

울산 석유화학공단 인근 어린이들의 혈액상변화 및 면역기능

울산대학교 의과대학 산업·환경의학교실
이충렬·유철인·이지호·이 현·김양호

— Abstract —

Hematological Changes and Immunological Function in Children Living Near the Petrochemical Estate in Ulsan

Choong Ryeol Lee, Cheol In Yoo, Ji Ho Lee, Hun Lee, Yangho Kim

Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, University of Ulsan

Objectives : To evaluate the hematological changes and the immunological function of children living near the petrochemical estate in Ulsan.

Methods : The study subjects comprised of 238 children who consisted of 143 children living near the petrochemical estate and 95 children living in a suburban area. We conducted the hematological examination 3 times, in April, July and October. Also we evaluated the immunological function of some children in July. To confirm differences between schools repeated measures ANOVA of generalized linear model was done controlling age and sex as covariates.

Results : The blood cell counts of children showed differences between schools in accordance with the survey month. The total WBC, neutrophil, and lymphocyte counts of children living in a suburban area decreased in July and increased in October again, but those of some children living near the petrochemical estate did not changed distinctly. The RBC counts of children living in a suburban area decreased in July and increased in October again, but those of some children living near the petrochemical estate decreased as time passed. The changes of the amount of hemoglobin of all study subjects were similar with those of RBC. The platelet counts of all study subjects decreased in July and increased in October again. In the generalized linear model, school was a significant independent variable for the total WBC, RBC, and platelet counts, and sex was a significant independent variable for the RBC counts. Age was a significant independent variable for the lymphocyte and platelet counts. P values of all blood cell were statistically significant in interaction variable between the survey month and school, and those of the total WBC, neutrophil, and lymphocyte counts were statistically significant in interaction variable between the survey month and age. The immunological function showed no significant difference between study groups.

Conclusions : The total WBC and RBC counts which would be easily affected by volatile organic compounds(VOCs) in the atmosphere showed differences between schools in accordance with the survey month. This suggests that the amounts of exposure to VOCs are different among each school children in different months. To ascertain the hematological changes by VOCs, an additional study evaluating the concentrations of atmosphere of VOCs and biological monitoring of some VOCs is needed.

Key Words : Volatile organic compounds, WBC, RBC, Lymphocyte, Children

〈접수일 : 2001년 2월 2일, 채택일 : 2001년 5월 2일〉

교신저자 : 이 충 렬(Tel : 052-250-7282) E-mail : leecr@uuh.ulsan.kr

* 본 연구는 울산지역 환경기술개발센터 2000년도 연구사업비의 지원을 받아 이루어졌음.

서 론

일반적으로 대기오염의 인체영향은 고농도에서 급성으로 나타날 수 있고 장기적으로 저농도에 노출되었을 경우는 만성호흡기질환을 초래할 수 있다. 또한 폐질환, 심장질환, 순환기질환, 기관지질환을 갖고 있는 환자, 노약자, 어린이들이 먼저 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대기오염이 인체에 미치는 영향을 조사하기 위하여 역학적 조사연구, 실험적 연구, 임상역학적 연구, 건강조사, 통계분석 연구 등이 시도되어 왔으나 아직도 대기오염이 인체에 미치는 급성, 만성효과에 대하여는 뚜렷한 인과관계를 규명하기는 매우 어려운 점이 많다. 이러한 여러 연구방법 중 실제적으로 영향을 받는 지역주민을 대상으로 한 혈액, 소변검사 등의 임상병리학적 검사와 생물학적 모니터링을 통한 연구가 가장 신뢰성이 있고 적절한 것으로 평가되어 왔다(조수현, 1998).

그러나 건강조사의 형태로 지역주민을 대상으로 휘발성 유기화합물 등이 포함된 환경오염이 미치는 영향을 평가할 때 어떠한 지표가 가장 적절한지에 대해서는 아직 확실하게 제시된 것이 없으나 Jongneelen 등(1987), Kang 등(1995), Øvrebø 등(1995)은 다환성 방향족 탄화수소 중 pyrene 대사산물인 요중 1-hydroxypyrene을, Jansen 등(1995)은 다환성 방향족 탄화수소(PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons) 중 naphthalene의 대사산물인 요중 2-naphthol측정이 노출 평가지표로 좋은 것으로 보고한 바 있고, 국내에서는 김현 등(1999)이 최근에 요중 2-naphthol로 노출 평가가 가능하며 측정된 결과의 해석은 흡연 등의 인자에 의하여 영향을 받을 수 있기 때문에 해석상에 주의가 필요하다고 하였다. 또한 대기오염 물질 중 휘발성 유기화합물(VOCs: volatile organic compounds)에 의한 인체 영향은 다양하게 나타날 수 있으나 이제까지의 연구는 대개 대기중의 benzo(a)pyrenes이나 다른 다환성 방향족 탄화수소에 의하여 생식 및 면역기능 장애가 발생할 수 있다는 연구(ATSDR, 1995)와 benzo(a)pyrenes에 의하여 폐암 발생률이 증가(EPA, 1984; EPA, 1993; Zmirou 등, 2000)된다는 연구가 주종을 이루고 있다.

Cullen(1994)은 혈구세포와 골수는 폐나 피부처럼 독성물질의 침입구는 아니나 전신 순환계로 들어

오는 모든 물질이 짧은 시간 내에 혈액과 골수에 영향을 미치고, 일부 림프구계 세포를 제외한 대부분의 혈구세포는 생존기간이 짧고 대사 회전율은 빠르기 때문에 혈구세포의 생존과 생산에 아주 약한 영향을 주어도 측정이 가능할 정도의 결과가 발생 가능하며, 일반적으로 혈액은 가장 쉽게 또한 흔히 평가되고 정상치는 의사들에 의하여 철저히 관리가 되기 때문에 다른 어떠한 장기의 이상보다도 쉽게 준임상적 영향도 확인이 가능하다는 점에서 일반 혈액검사의 가치를 높게 평가하였으며, 사실상 여러 가지 중금속, 유기용제, 농약 및 반응성 유기화합물 취급자들에서 이러한 것을 확인 가능하다고 주장한 바 있었고, Goldstein(1988)은 혈액학적 독성에 의하여 변화를 보이는 근로자의 발견은 건강장애 적발의 파수꾼 역할을 하기 때문에 이상 소견시 주의 깊은 관심을 요한다는 견해를 밝힌 바 있고 실제 이충렬 등(1999)은 용접근로자에서도 혈액상 변화가 있을 수 있다는 보고를 한 바 있다.

또한 8시간 시간가중 평균농도가 0.55 ppm인 저농도의 벤젠에 노출되는 근로자에서도 림프구감소 등이 나타날 수 있다는 Collins 등(1997)의 보고, 휘발성 유기화합물 중 방향족 탄화수소에 저농도로 노출된 불가리아 여성 근로자에서 적혈구와 혈색소량의 감소 같은 혈액상의 변화가 있었다는 Georgieva 등(1998)의 보고, 28년간 0.14~2.08 ppm 정도의 저농도 벤젠에 노출되는 근로자 105명을 대상으로 28년간 추적 조사한 연구에서 백혈구수를 제외하고는 모든 혈구세포가 감소하였다는 Khuder 등(1999)의 보고 및 울산환경기술개발센터(1999)에서 1999년 울산 석유화학공단 인근 어린이들을 대상으로 혈액검사 결과 석유화학공단 인근에 거주하는 어린이가 교외지역의 어린이에 비하여 백혈구수 및 혈소판수가 유의하게 감소되었다는 보고를 감안하여 보면 방향족 탄화수소가 포함된 휘발성 유기화합물에 노출되는 경우 노출농도가 저농도라도 혈액상 변화가 있을 수 있다고 추정된다. 즉 백혈구수를 포함한 일반 혈액검사에서의 이상은 휘발성 유기화합물이나 기타 여러 가지 유해물질이 많은 대기오염 물질에 노출이 되는 특정 공단지역의 어린이의 경우 건강평가지 대기오염 물질의 영향을 반영할 수 있는 지표로 혈구세포수의 변화를 사용할 수 있을 것으로 추정된다.



Fig. 1. Location of study school

그러나 이러한 사실을 입증하는 연구는 거의 없는데 특히 유해물질 노출이 쉽게 반응을 보일 수 있는 어린이들을 대상으로 다환성 방향족 유기화합물이 포함된 휘발성 유기화합물에 노출되어 나타날 수 있는 혈액상 변화에 관한 연구는 매우 드물다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 지역 특성상 휘발성 유기화합물, 분진, 악취 등 환경오염의 영향을 많이 받는 것으로 추정되는 울산석유화학공단 인근 어린이들에게 혈액상 변화가 있는지를 조사하고, 둘째 혈액상 변화가 면역기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 석유화학공단 인근 어린이와 교외지역의 일부 어린이들을 대상으로 일반혈액검사, 백혈구 백분율 검사, 면역학적 검사 등을 실시하여 향후 건강장애를 예측하는 기본 자료를 확보하는데 있다.

대상 및 방법

1. 조사지역

Fig. 1에서와 같이 A 초등학교는 유성화단지과 인접한 곳에 위치하고 있으며 계절의 변화에 따른 풍향에 따라 바다 건너의 석유화학공단의 각종 공장의 영향을 많이 받으며 B 초등학교는 석유화학공단의 입구에 위치하고 있는데 학교 앞으로 골짜기를 관통하여 건설된 대로가 있고 뒤로는 녹지가 형성되어 있

으나 석유화학공단의 인근에 위치하기 때문에 해안 쪽에서 육지로 바람이 부는 날이나 저기압이 형성되는 계절에는 공단에서 배출된 각종 휘발성 유기화합물에서 기인된 악취와 분진 등의 영향을 많이 받는 곳이며 역시 풍향에 따라 유성화단지의 공장의 영향도 받을 수 있는 곳에 위치하고 있다. C 초등학교는 울산에서 밀양으로 빠져나가는 길목에 있는 학교로서 주민들의 상당수는 농업과 상업에 종사하며 비교적 공장도 적고 울산의 대표적 공단인 석유화학공단이나 온산공단 등의 영향을 적게 받는 지역이나 최근 지역의 발전으로 중소기업 및 아파트 신축, 교통량의 증가가 두드러지게 느는 지역이다.

울산 기상청 자료(기상청, 1999)에 의하면 울산은 7, 8, 9월(여름에서 초가을)은 고기압 지역에 들며, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12월(봄, 가을, 겨울)은 저기압 지역에 든다고 하며 풍향은 북북서풍과 동풍이 부는 경우가 많으며, 동풍은 여름철에 북북서풍은 겨울철에 빈도가 높다고 한다. 조사 초등학교 중 A 초등학교와 B 초등학교는 저기압이면서 동풍에서 남풍으로 부는 4월, 5월과 6월 사이에 석유화학공단과 유성공단에서의 영향을 많이 받을 것으로 예상되며 C 초등학교는 동풍이 부는 여름철에 석유화학공단의 영향을 받을 수 있을 것으로 예상된다.

울산광역시(2000)의 자료에 의하면 학교 주변의 석유화학공단에는 휘발성 유기화합물(VOC) 배출원으로 여러 종류의 원유 가공 공장, 2차 석유제품에서 새로운 합성 화학물 제조, 가공, 정제, 저장 공장이 밀집되어 있고, 인근의 유성공단에도 석유에서 추출한 여러 가지 화학물질을 가공, 정제하는 공장과 이를 선적하는 부두 집안 시설 등이 있어 이러한 공장에서의 유해물질이 주야에 따라 또는 계절에 따라 풍향이 바뀌면서 주변의 초등학교에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

2. 조사대상

조사대상은 2000년 4월 12일부터 4월 20일까지 울산광역시 초등학교 중 유성화단지 인근의 A 초등학생과 석유화학공단을 마주보고 있는 B 초등학교 학생 150명(남자 85명, 여자 65명)을 공단지역 학생군으로, 전원지역의 C 초등학교 학생 99명(남자 49명, 여자 50명)을 대조군으로 하였다. A 초등학생은 3학년 및 6학년 49명 전수조사를 하였으며, B

Table 1. Age and sex distribution of study subjects

Age(year)	A			B			C			Total
	Boy	Girl	Subtotal	Boy	Girl	Subtotal	Boy	Girl	Subtotal	
8	18	6	24	24	24	48	22	24	46	118
11	14	8	22	25	24	49	25	24	49	120
계	32	14	46	49	48	97	47	48	95	238

χ^2 -test was done, but there is no significant difference between schools

초등학생은 3학년, 6학년 180명 중 반별로 무작위로 2반씩 선별하여 남자 50명 여자 51명 총 101명에 대하여 조사하였다. C 초등학생은 역시 무작위로 학년별로 2반씩 선정한 후 남자 49명, 여자 50명 총 99명에 대하여 조사하였다. 모든 조사는 조사자가 필요한 장비와 기구를 갖춘 후 직접 해당학교에 방문하여 실시하였다. 동일 어린이들을 대상으로 2차 조사는 7월 10일에서 7월 14일까지 실시되었으며 3차 조사는 10월 2일에서 10월 5일까지 실시되었다. 1차 조사 때와 동일 어린이를 대상으로 하였으나 그동안 전학과 결석을 한 학생이 있어 최종 연구대상자는 A 초등학생 46명(남자 32명, 여자 14명), B 초등학생 97명(남자 49명, 여자 48명), C 초등학생 95명(남자 47명, 여자 48명), 총 238명을 대상으로 조사하였다. 이중 면역학적 검사는 B 및 C 초등학생 11세 남학생 각각 25명, 총 50명에 대하여 실시하였다. 남녀 성비간, 연령간(학년간) 구성비율은 서로 비슷하였으며 실제 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

3. 조사내용

1) 일반혈액검사

사전 교육받은 간호사와 임상병리사가 해당 학교의 조사대상자에 대하여 직접 정맥혈 10 ml를 채취하였다. 백혈구수, 적혈구수, 혈색소량검사 등을 포함한 일반혈액검사는 전자동혈액분석기(Sysmex NE 8000, Toa Medical Co, Kobe, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2) 면역기능검사

2차 조사시에는 면역기능저하를 평가하기 위하여 몇 가지 추가적 검사를 하였는데 본 연구에서는 현재 보편적으로 각 연구기관에서 면역독성 검사에 많

이 사용되는 일반혈액검사, 백혈구백분율, IgG, IgA, IgM, CD3, CD4, CD8, CD19, CD56 등의 검사항목을 측정함으로써 면역독성을 평가하였다.

B 초등학생과 C 초등학생 6학년 남학생 각 25명에 대하여 면역검사를 실시할 목적으로 정맥혈 6 ml를 채혈한 후 EDTA 채혈관과 plain 채혈관 2곳에 각 3 ml씩 나누었다. Plain 채혈관에 채취한 혈액은 3,000 rpm으로 원심분리하여 혈청을 분리한 후 휴대용 냉동박스에 보관하다가 채혈 2시간 이내에 immunoglobulin을 분석하였다. 분석방법은 BN 100 nephelometer(Behringermanheim, Germany) 면역분석 장비에 혈청 100 μ l를 취하여 미리 배양시킨 후 immunoglobulin에 대한 항 혈청(Behringermanheim, Germany)을 동량 가한 후 기기에 내장된 nephelometry를 이용하여 빛의 산란도를 측정하였다. 각 농도별 대조군에 의하여 작성된 그래프에 대입하여 빛의 산란도에 따른 농도를 BN 100 nephelometer(Behringermanheim, Germany)기에 내장된 software program을 이용하여 IgG, IgA, IgM의 농도를 정량 분석하였다(Wall과 Kuehl, 1988).

림프구의 아형분석은 EDTA 채혈관에 채혈된 혈액 50 μ l를 취하여 lysing 용액(Becton Dickinson) 1 ml를 가하여 20분간 방치하여 적혈구를 용해시켰다. 남은 백혈구를 phosphate buffered 용액으로 깨끗하게 씻어낸 후 형광 염색액인 FITC(fluorescein isothiocyanate)나 PE(phycoerythrin)가 표지된 CD3, CD4, CD8, CD19, CD56 단클론성 항체를 가하여 실온에서 20분간 반응을 시켰다. 이후 다시 백혈구를 phosphate buffered 용액으로 깨끗이 씻어낸 후 FACSCalibur flow cytometry(Becton Dickinson, USA)를 이용하여 CD3, CD4, CD8, CD19, CD56 림프구 표지자를 측정하였다

Table 2. The results of hematological examinations of study subjects Mean±S.D.

Month	Variables	A school	B school	C school	Total
April	WBC(/ μ)	6,816±1,773	6,599*±1,767	7,255±1,420	6,903±1,659
	Neutrophil(/ μ)	3,246±1,407	3,298 ±1,469	3,652±1,173	3,428±1,353
	Lymphocyte(/ μ)	2,893±688	2,713*±635	2,969±648	2,850±659
	RBC(10^4 / μ)	463±30	458* ±33	473±34	465±34
	Hg(g/dl)	12.7 ±0.8	12.6* ±0.8	13.0 ±0.9	12.8 ±0.9
	Platelet(10^4 / μ)	36.8 ±6.7	29.0* ±6.3	36.2 ±7.6	33.4 ±7.8
July	WBC(/ μ)	6,123±1,330	6,601 ±1,509	6,196±1,381	6,348±1,436
	Neutrophil(/ μ)	2,927±1,069	3,318 ±1,226	3,028±1,101	3,128±1,117
	Lymphocyte(/ μ)	2,649±549	2,707 ±568	2,611±598	2,658±576
	RBC(10^4 / μ)	445±25	448 ±30	455±27	450±28
	Hg(g/dl)	12.4 ±0.6	12.6±0.7	12.7 ±0.7	12.6 ±0.7
	Platelet(10^4 / μ)	26.1 ±5.6	27.5 ±5.8	27.0 ±5.2	27.0 ±5.5
October	WBC(/ μ)	7,040±2,040	6,464 ±1,430	6,683±1,521	6,664±1,612
	Neutrophil(/ μ)	3,375±2,024	3,081 ±1,008	3,185±1,226	3,180±1,343
	Lymphocyte(/ μ)	2,750±607	2,631 ±600	2,730±586	2,693±594
	RBC(10^4 / μ)	445* ±24	469±31	481±29	469±31
	Hg(g/dl)	12.5*±0.7	13.0 ±0.8	13.3 ±1.0	13.0 ±0.9
	Platelet(10^4 / μ)	33.5 ±5.6	35.8 ±6.7	34.3 ±6.0	34.8 ±6.3

*P<0.05. ANOVA with Scheffe method of post-hoc comparison comparing each school with C school was done

(Saunders 등, 1988).

4. 통계처리방법

SPSS for Windows release 10.0을 이용하여 검사결과와 입력 관리를 하였으며, 조사시기에 따른 각 학교 어린이들의 혈액상 변화를 관찰하기 위하여 generalized linear model의 repeated measures ANOVA(반복 자료의 분산분석)를, 일반 자료의 학교 간 차이를 비교하기 위하여 ANOVA(분산분석), student t-test, χ^2 -test 등을 이용하였다.

결 과

1. 일반 혈액검사

일반 혈액검사에서 4월의 1차 조사 때는 총백혈구수가 혈액 1 μ 당 A, B, C 초등학교가 각각 6,816개, 6,599개, 7,255개로 B 초등학교는 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05). 이중 림프구수는 각각 2,893개, 2,713개, 2,969개로 역시 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05). 적혈구수도 각각 463만/ μ , 458만/ μ , 473만/ μ 로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유

의하게 낮았다(P<0.05). 혈색소량도 각각 12.7 g/dl, 12.6 g/dl, 13.0 g/dl로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05). 또한 혈소판수도 각각 36.8만/ μ , 29.0만/ μ , 36.2만/ μ 로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05).

7월의 2차 혈액검사에서는 총백혈구수, 림프구수, 적혈구수, 혈색소량, 혈소판수가 학교간에 유의한 차이가 없었다.

10월의 3차 혈액검사에서는 적혈구수는 각각 445만/ μ , 469만/ μ , 481만/ μ 로 A와 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학교는 유의하게 낮았다(P<0.05). 혈색소량도 각각 12.5 g/dl, 13.0 g/dl, 13.3 g/dl로 A와 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학교는 유의하게 낮았다(P<0.05)(Table 2).

일반 혈액검사 결과를 연령별로 세분하여보면 4월 중의 1차 조사 때는 8세의 경우 적혈구수는 각각 457만/ μ , 451만/ μ , 477만/ μ 로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05). 혈색소량도 각각 12.4 g/dl, 12.3 g/dl, 13.0 g/dl로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다

Table 3. The results of hematological examinations of study subjects by age Mean±S.D.

Month	Variables Age(year)	A school		B school		C school	
		8	11	8	11	8	11
Aril	WBC(/ μ)	6,215±1,049	7,442±2,147	6,773±1,482	6,429±2,009	7,091±1,309	7,415±1,517
	Neutrophil(/ μ)	2,820±744	3,689±1,775	3,287±1,165	3,309±1,727	3,429±1,034	3,870±1,268
	Lymphocyte(/ μ)	2,706±664	3,087±671	2,780±660	2,647*±609	3,025±703	2,915±592
	RBC(10^4 / μ)	457±30	470±30	451*±34	464±31	477±38	469±30
	Hg(g/dl)	12.4 ±0.7	13.0 ±0.8	12.3*±0.8	12.9 ±0.7	13.0 ±1.0	13.1 ±0.8
	Platelet(10^4 / μ)	37.4 ±5.8	36.2 ±7.5	30.3*±5.9	27.7 ±6.4	37.2 ±9.2	35.2 ±5.6
July	WBC(/ μ)	6,408±1,522	5,812±1,029	6,931*±1,649	6,285±1,299	6,060±1,315	6,326±1,444
	Neutrophil(/ μ)	3,041±1,273	2,802±803	3,394±1,331	3,245±917	2,827±1,016	3,221±1,154
	Lymphocyte(/ μ)	2,734±636	2,556±430	2,891±561	2,530±521	2,644±564	2,580±634
	RBC(10^4 / μ)	449±29	442±21	444±24	453±34	451±24	459±28
	Hg(g/dl)	12.4 ±0.7	12.5*±0.6	12.5 ±0.7	12.8 ±0.8	12.5 ±0.6	12.9 ±0.7
	Platelet(10^4 / μ)	26.8 ±5.9	25.4 ±5.3	28.8 ±5.9	26.1 ±5.3	28.0 ±5.5	26.2 ±4.8
October	WBC(/ μ)	7,431±2,305	6,632±1,717	6,843±1,638	6,116±1,113	6,931±1,584	6,450±1,438
	Neutrophil(/ μ)	3,714±2,479	3,022±1,374	3,206±1,138	2,965±866	3,306±1,248	3,072±1,206
	Lymphocyte(/ μ)	2,735±708	2,765±496	2,833±614	2,445±521	2,836±550	2,630±606
	RBC(10^4 / μ)	442*±24	448*±25	462±24	476±35	477±27	484±30
	Hg(g/dl)	12.3*±0.7	12.7*±0.7	12.7 ±0.7	13.2 ±0.8	13.1 ±1.1	13.5 ±0.8
	Platelet(10^4 / μ)	33.8 ±4.1	33.1 ±6.9	37.3 ±6.6	34.5 ±6.6	34.7 ±5.7	34.0 ±6.2

*P<0.05. ANOVA with Scheffe method of post-hoc comparison comparing each school with C school was done

Table 4. Proportion of study subjects according to classification of normal and abnormal ranges of the total white blood cell count Person(%)

Month		A school	B school	C school	Total
April	WBC under 4,500	2(4.3)	7(7.2)	1(1.1)	10(4.2)
	(/ μ) 4,500~13,500	45(95.7)	90(92.8)	94(98.9)	228(95.8)
July	WBC under 4,500	4(8.6)	5(5.2)	7(7.4)	16(6.7)
	(/ μ) 4,500~13,500	42(91.4)	92(94.8)	86(92.6)	222(93.3)
October	WBC under 4,500	1(2.2)	4(4.1)	4(4.2)	9(3.8)
	(/ μ) 4,500~13,500	45(97.8)	93(95.9)	91(95.8)	229(96.2)
Subtotal		46(100)	97(100)	95(100)	238(100)

χ^2 -test was done, but there is no significant difference between schools

(P<0.05). 또한 혈소판수도 각각 37.4만/ μ , 30.3만/ μ , 37.2만/ μ 로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05). 11세는 림프구수가 각각 3,087개, 2,647개, 2,915개로 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 유의하게 낮았다(P<0.05).

7월중의 2차 조사 결과는 8세의 경우 일반 혈액검사서 총백혈구수가 혈액 1 μ 당 A, B, C 초등학교가 각각 6,408개, 6,931개, 6,060개로 A 초등학교는 C 초등학교에 비하여 낮았으나 B 초등학교는

C 초등학교에 비해 오히려 유의하게 높았다(P<0.05). 11세의 경우는 혈색소량이 각각 12.5 g/dl, 12.8 g/dl, 12.9 g/dl로 A와 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 낮았으며 이중 A 초등학교는 C 초등학교에 비해 유의하게 낮았다(P<0.05).

10월의 3차 조사 결과는 8세의 경우 적혈구수는 각각 442만/ μ , 462만/ μ , 477만/ μ 로 A 및 B 초등학교가 C 초등학교에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학교는 유의하게 낮았다(P<0.05). 혈색소량도 각각

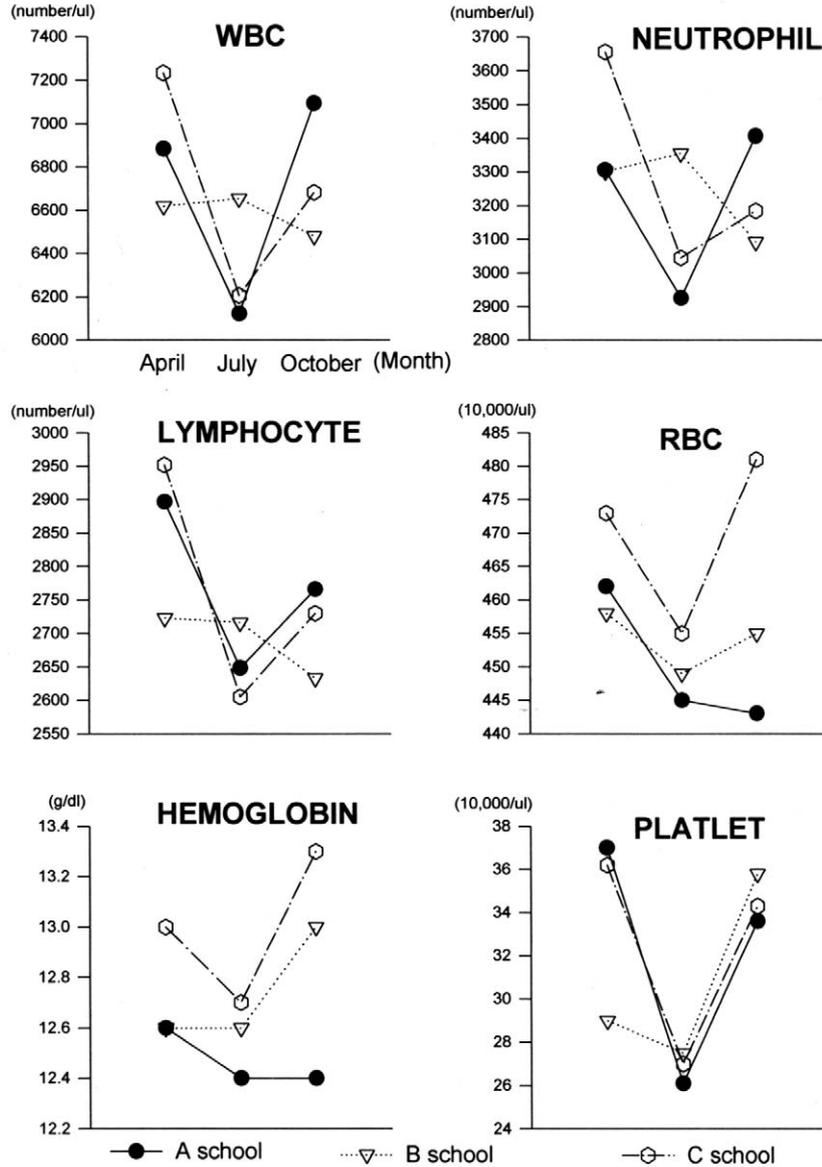


Fig. 2. The mean value of the results of hematological examinations of study subjects according to the survey month

12.3 g/dl, 12.7 g/dl, 13.1 g/dl로 A와 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학생은 유의하게 낮았다(P<0.05). 11세의 경우는 적혈구수가 각각 448만/ μ l, 476만/ μ l, 484만/ μ l로 A 및 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학생은 유의하게 낮았다(P<0.05). 혈색소량

도 각각 12.7 g/dl, 13.2 g/dl, 13.5 g/dl로 A와 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학생은 유의하게 낮았다(P<0.05)(Table 3).

백혈구수의 변화를 확실하게 구분하기 위하여 혈액 1 μ l당 총백혈구수를 4,500/ μ l를 기준으로 구분한 후 분포를 비교한 결과 4월의 1차 조사 때는

4,500/ μ 미만인 A, B, C 초등학교생이 각각 4.3%, 7.2%, 1.1%로 B 초등학교생이 가장 많았다. 7월의 2차 조사 때는 4,500/ μ 미만인 A, B, C 초등학교생이 각각 8.6%, 5.2%, 7.4%로 A 초등학교생이 가장 많았으며 C 초등학교생도 B 초등학교생에 비하여 분율이 높았다. 10월의 3차 조사 때는 4,500/ μ 미만인 A, B, C 초등학교생이 각각 2.2%, 4.1%, 4.2%로 B와 C 초등학교생이 많았으나 유의한 차이는 없었다(Table 4).

3차례에 걸쳐 진행된 검사결과는 계절별로 다른 양상을 보여 준다(Fig. 2).

조사시기에 따라 각 학교 어린이들간에 혈구세포수의 차이가 있음을 구명하기 위하여 generalized linear model의 repeated measures ANOVA를 시도하였다. 연령과 성을 공변인으로 보정한 후 혈구세포수는 모두 분석 모델에서 유의성이 있는 것으로 나타났는데 총백혈구수, 적혈구수, 혈소판수는 조사시기별로, 적혈구수는 학교별로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 적혈구는 성별간 유의한 차이가 있었으며 림프구수와 혈소판수는 연령군간에 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 조사시기 및 학교의 교호작용 변수(interaction variable)는 모든 혈구세포에서 유의

Table 5. P values for the generalized linear model analysis of variance

	Model	Survey month	School	Sex	Age	Survey month*School	Survey month*Sex	Survey month*Age
WBC	0.006	0.032	0.761	0.787	0.095	<0.001	0.072	0.001
Neutrophil	0.003	0.117	0.872	0.814	0.921	0.017	0.323	0.005
Lymphocyte	<0.001	0.686	0.573	0.479	0.020	<0.001	0.120	0.003
RBC	0.001	0.004	<0.001	0.005	0.074	<0.001	0.503	0.267
Hgb	0.173	0.778	<0.001	0.503	<0.001	<0.001	0.185	0.134
Platelet	<0.001	<0.001	0.094	0.950	0.005	<0.001	0.715	0.314

Table 6. The results of examinations on the complete blood count with WBC differentiation, the lymphocyte subsets, and immunoglobulins level in some of study subjects on the study executed in July
Mean \pm S.D. (Range)

Variables		B School	C School
Complete blood count with WBC differentiation	WBC(μ)	6,594 \pm 1,339(6,020-7,159)	6,598 \pm 1,250(6,013-7,183)
	Lymphocyte(%)	40.41 \pm 5.81(37.96-42.86)	40.04 \pm 7.53(36.52-43.56)
	Neutrophil(%)	50.97 \pm 6.11(48.39-53.55)	50.55 \pm 8.36(46.64-54.46)
	Monocyte(%)	4.53 \pm 1.24(4.00-5.05)	4.47 \pm 1.18(3.91-5.02)
	Eosinophil(%)	3.30 \pm 1.88(2.51-4.10)	4.13 \pm 2.16(3.12-5.14)
	Basophil(%)	0.80 \pm 0.34(0.65-0.94)	0.82 \pm 0.38(0.64-0.99)
	Hg(g/dl)	12.97 \pm 0.84(12.62-13.32)	13.06 \pm 0.70(12.73-13.38)
	Platelet($10^4/\mu$)	26.7 \pm 6.0(24.2-29.3)	28.4 \pm 4.0(26.5-30.3)
Lymphocyte subsets	CD3(%)	62.44 \pm 7.77(59.16-65.72)	62.73 \pm 8.82(58.60-66.86)
	CD4(%)	30.75 \pm 6.41(28.04-33.45)	28.65 \pm 5.05(26.29-31.01)
	CD8(%)	26.01 \pm 5.13(23.85-28.18)	29.14 \pm 9.31(24.78-33.49)
	CD4/CD8	1.24 \pm 0.38(1.07-1.40)	1.07 \pm 0.34(0.91-1.23)
	CD19(%)	18.85 \pm 4.57(16.92-20.77)	15.76 \pm 4.35(13.73-17.80)
	CD56(%)	18.71 \pm 5.57(16.36-21.06)	21.51 \pm 8.07(17.73-25.29)
Immunoglobulins level	IgG(mg/dl)	1,338.17 \pm 287.37(1,216.82-1,459.51)	1,413.25 \pm 254.53(1,294.13-1,532.37)
	IgM(mg/dl)	170.38 \pm 56.38(146.57-194.18)	155.15 \pm 64.27(125.07-185.23)
	IgA(mg/dl)	189.00 \pm 67.64(160.44-217.56)	204.05 \pm 64.51(173.86-234.24)

Student t-test was done, but there is no significant difference between schools

한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 또한 조사시기 및 연령의 교호작용변수는 총백혈구수, 호중구수, 림프구수에서 유의하게 나타났다($P < 0.05$)(Table 5).

2. 면역학적 검사

7월의 2차 조사 때 석유화학공단 인근 초등학생의 백혈구수가 적어짐이 면역기능에도 영향을 받았는지를 나타내는 것인가를 알기 위하여 혈중 immunoglobulin 측정 및 림프구 아형 분포분석을 B 및 C 초등학생 6학년 남학생 각 25명, 총 50명을 대상으로 실시하였다.

총백혈구수는 B 초등학생은 $6,594\text{개}/\mu\text{l}$, C 초등학생 $6,598\text{개}/\mu\text{l}$ 로 서로 유의한 차이가 없었고 백혈구백분율검사에서도 림프구, 호중구, 단핵구, 호산구, 호염기구가 B 초등학생이 각각 40.41 %, 50.97 %, 4.53 %, 3.30 %, 0.80 %, C 초등학생이 각각 40.04 %, 50.55 %, 4.47 %, 4.13 %, 0.82 %로 서로 유의한 차이가 없었다. 빈혈의 지표인 혈색소량은 B 초등학생 12.97 g/dl , C 초등학생 13.06 g/dl 로 B 초등학생이 조금 낮았으나 유의한 차이는 아니었다.

림프구 아형분포는 CD3, CD4 값은 B 초등학생이 각각 62.44 %, 30.75 %, C 초등학생은 각각 62.73 %, 28.65 %로 유의한 차이가 없었고, CD4/CD8은 B 초등학생 1.24, C 초등학생 1.07로 오히려 C 초등학생이 높았으나 유의한 차이는 아니었다. CD19는 B 초등학생 18.85 %, C 초등학생 15.76 %로 B 초등학생이 높았으나 유의한 차이는 없었고, CD56은 B 초등학생 18.71 %, C 초등학생 21.51 %로 C 초등학생이 높았으나 유의한 차이는 없었다.

혈청 IgG는 B 초등학생 $1,338.17\text{ mg/dl}$, C 초등학생 $1,413.25\text{ mg/dl}$ 로 C 초등학생이 조금 높았으나 유의한 차이가 없었고 혈청 IgM과 혈청 IgA도 비슷한 양상을 보였다(Table 6).

고 찰

일반적인 의미의 휘발성 유기화합물에는 알칸(alkane), 알켄(alkene), 방향족 탄화수소 등과 같은 비메탄계 탄화수소(non-methane hydrocarbon), 삼염화에틸렌(trichloroethylene) 같은 할로

겐족 탄화수소류, 알코올, 알데히드, 케톤 같은 산소 결합 탄화수소 화합물을 지칭하며 이들은 나무와 같은 자연적 배출원과 자동차, 저유시설, 도장산업, 석유화학 산업 등에서의 인위적 배출원에서 대기 중으로 배출되는 것으로 알려져 있다(김기현 등, 1999). 이 중에서 방향족 탄화수소에 속하는 벤젠의 경우 말초 혈액상에 변화를 유발할 수 있는 것으로 잘 알려져 있다(Cullen, 1994; Collins 등, 1997; Khuder 등, 1999). 또한 Georgieva 등(1998)이 휘발성 유기화합물 중 벤젠, 톨루엔, 크실렌, 스티렌 등 방향족 탄화수소에 저농도로 노출된 불가리아 여성 근로자에서 적혈구와 혈색소량의 감소 같은 혈액상의 변화가 있었다는 보고를 감안하여 볼 때 공기 중 저농도 휘발성 유기화합물에 의한 혈액학적 변화는 충분히 예측이 됨에도 불구하고 실제적 연구소사를 통한 보고는 매우 드물며 대개 장기적 관점에서 휘발성 유기화합물 중 다환성 방향족 탄화수소에 의해 직업적으로 노출되는 산업장 근로자와 마찬가지로 폐암 발생률이 증가(EPA, 1984; EPA, 1993; Zmirou 등, 2000)하든가 면역기능 장애가 있을 수 있다는 연구(ATSDR, 1995)가 주류이다.

본 연구에서는 휘발성 유기화합물에 비교적 많이 노출되는 것으로 알려진 울산 석유화학공단 인근 어린이들에 있어서 대기오염 노출로 인하여 혈액상 변화가 발생할 수 있는지를 구명하고자 계절별로 3회에 걸쳐 일반혈액검사, 백혈구 백분율 검사 등을 실시하였다.

일반 혈액검사에서 4월에는 총백혈구수, 림프구수, 적혈구수, 혈색소량은 A 및 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 낮았으며, 특히 B 초등학생은 유의하게 낮았다($P < 0.05$). 또한 혈소판수도 각각 $36.8\text{만}/\mu\text{l}$, $29.0\text{만}/\mu\text{l}$, $36.2\text{만}/\mu\text{l}$ 로 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 유의하게 낮았다($P < 0.05$). 석유화학공단 인근지역 어린이에서 백혈구수, 적혈구수 및 혈소판수 감소는 공단지역에 위치함으로서 노출되는 휘발성 유기화합물이나 기타 여러 가지 유해물질에 노출로 인하여 혈액상의 변화가 초래되었을 수도 있음을 암시하며 이는 실제 석유화학공단 인근지역에서 측정된 벤젠 등 방향족 화합물의 공기 중 농도가 $37.88\sim 53.00\text{ ppb}$ 로 울산시내의 다른 지역의 $2.27\sim 6.00\text{ ppb}$ 에 비하여 높게 측정되었다는 울산광역시(1997) 조사 결과와 알칸류, 알켄류, 알킨류

및 방향족 탄화수소 등의 총 휘발성 유기화합물의 농도가 B 초등학교가 1,320.94 ppb로 일반 주거지역의 411.46 ppb보다 높았다는 한국과학기술원(1998)의 보고에 미루어 볼 때 상당한 설득력을 갖는 것으로 생각되었다. 그러나 Collins 등(1997)에 의하면 벤젠 노출로 인한 림프구 등의 혈구세포수 감소는 벤젠 농도가 0.55 ppm 정도에서 장기간 노출시 관찰할 수 있었다는 연구보고와 Khuder 등(1999)은 0.14~2.08 ppm의 저농도 벤젠에 장기간 노출시 백혈구수를 제외한 혈구세포수의 감소를 관찰할 수 있었다는 연구보고를 고려하면 벤젠 이외의 다른 물질에 의한 혈구세포수의 감소도 배제하지 못할 것으로 사료된다. 또한 Cullen(1994)도 혈구세포가 여러 가지 중금속, 유기용제, 농약 및 반응성 유기화합물 취급자들에서 감소할 수 있음을 확인 가능하다고 주장한 바 있다. 그러나 어린이의 경우 영양상태, 간접흡연에 노출 등도 중요한 의미를 갖기 때문에 결과의 해석에는 신중한 접근이 필요할 것으로 사료된다.

7월에는 A 초등학생과 C 초등학생의 혈구세포수도 낮아져서 총백혈구수, 림프구수, 적혈구수, 혈색소량 및 혈소판수가 학교간 유의한 차이가 없어졌다. 즉 하절기에는 교외지역의 C 초등학생의 혈액상 변화도 나타나는 것으로 추정되었다. 이러한 변화가 대기오염 물질이 하절기에 풍향의 영향으로 C 초등학교가 있는 지역까지 영향을 준 것인지 하절기에 관광 명소가 많은 C 초등학교 인근 지역의 특성상 교통량 증가로 인한 것인지는 노출원 조사가 병행되지 않아 알 수 없었다. 10월에는 적혈구수, 혈색소량이 A와 B 초등학생이 C 초등학생에 비하여 낮았으며 특히 A 초등학생은 유의하게 낮았다($P < 0.05$). A 초등학생이 조사시기의 차이 및 지역 특성상의 영향 등으로 일부 혈구세포수의 변화가 발생된 것으로 추정되었다.

3차례에 걸쳐 진행된 검사결과는 계절별로 다른 양상을 보여 주었다. 즉, 총백혈구수, 호중구수, 림프구수는 A와 C 초등학생은 7월 조사에서는 감소되었다 다시 10월 조사 때는 다시 증가하는 경향을 보여 주며, B 초등학생은 계절별 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 적혈구수는 B와 C 초등학생은 7월 조사시 감소되었다가 10월 조사 때는 다시 증가하는 양상을 보여주나 A 초등학생은 갈수록 감소하는 경

향을 보여주었다. 혈색소량의 변화는 적혈구수의 변화와 유사하였다. 혈소판수는 모두 7월 조사 때는 감소되었다가 10월 조사 때는 다시 증가하는 양상을 보여주었다. 이러한 변화가 계절의 변화에 따라 인체에 미치는 여러 가지 요인이 서로 다를 수 있음을 의미하는 것인지 단순히 조사시기 차이에서 오는 것인지에 대해서는 좀더 연구가 필요한 것으로 판단된다. 그러나 휘발성 유기화합물 같은 물질에 쉽게 영향을 받는 것으로 알려진 백혈구와 적혈구의 변화는 조사시기에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 보아 계절별로 풍향이 달라져서 대기오염 물질의 확산정도가 차이가 나는 것과 계절별로 공장의 가동률 차이 같은 주위 환경의 변화, 방학 중 노출량의 차이 등이 이러한 현상의 원인의 하나일 것으로 추정되었으나 역시 추가적 조사연구가 필요할 것으로 판단된다.

백혈구수의 변화를 확실하게 구분하기 위하여 혈액 1 μ 당 총백혈구수를 4,500/ μ 를 기준으로 구분한 후 분포를 비교한 결과도 유의하지는 않았으나 계절간에 서로 달랐다. 이 역시 계절적 차이에 의한 대기오염물질의 노출량 차이인지 단순한 조사시기의 차이에 의한 것인지는 향후 좀더 연구가 필요한 것으로 판단된다.

저농도 벤젠의 노출로 인한 혈구세포의 변화는 Ward 등(1985)와 Cronkite 등(1989)은 동물실험에서 말초 림프구 감소가 가장 예민한 지표로 보고하였고, Rothman 등(1996), Ward 등(1996)과 Collins 등(1997)은 저농도 벤젠 노출 근로자를 대상으로 한 연구에서 말초 림프구 감소가 제일 예민한 것으로 보고하였으나, 반면에 Khuder 등(1999)은 저농도 벤젠 노출시 백혈구를 제외한 혈구세포수 감소가 있는 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 림프구수 감소와 적혈구수 감소가 동시에 관찰되는 경우가 많아 그러한 차이를 찾지 못하였다. 이러한 결과는 전술한 바와 같이 벤젠 이외의 다른 물질에 의한 혈구세포수의 감소도 한 원인으로 사료된다.

석유화학공단 인근의 B 초등학생은 동풍이 잦은 하절기를 제외하고는 모든 혈구세포수가 일정하게 유지되었는데 이는 1년 내내 공단의 영향을 받는 것이 한 원인으로 추정되었다.

조사시기에 따라 총백혈구수, 적혈구수가 학교별로 차이가 있는가와 각 학교별로 조사시기에 따라 혈구세포수의 차이가 있는가를 분석하기 위하여

generalized linear model의 repeated measures ANOVA를 시도한 결과 연령과 성을 공변인으로 보정한 후의 P 값에서 조사시기의 차이와 학교간 차이의 교호작용변수(interaction variable)는 모든 혈구세포에서 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이는 조사시기의 차이에 따라 각 학교어린이들간에 혈구세포수의 차이가 유의하게 다르다는 것을 의미한다. 또한 조사시기와 연령과의 교호작용변수와 총백혈구수, 호중구수, 림프구수 사이에만 유의하였는데 이는 조사시기에 따라 연령 차이에 의한 총백혈구수, 호중구수, 림프구수의 차이가 유의하며 혈소판수는 조사시기에 관계없이 각 연령간에 유의한 차이($P=0.005$)가 있는 것을 의미한다. 이러한 결과는 MacKinney(1978)와 Giorno 등(1980)이 보고한 백혈구 및 적혈구수는 연령에 따라 차이가 있다는 결과와 일치하지 않는데 대상자의 연령이 서로 달랐기 때문인 것으로 사료되었다. 조사시기와 성별간의 교호작용변수는 어떠한 혈구세포와도 유의하지 않았는데 이는 조사시기의 차이에 따른 성별간 혈구세포수의 차이가 유의하지 않으며 이중 적혈구수는 조사시기에 상관없이 성별간에 유의한 차이($p=0.005$)가 있는 것으로 의미한다. 이러한 결과는 Giorno 등(1980)이 보고한 모든 혈구세포는 성별 차이가 있다는 연구결과와 차이가 나는데 역시 대상자의 연령이 서로 달랐기 때문인 것으로 사료되었다.

연령별로는 세분하여 혈구세포의 변화를 관찰하면 유의성 있는 차이가 연령 구분이 없는 자료와 차이가 있는데 대체로 림프구수는 11세 어린이에서 적혈구수, 혈색소량, 혈소판수는 8세 어린이에서 더 예민하게 반응하여 학교간에 유의성 있는 차이를 보여 주었다.

영양상태에 의한 혈액상 차이는 동시에 실시되었던 설문조사에서 파악된 거주형태, 난방형태 등의 주거환경 조사 결과와 신장, 체중 등의 체격조사 결과상 학교간에 유의한 차이가 없어 그다지 영향이 없을 것으로 판단되었다.

조사대상자들이 초등학생이라 직접 흡연률은 매우 적을 것으로 추정되지만 Corre 등(1971)에 의하면 흡연은 백혈구수에 영향을 줄 수 있기 때문에 간접흡연의 정도를 파악한 결과 간접흡연자가 1명 이상인 초등학생은 A, B, C 초등학생이 각각 85.7%, 74.3%, 71.7%로 유의한 차이가 없었다. 따라서

간접흡연으로 인한 각 초등학교 어린이들에 미치는 영향 차이는 미미할 것으로 판단되었다.

현재 어떤 항목을 혈중 면역지표로 선정하는가는 각 연구기관마다 제안된 검사 내용이 약간씩 다르게 되어 있다. 세계보건기구(1995)는 20가지 항목을 제시하였는데 이것으로 주요 면역학적 질환 및 이상상태를 모두 검사할 수 있고, 미국의 ATSDR(Agency for Toxic Substance and Disease Registry)에서 제안한 immune test battery(Straight 등, 1995)는 8가지 항목으로 구성되어 있으며 주로 체액성, 세포성, 자가면역질환을 파악하는데 사용된다. 일반 혈액검사는 인구집단에서 빈혈이나 체내 염증상태 등 일반적인 건강상태를 나타내는 가장 기본적인 검사로 이용되고 있고(Allen과 Batjer, 1985), 백혈구백분율은 면역상태 중 대상자의 세포성 면역이 어느 백혈구에 모아지는가를 알 수 있게 하며, 대상자의 백혈구 지표와 호중구, 림프구 등의 비율은 기본적인 면역상태를 반영하여주므로 백혈구가 증가되어 있을 때 어느 백혈구에 작용이 집중되는 가를 알 수 있게 한다(NCCLS, 1992). 그리고 면역검사 중 IgG, IgA, IgM의 검사 항목은 체액성 면역을 대표하는 검사로 림프구중 B세포의 이상상태를 반영하여 주며(Wall과 Kuehl, 1988), CD3, CD4, CD8, CD19, CD56 등의 림프구 표식자는 림프구의 세포성 면역 상태를 숫자의 변화를 통하여 반영하는 지표로 사용된다. 이중 CD3는 T 세포의 상태를, CD4는 T helper 세포, CD8은 T suppressor 세포, CD19는 B 세포, CD56은 natural killer 세포의 상태를 반영하는 것으로 알려져 있다(Saunders 등, 1988).

7월의 2차 조사 때 석유화학공단 인근 초등학생의 백혈구수가 적어짐이 면역기능에도 영향을 받았는지를 나타내는 것인가를 알기 위하여 일반혈액검사는 물론 혈중 immunoglobulin G, A, M 측정 및 CD3, CD4, CD8, CD19, CD56 등의 림프구 아형 분포분석을 한 결과 총백혈구수, 백혈구백분율검사 결과, 림프구 아형분포 양상 및 혈청 면역글로블린량에서 모두 서로 유의한 차이가 없었으며 모두 정상범위에 들었다. 이는 다환성 방향족 탄화수소에 노출시 면역기능 장애가 있을 수 있다는 ATSDR(1995) 보고와는 상반된 결과이나 하절기에는 학교간에 혈구세포수의 차이가 없어서 면역기능의 차이가 없음이 일부 예상되었고 또한 대상자수가 너무 적은 것과 검사

특성상 10 ml 이상의 채혈이 비교적 쉬운 11세 어린이들을 대상으로 하여 보다 환경의 영향을 많이 받을 수 있는 저학년 어린이의 평가를 하지 못하여 단정적 결론을 얻을 수 없었다. 향후 혈구세포수 변화가 뚜렷한 춘절기에 저학년 어린이들을 포함하는 보다 많은 인원을 대상으로 하는 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단되었다.

본 조사 연구결과를 일반화하기에는 몇 가지 제한점이 있다. 먼저 본 건강조사는 혈구세포수에 영향을 줄 수 있는 휘발성 유기화합물의 기중 농도 측정이나 체내 생체지표검사를 통한 노출원 조사를 병행하지 못하여 혈구세포수의 변화의 원인을 직시하기 어려웠다. 또한 결석 또는 전학으로 처음 조사에서는 포함되었으나 최종 연구대상자에서 빠진 어린이들에 의한 일부 측정치의 과소, 과다 평가 오류도 일부 예상된다.

이상과 같은 결과로 휘발성 유기화합물 같은 물질에 쉽게 영향을 받는 것으로 알려진 총백혈구와 적혈구수 등은 조사시기에 따라 각 학교 어린이들간에 차이가 있으며 이는 각 학교 어린이들의 혈구세포수에 영향을 줄 수 있는 휘발성유기화합물의 노출량의 차이가 중요한 원인의 하나일 것으로 추정된다.

향후 연구에서는 이러한 점을 고려하여 혈구세포의 변화의 원인이라 추정되는 휘발성 유기화합물의 기중 농도측정이나 체내 생체지표검사를 통한 노출원 조사를 병행하는 추가적 조사가 필요한 것으로 사료된다.

요 약

목적 : 지역 특성상 휘발성 유기화합물, 분진, 악취 등 환경오염의 영향을 많이 받는 것으로 추정되는 울산석유화학공단 인근 어린이들의 혈액상 변화, 계절 차이에 의한 혈액상 변화와 면역기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

방법 : 2000년 4월, 7월, 10월 3회에 걸쳐 석유화학공단 인근 A 초등학교 46명(남자 32명, 여자 14명), B 초등학교 97명(남자 49명, 여자 48명)과 교외지역의 C 초등학교 95명(남자 47명, 여자 48명)을 대상으로 일반혈액검사, 백혈구 백분률 검사를 실시하였으며 7월 조사 때는 B 및 C 초등학교 11세 남자 각각 25명을 대상으로 면역학적 기능검사

를 실시하였다.

결과 : 3차례에 걸쳐 진행된 검사결과는 계절별로 다른 양상을 보여 주었다. 즉, 총백혈구수, 호중구수, 림프구수는 A와 C 초등학교는 7월 조사에서는 감소되었다 다시 10월 조사 때는 다시 증가하는 경향을 보여주며, B 초등학교는 계절별 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 적혈구수는 B와 C 초등학교는 7월 조사시 감소되었다가 10월 조사 때는 다시 증가하는 양상을 보여주나 A 초등학교는 갈수록 감소하는 경향을 보여주었다. 혈색소량의 변화는 적혈구수의 변화와 유사하였다. 혈소판수는 모두 7월 조사 때는 감소되었다가 10월 조사 때는 다시 증가하는 양상을 보여주었다. 조사시기에 따라 각 학교 어린이들간에 혈구세포수의 차이가 있음을 구명하기 위하여 generalized linear model의 repeated measures ANOVA를 시도한 결과 연령과 성을 공변인으로 보정한 후의 P 값에서 조사시기의 차이와 학교간 차이의 교호작용변수(interaction variable)는 모든 혈구세포에서 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이는 조사시기에 따라 각 학교어린이들간에 혈구세포수의 차이가 유의하게 다르다는 것을 의미한다. 면역기능 평가를 위하여 혈중 immunoglobulin 측정 및 림프구 아형 분포분석을 B 및 C 초등학교 6학년 남학생 각 25명, 총 50명을 대상으로 실시하였으나 모두 정상범위이었고 학교간 차이도 없었다.

결론 : 휘발성 유기화합물 같은 물질에 쉽게 영향을 받을 수 있는 백혈구와 적혈구 등의 혈구세포는 조사시기에 따라 각 학교어린이들간에 혈구세포수의 차이가 유의하게 나타남은 각 학교 어린이들간에 조사시기에 따라 혈구세포수에 영향을 주는 휘발성 유기화합물의 노출량의 차이가 중요한 원인 중 하나일 것으로 추정된다. 향후 혈구세포의 변화의 원인이라 추정되는 휘발성 유기화합물의 기중 농도측정이나 체내 생체지표검사를 통한 노출원 조사를 병행하는 추가적 조사가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

김기현, 김조천, 김중호, 이강웅, 정재춘 등. 신체 대기오염개론. 서울: 향문사, 1999
김현, 임현술, 강종원, 이호익, 김용대 등. 직업과 생활습관, 그리고 CYP1A1, GSTM1, GSTT1 유전자 다형성이 요중 1-hydroxypyrene과 2-naphthol 농도에 미

- 치는 영향. 대한산업의학회지 1999;11(4):546-556
- 기상청. 기상연감. 서울: 기상청, 1999
- 울산광역시. 울산광역시 환경오염조사 및 환경중기 종합계획수립(요약보고서). 울산: 울산광역시, 1997
- 울산광역시. 2000 환경백서. 울산: 삼정출판인쇄, 2000
- 울산환경기술개발센터. 울산지역 환경정책 결정과정에서의 시민의사 반영과 환경민원 해결을 위한 정책대안 연구 및 공단지역 주민건강 조사연구. 울산: 환경기술개발센터, 1999
- 이충렬, 유철인, 이지호, 강정학, 이현. 용접근로자의 혈액상 변화. 예방의학회지 1999;32(2):141-146
- 조수현. 환경오염에 대한 보건학적 접근: 의학적 감시체계. 대한의사협회지 1998;41(10):1017-1024
- 한국과학 기술원 지구환경연구센터. 울산 대기 중 입자상, 기체상 물질의 수용성 이온성분과 휘발성 유기화합물의 농도. 서울: 한국과학기술원, 1998
- Allen JK, Batjer JD. Evaluation of an automated method for leukocyte differential counts based on electric volume analysis. Arch Pathol Lab Med 1985;109:534-539
- ATSDR. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs)(updated). Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Services, 1995
- Collins JJ, Ireland BK, Easterday PA, Nair RS, Braun J. Evaluation of lymphopenia among workers with low-level benzene exposure and the utility of routine data collection. JOEM 1997;39(3):232-237
- Corre F, Lellouch J, Schwartz D. Smoking and leukocyte-counts: Results of an epidemiological survey. Lancet 1971: 632-634
- Cronkite EP, Drew RT, Inoue T, Hirabarashi Y, Bullis JE. Hematotoxicity and carcinogenicity of inhaled benzene. Environ Health Perspect 1989;82: 97-108
- Cullen MR. Disorders of the Blood and Blood-Forming Organs. In: Rosenstock L, Cullen MR, eds. Textbook of Clinical and Environmental Medicine. Seattle: WB Saunder Co, 1994:329-343
- EPA. Health effects of assessment for polynuclear aromatic hydrocarbons(PAH). Cincinnati OH: US-EPA, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, First Draft ECAOCIN-HO13, 1984
- EPA. Provisional guidance for quantitative risk assessment of polynuclear aromatic hydrocarbons. Cincinnati OH: US-EPA, Environmental Criteria and Assessment Office, Final Draft, ECAOCIN-842, 1993
- Georgieva T, Lukanova A, Panev T, Popov T. Study of erythrocytes, hemoglobin levels, and menstrual cycle characteristics of women exposed to aromatic hydrocarbons. Int Arch Occup Environ Health 1998;71 suppl:S16-S18
- Giorno R, Clifford JH, Beverly S, Rossing RG. Analysis by different statistical techniques and variations with age and sex. AJCP 1980;74(6): 765-770
- Goldstein BD. Blood. In: Stellaman JM, eds. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. 4th ed. Geneva: ILO, 1998. p 1.1-1.9
- Jansen EHJM, Schenk E, Engelsman G, Werken G. Use of biomarkers in exposure assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons. Clin Chem 1995;41(12):1905-1906
- Jongeneelen FJ, Anzion RBM, Henderson PT. Determination of hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine. J Chromatograph 1987;413:227-232
- Kang DH, Rothman N, Poirier MC, Greenberg A, Hsu CH, et al. Interindividual differences in the concentration of 1-hydroxypyrene glucuronide in urine and polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in peripheral white blood cells after charbroiled consumption. Carcinogenesis 1995;16(5):1079-1085
- Khuder SA, Youngdale MC, Bisesi MS, Schaub EA. Assessment of complete blood count variations among workers exposed low levels of benzene. JOEM 1999;41(9):821-826
- MacKinney AA. Effect of aging on the peripheral blood lymphocyte count. J Gerontol 1978;33(2): 213-216
- National Committee for clinical Laboratory standards. Romanovsky blood strains. 16(2). Villanova, PA: NCCLS, 1992
- Øvrebø S, Fjeldstad PE, Grzybowska E, Kure EH, Chorazy M, et al. Biological monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in a highly polluted area of Poland. Environ Health Perspect 1995;103(9):838-843
- Rothman N, Li GL, Dosemeci M, Bechtold WE, Marti GE, Wang YZ, et al. Hematotoxicity among Chinese workers heavily exposed to benzene. Am J Ind Med 1996;29:236-246
- Saunders ME, Makgoba MW, Shaw S. Human

- native and memory T cell. Reinterpretation of helper-inducer and suppressor-inducer subsets. *Immunol Today* 1988;9:195-198
- Straight M, Amler RW, Vogt RF, Kipen HM. Biomarker testing for the assessment of populations exposed to hazardous chemicals. In : *Method of Pesticide Exposure Assessment*. New York : Plenum Press, 1995:165-175
- Wall R, Kuehl M. Biosynthesis and regulation of immunoglobulins. *Ann Rev Immunol* 1988;1:393-422
- Ward CO, Kuna RA, Snyder NK, Alsaker RD, Coate WB, et al. Subchronic inhalation toxicity of benzene in rats and mice. *Am J Ind Med* 1985;7:457-473
- Ward E, Hornung R, Morris J, Rinsky R, Wild D, Halperin W, et al. Risk of low red or white blood cell count related to estimated benzene exposure in a rubberworker cohort(1940-1975). *Am J Ind Med* 1996;29:247-257
- WHO. *Environmental Health Criteria Document. Principles and methods for assessing direct immunotoxicity associated with chemical exposure*. 1995
- Zmirou D, Masclat P, Boudet C, Dor F, Dechenaux J. Personal exposure to atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in a general adult population and lung cancer risk assessment. *JOEM* 2000;42(2):121-125