ Health* 16(3):189-194, 1990
55. Moller C, Odkvist LM, Thell J, Larsby B, Hyden D, Berghlotz LM, Tham R. Otoneurological findings in psycho-organic syndrome caused by industrial solvent exposure. *Acta otolaryngol* 107(1-2):5-12, 1989
56. Moon CS, Lee JT, Chun JH, Ikeda M. Use of solvents in industries in Korea: Experience in Sinpyeong-Jangrim industrial complex. *Int Arch Occup Environ Health* 74(2):148-152, 2001
57. Morrison G, Hawken M, Kennard C, Kenyon G. Dynamic platform sway measurement in Meniere's disease. *J Vestib Res* 4(6):409-419, 1994
58. National Institute of Safety and Health(NIOSH): A NIOSH technical report: Guidelines for air sampling and analytical method development and evaluation. Cincinnati, ohio, DHHS(NIOSH) pub, pp.65-66, 1995
59. Nieschalk M, Ortmann C, West A, Schmal F, Stoll W, Fechner G. Effects of alcohol on body-sway patterns in human subjects. *Int J Legal Med* 112(4):253-260, 1999
60. Njiokiktjien C, de Rijke W. The recording of Romberg' test and its application in neurology. *Agressologie* 13 (Suppl C):1-7, 1972
61. Odkvist LM, Larsby B, Tham R, Ahlfeldt H, Andersson B, Eriksson B, Liedgren SR. Vestibulo-oculomotor disturbances in humans exposed to styrene. *Acta Otolaryngol* 94(5-6):487-493, 1982

62. Ohashi N, Nakagawa H, Asai M. Contribution of vision to the stabilization of body sway in patients with spinocerebellar degeneration. *Acta Otolaryngol* 504 (Suppl):117-119, 1993
63. Pyykko I, Aalto H, Hytonen M. Effect of age on postural control; in Amblard B, Berthoz A, Clarac F (eds): Posture and Gait. Amsterdam, Excerpta Medica, pp.95-194, 1988
64. Sack D, Linz D, Shukla R, Rice C, Bhattacharya A, Suskind R. Health status of pesticide applicators: Postural stability assessments. *Occup Med* 35(12):1196-1202, 1993
65. 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. *J Occup Env Med* 39(7):623-632, 1997
66. Straube A, Botzei K, Hawken M. Postural control in the elderly: Differential effects of visual, vestibular and somatosensory input; in:Amblard B, Berthoz A, Clarac F(eds):Posture and Gait. Amsterdam, Excerpta Medica, pp.105-114, 1988
67. Terekhov Y. Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Can Med Assoc J* 115(7):631-633, 1976
68. Triebig G, Schaller KH, Weltle D. Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. *Int Arch Occup Environ Health* 64:353-359, 1992
69. Uimonen S, Laitakari K, Bloigu R, Reinila M, Sorri M. Static

- posturography and intravenous alcohol. *J Vestib Res* 4(4):277-283, 1994
70. Vrethem M, Ledin T, Ernerudh J, Odqvist L, Holmgren H, Moller C. Correlation between dynamic posturography, clinical investigation, and neurography in patients with polyneuropathy. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 53(5):294-298, 1991
71. Welford AT. Signal, noise, performance, and age. *Hum Factors* 23(1):97-109, 1981
72. Woollacott MH: Posture and gait from newborn to elderly. In posture and gait (ed. Amblard B, Berthoz A, Clarac F) Amsterdam, Excerpta Medica, pp.3-12, 1988
73. Yagi K. Multivariate statistical analysis in stabilometry in human upright standing (the first report)--age-related factor. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 92(6):899-908, 1989
74. Yokoyama K, Araki S, Murata K, Morita Y, Katsuno N, Tanigawa T, Mori N, Yokota J, Ito A, Sakata E. Subclinical vestibulo-cerebellar, anterior cerebellar lobe and spinocerebellar effects in lead workers in relation to concurrent and past exposure. *Neurotoxicology* 18(2):371-380, 1997
75. Yokoyama K, Araki S, Murata K, Nishikitani M, Nakaaki K, Yokota J, Ito A, Sakata E. Postural sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene, and toluene: Assessment of subclinical cerebellar

dysfunction. *Environ Res* 74(2):110-115, 1997

76. Yokoyama K, Araki S, Murata K, Nishikitani M, Okumura T, Ishimatsu S, Takasu N. Chronic neurobehavioral and central and autonomic nervous system effects of Tokyo subway sarin poisoning. *J Physiol Paris* 92(3-4):317-323, 1998
77. Yokoyama K, Araki S, Yamashita K, Murata K, Nomiya K, Nomiya H, Tao YX, Liu SJ. Subclinical cerebellar anterior lobe, vestibulocerebellar and spinocerebellar afferent effects in young female lead workers in China: computerized posturography with sway frequency analysis and brain stem auditory evoked potentials. *Ind Health* 40(3):245-253, 2002

Appendix 1. 노출군용 설문지

회사명 : _____ 부서명 : _____ 성명 : _____

1. 성별 : ① 남 ② 여

2. 연령 : 만 _____ 세

3. 술을 마십니까?

① 마신다 ② 안 마신다

▶ 3-1. (음주하시는 분에 한하여) 음주 횟수는? (월 _____ 회)

▶ 3-2. (음주하시는 분에 한하여) 음주한 기간은? _____ 년

▶ 3-2. (음주하시는 분에 한하여) 술을 마실 때 평균적으로 마시는 양은?

소주	맥주	양주	기타()
()병	()병	()병	()병

4. 담배를 피우니까?

① 피운다 ② 피우지 않는다 ③ 피우다 끊었다

▶ 4-1. (흡연하시는 분에 한하여) 하루 흡연 개피 수는?
_____ 개피/일

▶ 4-2. (흡연하시는 분에 한하여) 흡연기간은? _____ 년

5. 하루에 커피를 평균 몇 잔정도 드십니까?(안 마시는 경우 '0'으로 기입)

_____ 잔

6. 지난 일년간(2003년 7월부터 현재까지) 병원 외래에서 진료 받으신 적이 있으십니까 (정기 건강 진단은 제외)?

① 있다 ② 없다

▶ 6-1. ('있다'라고 응답하신 경우) 1년간 총 외래 방문 횟수는?
_____회

▶ 6-2. ('있다'라고 응답하신 경우) 무슨 증상으로 방문하셨습니다?

① 심장질환 ② 뇌혈관질환

③ 근골격계 질환(요통, 근육통 등)

④ 당뇨병 ⑤ 신경(정신)과 증상(우울, 불안 등)

⑥ 기타 _____

7. 현재 부서에 근무한 기간은? ___년 ___개월

8. 다른 부서에서 근무한 경력이 있다면 부서와 기간은?

부서명 _____ - 기간 ___년 ___개월

부서명 _____ - 기간 ___년 ___개월

부서명 _____ - 기간 ___년 ___개월

9. 하루 중 유기용제에 실제로 노출되는 시간은? _____시간

10. 과거 직장생활에서 유기용제에 노출되었던 경험은?

① 있다 ② 없다

▶ 10-1. ('있다'라고 응답하신 경우) 유기용제 노출된 기간은?
_____년 _____개월

※ 평소에 경험하는 증상들을 평가하기 위한 설문입니다. 느낀 대로 사실대로 답변해 주십시오. 해당하는 항목에 √를 해 주십시오.

증 상	그렇다	그렇지 않다
1. 나는 기억력이 나쁘다		
2. 주위 사람들로부터 기억력이 나쁘다는 말을 들은 적이 있다		
3. 기억해야 할 것을 기록해 놓아야 하는 경우가 자주 있다		
4. 집을 나서다 빠트린 일(문단속, 전등, 가스불 끄기 등)이 없는지 자주 되돌아 온다		
5. 신문이나 책을 읽고 내용을 파악하기 어렵다		
6. 집중하기 어려운 경우가 자주 있다		
7. 특별한 이유 없이 자주 짜증이 난다		
8. 특별한 이유 없이 우울한 기분을 자주 느낀다.		
9. 피곤함을 자주 느낀다		
10. 남들보다 성적(性的)인 관심이 없다		
11. 운동이나 과로하지 않아도 가슴이 두근거린다		
12. 가끔 가슴이 답답하다		
13. 특별한 이유 없이 땀을 흘린다		
14. 일주일에 한번 이상 두통이 있다		
15. 몸의 일부분이 저려서 아픈 적이 자주 있다		
16. 단추를 채우고 풀기가 어렵다		

**** 끝까지 응답해 주셔서 대단히 감사합니다 ****

Appendix 2. 대조군용 설문지

이름 : _____ 성별 : 남 여

연령 : 만 _____ 세

1. 어제 잠자리에 든 시간은? _____ 시 _____ 분

일어난 시간은? _____ 시 _____ 분

2. 어제 잠자리에서 깬 적이 있습니까? _____ 번

3. 술을 마십니까? : 마신다 안 마신다

▶ 3-1. (음주하시는 분에 한하여) 음주 횟수는? (월 _____ 회)

▶ 3-2. (음주하시는 분에 한하여) 음주한 기간은? _____ 년

▶ 3-2. (음주하시는 분에 한하여) 술을 마실 때 평균적으로 마시는 양은?

소주	맥주	양주	기타()
()병	()병	()병	()병

4. 담배를 피웁니까?

① 피운다 ② 피우지 않는다 ③ 피우다 끊었다

▶ 4-1. (흡연하시는 분에 한하여) 하루 흡연 개피 수는?
_____ 개피/일

▶ 4-2. (흡연하시는 분에 한하여) 흡연기간은? _____ 년

5. 하루에 커피를 평균 몇 잔정도 드십니까(안 마시는 경우 '0'잔)?

_____ 잔

Appendix 3. 검사시 점검표

이름 : _____ 검사일 : _____ id : _____

검사자 : _____ 검사 시간 : _____

1. 신체 측정 키 _____ cm, 몸무게 _____ kg

2. 어제 잠자리에 든 시간은? _____
오늘 일어난 시간은? _____ 잠잔 시간 :

3. 어제 잠자리에서 깬 적이 있습니까? _____번

4. 아침부터 지금까지 아래 음료를 얼마나 먹었습니까?
커피 _____ 잔 차() _____ 잔
콜라 _____ ml 사이다 _____ ml
기타 음료 _____

5. 아침부터 지금까지 담배를 몇 개피 피웠습니까? _____ 개피

6. 어제 술을 먹었습니까? 예 아니오
_____ 병 _____ 시 까지

7. 오늘 몇시간 일했습니까? _____ 시간

8. 작업을 중지한 시점과 검사시점과의 시간? _____ 시간 _____ 분

9. 지난 일주일 동안 아픈 적이 있었습니까? 예 아니오
()

- ABSTRACT -

**Evaluation of Neurotoxic Effect for the Low-Dose
Mixed Organic Solvents Exposed Workers by using
Posturography**

Jae Beom Park

Department of Occupational Medicine
The Graduate School, Ajou University

(Supervised by Associate Professor Kyung Jong Lee, M.D., Dr.P.H.)

Until now, there have been few effective screening instruments available for detecting the neurotoxic effects of organic solvents before symptom appear. Therefore, this study was conducted using static posturography to investigate the neurotoxic effects on workers exposed to mixed solvents under the TLV level in Korea.

Forty-one workers (mean age 41.5) from 4 factories exposed to mixed organic solvents and 82 non-exposed referents (mean age 42.9) were examined. The duration of the exposure ranged from 0.2-30 years (mean 4.2 years) and the life-time cumulative exposure level (CE) was estimated on the basis of each participant's occupational history and biological monitoring. The methods used included static posturography and self-administrated questionnaires of neuropsychiatric symptoms (Scandinavian Questionnaire 16).

The exposed group showed a larger sway area and length with the

eye open(Area_EO, Length_EO) as compared with non-exposed group. Thus, based on a linear multiple regression model, a statistically significant positive correlation was demonstrated between postural sway and organic solvent exposure. However, there was no significant association between neurotoxic symptoms and sway variables.

It was concluded that the exposure to organic solvents in industrial environments under the TLV level causes central nervous system disturbances, which are not always diagnosable from visible symptoms but can become apparent under analysis with static posturography.

Key words : organic solvent, posturography, cumulative exposure level, neurotoxic effect