

생체지표를 이용한 지하수 오염의 건강 영향 평가: 일개 지역을 중심으로

오두남¹ · 임경춘² · 박승미¹

¹호서대학교 간호학과, ²성신여대 간호학과

Health Effects of Exposure to Oil-contaminated Water Using Biological Markers: Focusing on G Village near the Area of Daecheon Beach

Doo-Nam Oh¹, Kyung-Choon Lim², Seungmi Park¹

¹Department of Nursing, Hoseo University, Asan; ² Department of Nursing, Sungshin Women's University, Seoul, Korea

Purpose: This study was conducted to explore the health effects of exposure to oil-contaminated water in G village near the area of Daecheon beach on which air force had test fired. **Methods:** Eighty residents consented and were divided into three groups; 33 residents(drinking well water and still living there), 23 residents(drinking well water but do not live there any more), and 24 residents(did not drink well water but live there now: control group). Data were collected from August to September, 2010 from the survey questionnaires, general health examination, specific functional test, and biological marker tests. **Results:** Current residents showed higher levels of body mass index, blood pressure, and fasting blood glucose that are related to adult diseases. 64 participants received specific test for cancer. Only one person had esophageal cancer. Perchloroethylene was not found in the Urine Samples. Current residents showed a higher level of 8-hydroxydeoxyguanosine, an indicator of oxidative damage, and there was a statistically significant difference after correcting the confounding variables. **Conclusion:** We need education programs for managing the risk factors that are related to adult diseases in people who are now living in this village. We also need to expand further studies for investigating oxidative damage indicators.

Key Words: *Biological markers; Health effects; Contamination*

국문주요어: 생체지표, 건강 영향, 오염

서 론

1. 연구의 필요성

충남 보령 대천해수욕장 공군사격지원대 주변지역(G마을 포함)

Corresponding author:

Kyung-Choon Lim, Woonjung Green Campus, Department of Nursing, Sungshin Women's University, 55 Dobong-ro 76ga-gil, Gangbuk-gu, Seoul 142-732, Korea

Tel: +82-2-920-7729 Fax: +82-2-920-2092 E-mail: kclim@sungshin.ac.kr

*본 연구는 충남환경기술센터의 지원에 의해 시행되었다. 연구의 내용과 결과는 전적으로 저자의 책임 하에 있으며, 어떤 개인이나 단체의 이해와 관련이 없음을 밝힌다.

투고일: 2013년 3월 5일 심사회의일: 2013년 3월 11일 게재확정일: 2013년 5월 14일

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

주민들은 상수도가 공급되기 전 지하수를 과거 수십 년 동안 식수로 사용하였는데, 지하수는 유기용제 등 유류에 의해 기준치 이상으로 오염이 되었으며, 이로 인해 현재 15년 이상 이 마을에 거주해 온 20가구 37명 중 37.8%인 14명이 암에 걸렸다고 보도되었다(KBS, 2010; SBS, 2009). 이는 한국인 남성 3명 중 1명, 여성 4명 중 1명인 평균 암 발생률(National Cancer Information Center, 2012; Statistics Korea, 2007)보다 훨씬 높은 수치를 나타내고 있다.

특히 유류 오염과 관련된 G마을 주민의 불편 호소와 피해 민원 사례는 계속되고 있어, 한국농어촌공사(Korea Rural Community Corporation [KRC], 2009)에서 공군사격지원대 내 유류고 주변 및 인근마을에 대한 기초 조사를 시행하였다. 그 결과 유류로 인한 토양의 오염 징후는 발견되지 않았으나, 지하수 분석에서 유류성분인 Perchloroethylene (PCE), Trichloroethylene (TCE), Methyl tertiary butyl

ether (MTBE) 등이 검출되었다.

조사를 시행한 지하수 5군데 중 1곳에서 PCE가 수질 기준의 약 13배인 0.1258 mg/L, TCE는 수질 기준을 약간 상회하는 0.0166 mg/L 가 검출되었으나, 다른 4곳은 수질 기준 이하 혹은 검출이 되지 않았다. 또한 MTBE도 지하수 2곳에서 미국 환경청의 수질 권고치인 0.02-0.04 mg/L보다는 낮게 검출되었다. 그러나 국제암연구소가 인정한 발암불질인 PCE와 TCE나 인체 유해 독성물질인 MTBE의 오염 개연성을 나타내는 지하수를 장기간에 걸쳐 이용한 경우에는 주민의 건강에 영향을 미칠 수도 있는 것으로 평가되었다(KRC, 2009).

암 발생요인이나 발생기전은 아직 명확하지 않지만 현재까지의 역학조사에 의하면 사회경제적 요인, 가족력, 방사선, 비만 등의 여러 요인들이 다양하게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(Iso, Ikeda, Inoue, Sato, & Tsugane, 2009). 이 중 특히 환경오염과 식이 요인이 중요한 영향을 미치는 것으로 지목되고 있다(Gonzalez & Riboli, 2010). 또한 인체는 다양한 경로를 통해 유해성분에 노출될 수 있으므로, 문제 발생 지역에서는 일상적인 식품섭취를 통해 노출되는 유해성분의 수준을 파악하는 추적연구가 필요하다고 하였다(Ha, Lee, Lee, & Cheong, 2008; Park, 2007). 그러므로 주민들의 건강문제가 계속 발생하고 있는 G마을 지역 주민들의 건강상태 파악 및 민원 해소를 위하여 지하수 급수 이력이 있는 마을 주민들의 건강영향조사는 시급한 상황이라고 볼 수 있겠다.

더 나아가 최근 국내 환경정책은 인간의 건강을 중심으로 사전 예방적 차원에서 정책을 수립하고 또한 관련 자원의 참여와 협력을 강화하는 방향으로 전환하고 있다. 그러므로 모든 분야에서 건강영향평가를 통해 건강문제를 사전에 예방할 수 있다면 OECD 국가 중 가장 높은 의료비 증가를 보이고 있는 국내의 실정에 효율적이고 경제적인 효과도 기대할 수 있을 것으로 본다.

따라서 본 연구에서는 G마을 주민을 대상으로 하는 건강영향조사의 일환으로써 2010년 현재 환경 중에 잔류하고 있는 인체의 환경위험인자 노출 및 관련인자를 설문조사와 생체지표를 포함한 건강검진을 통해 평가하고자 하였다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 지역 주민의 건강상태를 평가하고 생체지표를 이용하여 유해성분 노출 정도와 건강상태에 대한 분석을 통해 유류에 의한 지하수 오염이 건강에 미치는 영향을 파악하고자 하는 것이다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 유류에 의한 지하수 오염 지역 주민의 건강상태를 평가하고 생체지표를 이용하여 유해성분 노출 정도와 건강상태에 대한 분석을 통해 건강영향정도를 파악하고자 하는 서술적 조사연구이다.

2. 연구대상

본 연구의 대상자는 대천해수욕장 공군사격지원대 주변마을인 G마을 71세대의 세대주 및 세대원 146명이었다. 이 중 연구 조사대상 분류 기준에 적합하면서 초기 건강영향조사 설명 시 본 조사연구를 위해 참여하겠다고 동의한 대상자는 총 80명이었다. 이들 대상자들은 그룹 특성에 따라 3개의 그룹으로 분류되어 선정되었다. 각각의 그룹 구분의 기준은 오염된 지하수의 음용여부와 현재 환경인자의 영향을 반영하는 거주여부에 따라 분류하였다. 1그룹은 지하수를 음용한 적이 있으며 현재 G마을에 거주하는 거주군 33명, 2그룹은 지하수를 음용한 적이 있으나 현재 G마을에 거주하지 않는 비거주군 23명, 3그룹은 지하수를 음용한 적은 없지만 현재 G마을에 거주하는 거주대조군 24명이었다(Figure 1).

3. 연구도구

본 연구는 설문조사, 일반건강검진검사, 특수기능 검사, 그리고 생체지표 검사로 이루어졌다.

각 조사 및 검사 항목은 한국농어촌공사의 해당지역 유류오염 기본조사용역보고서(KRC, 2009)에서 제시되었던 유해 물질을 중심으로 문헌고찰 및 전문가 자문 결과에 의해 선정되었으며, 대상자의 건강영향조사를 위해 전반적인 건강상태를 파악할 수 있는 일반 건강검진요소들이 추가적으로 선택되었다.

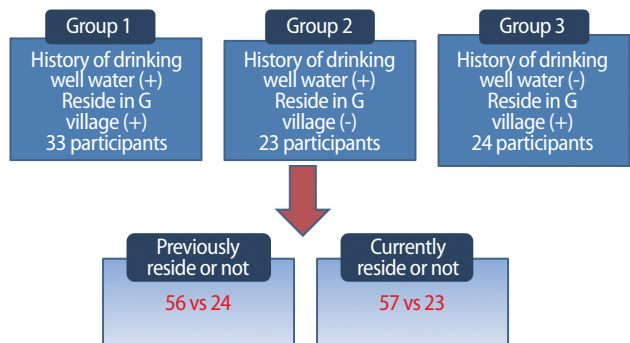


Figure 1. Model for the survey design.

1) 기본 설문 및 일반건강검진 검사

기본 및 건강검진 설문지는 환경부가 환경보건 데이터베이스 구축을 위한 연구에서 제시한 표준화된 설문지(Ministry of Environment, 2010)와 태안 환경보건센터에서 개발하여 태안환경보고에 사용된 구조화된 설문지(Ha et al., 2008)를 참고로 하여 본 조사에 맞게 수정 보완 후 사용하였다. 설문조사 항목은 음용수, 생활습관, 질병력, 환경노출력, 식이습관, 여성력, 알레르기질환, 정신건강, 그리고 인구학적 특성 등 9개 부분으로 이루어졌다(Table 1).

2) 특수기능 검사

특수기능검사는 PCE의 가장 예민한 독성이 신경계에 나타나기 때문에 유류 오염 물질에 의한 신경독성 검사 등을 판단하기 위한 목적으로 시행되는 것인데(Geller, 2001; Gerr & Letz, 1988; Stokes, Stark, Marshall, & Narang, 1995), 심박동수변이검사(Heart Rate Variability, HRV), 진동검사(Vibration), 색각혼란검사(Color Confusion Index) 등으로 구성되었다. 심박동수변이검사는 시간에 따른 심박동의 주기적인 변화를 보는 것으로서 환경적 스트레스가 인체에 미

치는 영향을 평가하기 위한 것이다(Geller, 2001; Gerr & Letz, 1988; Stokes, Stark, Marshall, & Narang, 1995). 심박동수변이검사는 ANS Function & Blood Circulation Assessment (SA-6000, medicore, Seoul, Korea)을 이용하였으며, 진동감각검사는 Vibration Sensitivity Tester (Vibratron II, Physitemp Instruments Inc., Clifton, NJ, USA)를 사용하여 측정하였다.

3) 생체지표 검사

생체지표분석을 위한 PCE 노출 정도와 산화손상지표분석을 위한 8-hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG), malondialdehyde (MDA) 확인을 위해 12시간 수집된 소변을 이용하였다. 산화적 손상으로 인한 지질 과산화 산물인 MDA 농도를 평가하기 위하여 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)의 양을 High performance liquid chromatography (HPLC)를 이용하여 측정하였으며, Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)와 Volatile organic compounds (VOCs)에 의한 DNA 산화적 손상 정도를 간접적으로 평가하기 위해 요중 8-OHdG 양을 Microplate reader (GENios, Grödig, Salzburg, Austria)를 이용하여 측정하였다.

Table 1. The List of Questionnaires and Examinations

Categories	Contents	Others		
Questionnaires	Drinking	Total 185 items		
	Life style			
	Health history			
	Environmental exposure history			
	Diet habits			
	Maternal history			
	Allergy history			
	Mental health			
	Demographic factors			
	General health exams		Height/weight	Above 20/person
			Body mass index	
			Blood pressure	
			Intraocular tonometry & fundus exam	
			Pure tone audiometry	
			Pulmonary function test	
			Chest X-ray	
			Electrocardiogram	
Esophagogastroduodenoscopy				
Sigmoidoscopy(option)				
Specific function tests	Abdominal sonography			
	Bone densitometry			
	Cancer marker			
	Lipid battery, liver function test & hepatitis test			
	Fast blood test & HbA1c			
	CBC, chemistry & kidney test			
	Urine analysis & stool exam			
	Mammography & Pap smear			
	Heart rate variability			
	Vibration			
Color confusion index				

4. 자료 수집 방법

본 연구는 S대학교의 연구윤리심의위원회 심의과정을 통과하였으며(IRB No: sswuirb 2010-018), 각 조사대상자에게 연구의 목적을 설명한 후 이를 이해하고 참여를 허락한다는 서면동의서를 받은 후 자료를 수집하였다.

설문지는 자가보고형태로 작성되었으며, 자가보고형태가 어려운 대상자는 설문작성방법에 대해 교육 및 훈련을 받은 조사원들에 의해 일대일 면접방식으로 설문이 이루어졌다. 현재 거주자의 가족 구성원이었던 현재 비거주 대상자에 대해서는 현거주자로부터 연락처를 수령하여 연락을 취한 후 건강검진 시나 G마을회관에서 면대면으로 자료를 수집하였다.

건강검진은 K대학교병원 건강증진센터에서 일반적인 검진 진행 과정을 통해 2010년 8월 중 2일 동안 총 64명이 시행하였다. 개별적으로 신체계측, 청력검사, 순환기검사, 위장관검사, 영양표지자검사, 고지혈증검사 등을 포함한 총 20항목 이상의 검진 검사가 시행되었다(Table 1).

특수기능검사들은 검진당일 건강검진센터 진료실에서 사전에 훈련 받은 연구보조원들에 의해 시행되었다. 단, 검진희망자 중 해당일 검진을 시행하지 못한 대상자와 거주대조군 16명에 대해서는 2010년 9월 보령 G마을의 마을회관에서 채혈검사와 함께 특수기능 검사를 시행하였다.

심박동수변이검사는 검사장비(SA-6000(medicore))를 이용하여 앉은 자세에서 HRV와 Acceleration Plethysmogram (APG)를 각각 5분, 1분 30초 동안 측정하였다. 진동감각검사도 검사장비[Vibratron II (Physitemp Instruments Inc.)]를 사용하여 사람의 출입을 최대한 제한한 조용한 환경 및 실내온도 25°C 이상 유지한 상태에서 환경의 영향을 최대한 통제하여 검사하였다. 검사 방법은 양측 집게 손가락에서 method of limits (MOL) 알고리즘을 사용하여 측정하였다.

생체지표검사를 위한 12시간 소변 수집에 대해서는 사전에 소변 주머니를 개인별로 나누어 준 후 수집방법에 대해 연구보조원들이 전화로 교육을 하였다. 수집된 소변은 검진당일 혹은 G마을의 마을회관에서 수거되었다. 수거 즉시 고유번호를 부여한 후 각 분석 항목에 필요한 양을 용기에 분주하였고, 분석 업체에서 바로 검체 물을 수령하였으며 분석 전까지 -80°C에서 냉동 보관하였다.

5. 자료 분석 방법

모든 설문조사 결과와 특수기능 검사결과는 연구보조원들에 의해 2회 이상 확인 작업 후 전산화되었다. 또한 64명에 대한 검진결과를 K대학교병원으로부터 전산으로 수령하여, 특수기능 검사결과 및 설문조사 결과와 함께 분석에 이용하였다.

조사대상을 크게 상수도 도입 이전 시기의 거주 여부(과거거주여부)와 상수도 도입 이후 현재까지의 거주 여부(현재거주여부)의 두 가지 기준으로 나누어 살펴보았다(Figure 1). 과거거주여부에 따른 분석은 유류에 오염된 지하수의 음용이 건강에 미치는 영향을, 그리고 현재거주여부에 따른 분석은 G마을 환경 위험 요인이 건강에 미치는 영향을 파악하기 위함이다.

본 연구에 사용된 통계적 분석방법은 다음과 같다.

첫째, 일반적으로 범주형 변수는 각각의 항목별로 빈도수와 비율을 제시하였으며, Chi-square test 혹은 Fisher's exact test를 이용하여 통계적 검증을 하였다.

둘째, 연속변수의 경우에는 평균과 표준편차로 분포를 나타냈으며, 선형회귀분석을 이용하여 연령과 성별 등의 교란변수를 보정한 추정평균과 표준오차를 제시하였다. 표본의 크기가 작아 비모수검정법인 Mann-Whitney U test나 ANOVA를 이용하여 통계처리하였다.

셋째, 통계 패키지는 SPSS version 20.0을 사용하였다.

연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

연구대상자들을 상수도 도입이전시기의 거주여부에 따라 일반적인 특성을 살펴보면 과거에 거주하였던 주민과 그렇지 않았던 주

민들과의 통계학적으로 의미있는 차이를 보이는 변수로는 흡연을 제외하고 없었다.

현재 G마을 거주여부에 따른 연구대상자들의 일반적인 특징을 살펴보면 인구구조에서부터 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 평균 연령이 각각 55세와 39세로 10세 이상의 차이가 나타났다. 이외에도 교육 및 월평균수입 분포와 같은 사회경제적 요인, 사용하는 식수종류, 인접도로와의 거리와 같은 환경적 요인도 통계학적으로 의미있는 차이가 나타났다. 뿐만 아니라 흡연이나 운동습관과 같은 생활습관 역시 통계적 경계역 정도의 유의성을 보이고 있었다(Table 2).

2. 대상자의 일반검진검사 결과

1) 일반 성인질환 검사

과거거주 여부에 따라서는 신체계측 결과, 혈압 등의 결과가 통계적으로 의미있는 차이가 없었다. 그러나 현재거주 여부에 따라 분석했을 때 몸무게, 허리둘레, 체질량지수가 G마을에 현재 거주하는 대상자에서 높게 나타났다. 이러한 경향성은 연령과 성별을 보정한 후에도 사라지지 않았다. 또한 수축기 및 이완기 혈압이 G마을에 현재 거주하는 대상자에서 높게 나타났다. 당뇨질환에 대해서는 공복 시 혈당과 당화혈색소를 측정하여 분석한 결과 현재 거주 여부에 따라 다르게 나타나 G마을에 현재 거주하는 주민에게서 통계적으로 증가하는 경향성이 있었다. 그러나 연령을 보정한 경우에는 통계적 유의성이 사라졌다(Table 3). 간기능 검사결과에서는 여러 가지 지표에서 현재나 과거거주 여부에 따른 차이가 통계적으로 유의하지 않았으며 일정한 경향성도 보이지 않았다. 다만, r-GTP 수치가 현재 거주하지 않는 대상자에서 그 평균수치가 다소 높게 나타나는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 못했다. 또한 중앙표지자 검사결과도 거주여부와 상관없이 모든 지표에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 일반혈액검사는 과거거주여부에 따라서 백혈구 수가, 현재거주여부에 따라서는 적혈구침강속도가 통계적으로 의미있는 차이를 보였다. 그러나 이러한 차이는 연령과 성별을 보정한 후에는 사라졌다.

2) 암검진 검사 및 기타 기능검사

(1) 암검진 검사

검진대상자 64명 중 식도암 1예가 발견되었다. 그 외 거주기간에 따른 특별한 차이나 경향성을 관찰할 수 없었다.

(2) 기타 기능검사

과거부터 현재까지 거주한 연구대상자들의 경우 골다공증 및 골

Table 2. General Characteristics by Current Residency

(N=80)

Characteristics	Current residents in G village				x ² or Fisher's exact or z	p
	Yes (n = 57)		No (n = 23)			
	n (%)	M (±SD)	n (%)	M (±SD)		
Age		55 (± 12.8)		39 (± 4.6)	8.22	< .001
Gender	Male	30 (52.6)		8 (34.8)	2.12	.145
	Female	27 (47.4)		15 (65.2)		
Smoking	No	24 (42.1)		16 (69.6)	4.17	.067
	Ex-smoker	12 (21.1)		5 (21.7)		
	Current smoker	17 (29.8)		2 (8.7)		
	No answer	4 (7.0)		0 (0.0)		
Alcohol	No	12 (21.0)		6 (26.1)	0.01	.626
	Yes	45 (79.0)		17 (73.9)		
Exercise	No	39 (68.4)		11 (47.8)	2.42	.120
	Yes	18 (31.6)		12 (52.2)		
Education (yr)	≤ 6	22 (38.6)		0 (0.0)	31.85	< .001
	7-9	14 (24.6)		0 (0.0)		
	10-12	14 (24.6)		15 (65.2)		
	> 12	6 (10.5)		8 (34.8)		
	No answer	1 (1.7)		0 (0.0)		
Monthly income (1,000 KRW)	< 500	12 (21.1)		0 (0.0)	41.21	< .001
	500-990	12 (21.1)		0 (0.0)		
	1,000-1,990	21 (36.8)		3 (13.0)		
	2,000-2,990	8 (14.0)		3 (13.0)		
	≥ 3,000	4 (7.0)		17 (73.9)		
Type of drinking water	Individual water	39 (68.4)		9 (39.1)	9.77	.210
	Well water	5 (8.8)		1 (4.4)		
	Purified water	12 (21.1)		13 (56.5)		
	Unknown	1 (1.7)		0 (0.0)		
Distance from near road (m)	< 50	14 (24.6)		10 (43.5)	8.78	.032
	50-99	12 (21.1)		5 (21.7)		
	100-499	11 (19.6)		7 (30.4)		
	≥ 500	20 (35.7)		1 (4.4)		

M = Mean; SD = Standard deviation.

감소증 소견이 비교적 많이 관찰되며, 폐기능 검사와 심전도 검사에서도 이상소견이 다른 군에 비해 자주 관찰되었다.

3) 알레르기 증상

현재 G마을에 거주하고 있는 대상자에게서 알레르기 증상 유병률(알레르기 천식 증상)과 질환 유병률(알레르기 천식과 비염)이 통계적으로 의미있게 높게 나타났다.

4) 정신건강조사

조사 대상자의 특성불안, 상태불안, 우울점수를 비교하였을 때, 과거 거주군과 현재 거주군이 각각의 비거주군보다 불안과 우울의 점수가 높게 나타나긴 하였으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 대상자의 특수기능검사 결과

1) 심박동수변이 검사

심장 기능과 자율신경계의 활성도와 균형을 평가하는 심박동수변이 검사 결과, 과거 및 현재거주여부에 상관없이 통계적으로 의미있는 차이를 나타내지 않았으며, 일관된 경향성도 관찰되지 않았다.

2) 진동검사

진동검사 결과에 따른 비교에서 통계학적으로 의미있는 차이가 없었다.

4. 산화손상지표

1) 노출시기별 요중 산화손상 지표 농도

요중 산화손상지표 중 지질의 손상지표인 MDA의 경우에는 과

거 거주여부나 현재 거주여부에 따른 기하평균 비교 시 통계학적으로 의미있는 차이가 나타나지 않았다. 요중 산화손상지표 중 DNA-adduct인 8-OHdG의 경우에는 과거 거주여부에서 차이를 보였는데, 과거에 거주를 했던 G마을 지역주민이 그렇지 않은 주민보다 산화손상지표가 통계적으로 유의하게 낮게 나타났으며, 교란변수를 보정한 후에도 이러한 경향성이 유지되었다. 반면 현재 거주여부에 따라서는 현재 G마을에 거주하는 주민에서 산화손상지표가 높게 관찰되었으며, 이러한 차이는 교란변수를 보정한 후에도 통계적으로 의미가 있었다(Table 4).

2) 거주기간별 요중 산화손상지표 농도

전체 연구 대상자를 과거부터 현재까지 거주한 집단, 과거에는 거주하였으나 현재는 거주하지 않는 집단, 현재는 거주하고 있으나 과거에는 거주하지 않은 집단으로 나누어 각각의 산화손상지표의 기하평균 비교 결과,MDA는 거주기간에 따라 그 값이 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 8-OHdG의 경우에는 거주기간에 따른 집단간의 기하평균이 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있었다. 교란변수를 보정한 경우에도 이러한 경향성이 유지되었다 (Table 5).

Table 3. The Results of General Health Examination by Current Residency* (N = 64)

Health exams	Current residents who got health examination in G village				z	p
	Yes (n = 41)		No (n = 23)			
	Mean	SD	Mean	SD		
Height	159.6	10.9	161.7	7.6	-0.32	.753
Weight	63.7	13.7	61.6	10.5	-0.76	.446
BMI	24.8	3.9	23.5	2.6	-1.18	.240
WC	87.6	10.1	81.3	8.3	-2.51	.012
SBP	127.5	17.1	117.2	12.0	-2.36	.018
DBP	78.6	13.7	75.6	10.5	-0.72	.471
FBS	101.9	27.3	88.0	9.8	-2.71	.007
HbA1c	6.27	1.22	5.4	0.3	-4.14	<.001
AST	27.93	11.57	30.39	26.03	-1.16	.245
ALT	29.66	24.10	34.04	42.53	-0.62	.538
γ-GT	39.46	32.44	61.48	23.25	-0.98	.327

* Adjusted by age and sex.
 BMI = Body mass index; WC = Waist circumference; SBP = Systolic blood pressure; DBP = Diastolic blood pressure; FBS = Fasting blood sugar; AST = Aspartase aminotransferase; ALT = Alanine aminotransferase; γ-GT = γ-glutamyl transpeptidase.

논 의

본 연구에서 현재 G마을 거주 여부에 따른 연구대상자들의 일반적인 특징에서 사회경제적 요인과 환경적 요인 등이 통계학적으로 유의한 차이를 보여준 것은 현재 G마을에 거주하지 않은 대상자 대부분이 상대적으로 젊고 도시에 거주하는 사람이 많기 때문인 것으로 추정된다. 또한 일반 성인질환 검사결과에서 신체계측이나 혈압 등의 결과가 현재 G마을 거주 대상자에게 높게 나타난 것은 연구 대상자들의 생활습관이나 식습관의 차이로 인한 가능성이 있을 수 있다(Choi & Lee, 2012). 하지만 적은 연구대상자 수에서의 연령 차이가 다소 크게 나타나기 때문에 연령보정이 충분하게 되지 않았을 가능성도 배제할 수는 없다.

혈중 지질 농도는 동맥경화 등의 발생가능성과 관련이 많은 것으로 알려져 있는데(Cooney et al., 2009), 현재 G마을에 거주하는 연구 대상자에서 저밀도 지단백을 제외한 혈중지질이 높은 경향성을 나타낸 것은 연구 대상자의 연령 구조 차이에 의한 가능성으로 생각해 볼 수 있다. 또한 알레르기 천식이나 비염 유행률의 차이가 실제

Table 4. The Level of Oxidative Damage Indicators in Urine by Time of Exposure and Residency (N = 80)

Oxidative damage indicators in urine	Past residents in G village						z	p
	Yes (n = 56)			No (n = 24)				
	Geometric mean	Adjusted mean*	SE	Geometric mean	Adjusted mean*	SE		
MDA	1.55	1.52	1.06	1.36	1.42	1.09	1.29	.202
8-OHdG	2.83	2.81	1.10	3.90	4.02	1.15	-2.49	.015
Oxidative damage indicators in urine	Current residents in G village						z	p
	Yes (n = 57)			No (n = 23)				
	Geometric mean	Adjusted mean*	SE	Geometric mean	Adjusted mean*	SE		
MDA	1.53	1.49	1.06	1.40	1.50	1.11	-1.91	.059
8-OHdG	3.62	3.62	1.10	2.16	2.15	1.18	3.23	.002

* Adjusted by age, sex and smoking.
 MDA = Malondialdehyde; 8-OHdG = 8-hydroxydeoxyguanosine.

Table 5. The Level of Oxidative Damage Indicators in Urine by Period of Residency

(N = 80)

Oxidative damage indicators in urine		n	Geometric mean	SE	Adjusted Geometric mean*	SE	F	p
MDA	Reside from past to present	33	1.67	1.08	1.56	1.10	1.97	.146
	Reside only in the past	23	1.40	1.09	1.51	1.12		
	Reside only in the present	24	1.36	1.10	1.39	1.10		
8-OHdG	Reside from past to present	33	3.42	1.10	3.30	1.15	1.42	.017
	Reside only in the past	23	2.16	1.14	2.23	1.19		
	Reside only in the present	24	3.90	1.19	3.98	1.15		

* Adjusted by age, sex and smoking.

MDA = Malondialdehyde; 8-OHdG = 8-hydroxydeoxyguanosine.

적 차이일 수도 있으나 역시 현재 G마을에 거주하는 연구대상자들의 연령 분포를 고려할 경우 만성 폐쇄성질환과의 구분이 명확하지 않기 때문에 생기는 정보비뮴의 가능성도 고려해 볼 수 있다 (Price, Yawn, & Jones, 2010).

생체지표분석에서 현재 거주하는 지역주민의 중금속 농도가 높아지는 경향성이 나타났다. 이러한 결과는 연구 대상자의 연령분포 뿐만 아니라 이로 인한 여러 가지 환경 및 생활습관 요인의 차이일 것으로 추정된다(Fischbein, 1992; Rabinowitz, Wetherill, & Kopple, 1976). 그러나 본 연구에서는 대상자 수가 적어서 노출의 영향에 있어 위음성으로 나타날 가능성을 고려해 볼 수 있으며, 따라서 명확한 원인적 연관성을 파악하기가 어려운 상황이었다. 좀 더 확실한 결론을 위해서는 추가적인 분석과 대상자 수의 확대가 필요하며, 유사한 지역과의 비교연구도 필요하다고 본다. 한편 현재 거주하고 있는 지역의 납과 카드뮴 농도는 허베이-스피리트호 유류유출사고 이후 태안의 내륙지역(저노출 지역)의 농도(Ha et al., 2008)와 비슷한 수준이었다. 또한 본 연구에서 8-OHdG의 경우에는 거주기간에 따라 집단 간의 평균이 통계적으로 유의한 차이를 보이긴 하였으나, 이러한 차이가 있어도 가장 높은 집단(현재만 거주하는 집단)에서의 평균값은 태안 유류유출사고 피해지역의 조사결과(Ha et al., 2010)와 비교 시 유류유출로 인한 오염이 상대적으로 적게 노출되었던 지역의 평균과 유사한 값을 나타내고 있었다. 산화손상지표 분석에서 연령, 흡연, 성별 등의 교란변수를 보정하긴 하였으나, 연구 대상자 수가 많지 않아서 흡연 등과 같은 민감한 교란지표에 대한 정교한 보정이 불가능하였다. 특히 산화손상지표의 경우에는 흡연에 의한 영향을 가장 많이 받기 때문에 일부 손상지표가 높았던 대상자의 흡연력을 비롯한 직업력 및 기타 환경적 요인에 대한 면밀한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 요중 중금속 등의 노출지표와 산화손상지표간의 상관관계를 분석했을 때 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 못했는데, 이는 산화손상지표 상승의 원인을 밝히는 분석방법에서의 제

한점이 있었기 때문인 것으로 사료된다. 산화손상지표 분석에서 연령, 흡연, 성별 등의 교란변수를 보정하긴 하였으나(Kim et al., 2008; Pilger & Rüdiger, 2006), 연구 대상자 수가 많지 않아서 흡연 등과 같은 민감한 교란지표에 대한 정교한 보정의 불가능으로 인해 명확한 결과를 제시하는 데 제한이 있을 수 있다. 또한 8-OHdG와 MDA 두 가지 지표 모두 산화적 손상에 대한 연구에서 사용되고 있으나, 환경오염이 심할수록 수치가 상승하는 것으로 알려진 정도이고 아직까지 임상적 생체지표로서 개발되어 있지는 않기 때문에 정상치가 따로 있지는 않아 오염정도와 건강상태와의 인과관계를 임상적으로 설명할 수 없는 한계점이 있다.

전 세계적으로 급속하게 진행된 도시화, 산업화, 과도한 에너지 사용으로 인한 지구온난화는 전염병 질환의 증가의 문제로 이어지고 있으며 대기, 수질, 토양 등 환경의 오염은 천식, 아토피, 알레르기 등 여러 가지 환경성 질환을 야기하고 있다(Kim & Lee, 2009). 어떤 유해물질에 노출되어 나타날 수 있는 인간의 건강피해 확률을 추정하는 인체위해성평가(human risk assessment)와 같은 과학적인 과정을 통해, 단순히 오염도를 알기 쉽게 수치적으로 제시하는 과정만이 아니라 오염물질의 발생에서부터 인체로의 영향까지를 통계학적, 독성학적, 수학적, 사회정책 및 경제학적 측면 등을 모두 고려하여, 정책 결정권자들과 일반대중이 과학적 기반 위에서 합일점을 찾을 수 있는 과학적 근거를 제시하는 것이 무엇보다 절실히 요구되고 있다. 따라서 최근 우리나라는 인간의 건강을 중심으로 사전 예방적 차원에서 정책을 수립하고 국민의 참여와 협력을 강화하는 방향으로 정책의 패러다임을 전환하였다. 즉 모든 분야에서 건강영향 평가를 통해 건강 문제를 사전에 예방한다면 OECD 국가들 중 가장 빠르게 의료비가 증가하고 있는 우리나라 가계와 국민의 부담을 줄이는 효과를 기대할 수 있다는 측면이 강조되는 시점에서 본 연구는 매우 의미있는 시도라고 사료된다.

결론 및 제언

생체지표를 이용하여 유류에 의한 지하수 오염과 관련된 G마을 주민들의 건강영향조사를 위한 본 연구에서는 현재 거주 지역주민에서 산화손상지표가 높게 측정되었다. 이는 지속적으로 체내 산화적 스트레스를 통해 DNA의 산화적 손상과 지질과산화 등의 건강 영향을 일으키는 것으로 추정될 수 있다. 이상의 연구결과를 토대로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 산화손상지표 상승의 원인을 규명하기 위하여 24시간 소변의 정확한 수집을 통한 시료 채취, 무기비소 및 유기비소 분석 등을 포함한 확대 추적조사가 필요하다.

둘째, 현재 G마을에 거주하고 있는 지역주민을 대상으로 고혈압, 고지혈증, 당뇨병과 같은 위험인자 관리를 위한 건강교육과 관리가 필요하다. 이때 대상자들의 교육수준을 비롯한 사회경제적 요인을 고려한 건강교육 및 관리 프로그램이 기획되어야 한다.

REFERENCES

Choi, E. M., & Lee, K. S. (2012). Effects of aroma inhalation on blood pressure, pulse rate, sleep, stress, and anxiety in patients with essential hypertension. *Journal of Korean Biological Nursing Science*, 14(1), 41-48. <http://dx.doi.org/10.7586/jkbns.2012.14.1.41>

Cooney, M. T., Dudina, A., De Bacquer, D., Wilhelmsen, L., Sans, S., Menotti, A., et al. (2009). HDL cholesterol protects against cardiovascular disease in both genders, at all ages and at all levels of risk. *Atherosclerosis*, 206(2), 611-616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.02.041>

Fischbein, A. (1992). Occupational and environmental lead exposure. In W. N. Rom (Ed.), *Environmental and Occupational Medicine* (pp. 735-758). Boston: Little Brown and Company.

Geller, A. M. (2001). A table of color distance score for quantitative scoring of the Lanthony desaturated color vision test. *Neurotoxicology and Teratology*, 23(3), 265-267. [http://dx.doi.org/10.1016/S0892-0362\(01\)00139-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0892-0362(01)00139-8)

Gerr, F. E., & Letz, R. (1988). Reliability of a widely used test of peripheral cutaneous vibration sensitivity and a comparison of two testing protocols. *British Journal of Industrial Medicine*, 45(9), 635-639. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.45.9.635>

Gonzalez, C. A., & Riboli, E. (2010). Diet and cancer prevention: Contributions from the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC)

study. *European Journal of Cancer*, 46(14), 2555-2562. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejca.2010.07.025>

Ha, M., Choi, Y., Lee, S. M., Lee-Ahn, S. Y., Seo, M., Park, S. G., et al. (2008). *Investigation of acute health problems among people exposed to the Hebei Spirit oil spill*. Gwachon: Ministry of Environment.

Ha, M., Lee, W. J., Lee, S. M., & Cheong, H. K. (2008). A literature review on health effects of exposure to oil spill. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 41(5), 345-354.

Iso, H., Ikeda, A., Inoue, M., Sato, S., & Tsugane, S. (2009). Serum cholesterol levels in relation to the incidence of cancer: The JPHC study cohorts. *International Journal of Cancer*, 125(11), 2679-2686. <http://dx.doi.org/10.1002/ijc.24668>

KBS. *When dead, one was cancer-the fear of one village investigation 60 minutes*. [cited 2010 Jun 16].

Kim, D. S., Lee, C. H., Eom, S. Y., Kang, T., Kim, Y. D., & Kim, H. (2008). Effects of the exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons or toluene on thiobarbituric acid reactive substance level in elementary school children and the elderly in a rural area. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 41(1), 61-67.

Kim, Y. M., & Lee, Y. M. (2009). The outbreaks, treatment and lifestyle in children with atopic dermatitis. *Journal of Korean Biological Nursing Science*, 11(1), 77-84.

Korea Rural Community Corporation. (2009). *Report on basic investigation of oil pollution in Boryeong sinheukdong gatbaemaecul*. Seoul: Author.

Ministry of Environment. (2010). *Instructions on review and evaluation of health effect items*. Seoul: Author.

National Cancer Information Center. (2012). Retrieved January 10, 2012, from http://www.cancer.gov/ncic/cics_f/03/031/index.html: 2010 Statistics for the registration of national cancers.

Park, J. S. (2007). *A study on effect that environmental pollution gets in health*. Unpublished doctoral dissertation, Kwangwon University, Seoul.

Pilger, A., & Rüdiger, H. W. (2006). 8-Hydroxy-2'-deoxyguanosine as a marker of oxidative damage related to occupational and environmental exposure. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-006-0106-7>

Price, D. B., Yawn, B. P., & Jones, R. C. (2010). Improving the differential diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease in primary care. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(12), 1122-1129.

Rabinowitz, M. B., Wetherill, G. W., & Kopple, J. D. (1976). Kinetic analysis of lead metabolism in health humans. *The Journal of Clinical Investigation*, 58, 260-270.

SBS. *Why did they go dead, secret of Boryeong*. News [cited 2009 May 20]. Available from, [URL:http://news.sbs.co.kr/section_news_id=N1000595904]

Statistics Korea. (2007). *2005 life table and cause-elimination*. Seoul: Author.

Stokes, L., Stark, A., Marshall, E., & Narang, A. (1995). Neurotoxicity among pesticide applicators exposed to organophosphates. *Occupational & Environmental Medicine*, 52(10), 648-653. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.52.10.648>