

## 캠프캐럴 인근 주민에서 다이옥신류 및 유기염소계 농약의 혈중 농도 및 노출력

배상근<sup>1</sup> · 김근배<sup>2</sup> · 조용성<sup>3</sup> · 이유미<sup>4</sup> · 이덕희<sup>4</sup> · 양원호<sup>5</sup> · 주영수<sup>6</sup> · 이관<sup>7</sup> · 민영선<sup>7</sup> · 임현술<sup>7\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교병원 권역심뇌혈관질환센터, <sup>2</sup>국립환경과학원 환경보건연구과,

<sup>3</sup>화학물질안전원 연구개발교육과, <sup>4</sup>경북대학교 의학전문대학원 예방의학교실,

<sup>5</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과, <sup>6</sup>한림대성심병원 직업환경의학과, <sup>7</sup>동국대학교 의과대학 예방의학교실

## Serum Concentration and Exposure History of Dioxins and Organochlorine Pesticides among Residents around the Camp Carroll Area

Sang Geun Bae<sup>1</sup> · Geun-Bae Kim<sup>2</sup> · Yong-Sung Cho<sup>3</sup> · Yu-mi Lee<sup>4</sup> · Duk Hee Lee<sup>4</sup> ·  
Wonho Yang<sup>5</sup> · Young-Su Ju<sup>6</sup> · Kwan Lee<sup>7</sup> · Young-Sun Min<sup>7</sup> · Hyun-Sul Lim<sup>7\*</sup>

<sup>1</sup>Regional Cardiocerebrovascular Disease Center, Kyungpook National University Hospital, Daegu

<sup>2</sup>Environmental Health Division, National Institute of Environmental Research, Incheon

<sup>3</sup>Research Development and Education Division, National Institute Chemical Safety, Daejeon

<sup>4</sup>Department of Preventive Medicine, Kyungpook National School of Medicine, Daegu

<sup>5</sup>Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Gyeongsan

<sup>6</sup>Department of occupational and environmental medicine, Hallym university sacred heart hospital, Anyang

<sup>7</sup>Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University, Gyeongju

### ABSTRACT

**Objectives:** This study was performed in order to evaluate whether 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) could be detected among residents living near Camp Caroll in Waegwan and whether serum concentrations of dioxins, including 2,3,7,8-TCDD, and organochlorine pesticides (OCPs) are associated with length of residence.

**Methods:** Study subjects totaled 113 (for dioxins) and 190 (for OCPs) adults who were selected from participants in a medical investigation. Serum concentrations of dioxins and OCPs were measured using HRGC/HRMS. Information on length of residence was obtained through questionnaires.

**Results:** 2,3,7,8-TCDD was not detected in serum among all subjects. When length of residence was classified as a categorical variable, after adjusting for confounding variables, only residents living in Waegwan for 40 years or longer tended to have high total TEQ values and 2,3,4,7,8-PeCDF with marginal significances. There was no dose-response relation between length of residence and serum concentrations of these chemicals. In multiple regression models with continuous values of the length of residence, total TEQ value and 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF were positively associated with length of residence. However, they explained about 3-5% of total variations of serum concentrations of these compounds, while age, consumption of fatty fish, body mass index, alcohol drinking, and cigarette smoking were main variables affecting serum concentrations of dioxins or OCPs.

\*Corresponding author: Hyun-Sul Lim, Tel: 054-770-2401, E-mail: wisewine@dongguk.ac.kr

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University, 123 Dongdae-ro, Gyeongju-si, Gyeongbuk 38066

Received: August 25, 2016, Revised: September 22, 2016, Accepted: September 24, 2016

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.

**Conclusions:** In the current study, high concentrations of certain compounds were mainly observed among persons who lived in Waegwan for at least for 40 years without a dose-response relation. Therefore, it seems difficult to conclude that length of residence meaningfully contributed to the current serum concentrations of dioxins or OCPs among residents in Waegwan. However, considering the half-life of 2,3,7,8-TCDD and indirect exposure routes, the limitations of the current study design should be considered in the interpretation of the study findings.

**Key words:** Dioxin, exposure, organochlorine pesticides

## I. 서 론

2011년 5월 19일 퇴역 미군의 ‘베트남 지역에서 사용한 Agent Orange’ 표시가 부착된 드럼통을 1978년경 캠프 캐럴에 매립했다는 인터뷰가 보도된 이후 한미공동조사단이 캠프 캐럴 주변에 대한 환경조사를 실시하였다. 캠프 캐럴 내외의 토양 및 지하수를 조사한 결과 고엽제가 매립되었다는 것을 확인하지는 못하였으며, 기지내부 지하수 조사 결과 고엽제 주요 오염물질인 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD)은 정량한계 미만이었다.

그러나 일부 관측점에서 다이옥신류가 극미량 검출되었으며, 그 외 유기염소계 농약, Perchloroethylene (PCE), Trichloroethylene(TCE)도 일부 검출되었다. 또한 기지 외부 토양 및 하천퇴적물 오염조사 결과도 지하수 검사결과와 비슷한 결과를 보여 주민들의 생체시료에서 이러한 유해화학물질의 노출 정도를 평가해야 할 필요성이 제기되었다(Lim et al., 2011; The ROK-US Joint Investigation Team, 2011).

이 연구는 캠프 캐럴 인근 주민들의 생체시료에서 2,3,7,8-TCDD를 포함한 다이옥신류와 유기염소계 농약의 노출을 평가하고, 이러한 물질들의 혈중 농도가 왜관읍 총 거주기간과 관련성이 있는지를 분석하기 위해 시행되었다. 또한 일반인구집단에서 다이옥신을 비롯하여 이러한 화학물질의 노출은 음식, 공기, 토양, 물 등 여러 환경매체를 통하여 발생할 수 있으므로 이들 혈중 농도는 식이습관을 포함하여 다양한 건강행태와 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다(Devine et al., 1990; Ibarluzea et al., 2011). 따라서 이러한 화학물질들의 혈중 농도와 건강행태와의 관련성에 비하여 거주기간이 미치는 영향의 크기를 상대적으로 비교 평가하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상자

다이옥신류 또는 유기염소계 농약 검사의 대상자는 2011년 9월 캠프캐럴 인근 주민 중 설문조사와 2012년 2차 검진 참여 대상자 중 혈액채취에 동의한 사람으로 선정하였다. 최종적으로 다이옥신류 또는 유기염소계 농약 검사의 대상자는 각각 113명, 190명이었고, 이들 중 유기염소계 농약과 다이옥신류 검사를 함께 한 대상자는 94명이었다. 이 연구는 동국대학교경주병원 임상시험위원회 심의를 통과하였고(과제번호 경임 12-6, 심의일 2012년 2월 6일), 연구 참여자로부터 사전 동의를 받아 시행하였다.

### 2. 설문 조사 및 신체계측

설문조사는 사전 교육된 조사자에 의해 직접 면접 조사 방식으로 실시하였으며 설문조사를 통하여 얻어진 정보 중 분석에 사용된 문항은 흡연력, 음주량, 최근 1년간 체중변화, 지난 한 달 동안 등푸른생선(고등어, 꽂치, 삼치 등)의 섭취빈도였다. 흡연력은 하루 평균 흡연량과 총 흡연기간을 함께 고려하여 누적흡연량을 계산하였으며, 음주량은 일회 평균 음주량과 음주빈도로 일일 음주량을 산출하였다. 체질량지수는 직접 신장 및 체중을 측정하여 체중(kg)/신장(m<sup>2</sup>)으로 계산하였다.

### 3. 생체시료 분석

#### 1) 혈액채취 및 보관

다이옥신류만을 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 50 ml, 유기염소계 농약만을 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 10 ml, 두 종류를 모두 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 60 ml를 채취하여 원심분리 후 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

## 2) 혈액 중 다이옥신류 분석

혈액 중 다이옥신류 분석은 다이옥신분석 공인기관인 포항공대 환경연구소에서 환경부에서 고시한 잔류성 유기오염물질 공정시험방법 ‘혈액 시료 중 다이옥신 및 퓨란류 시험방법 HRGC/HRMS(ES-10510.1)’를 기준으로 하여 다이옥신류 7종 및 퓨란류 10종을 분석하였다. 혈청을 용매 Aceton(2):Hexane(1) 100 mL로 3회 이상 액-액 추출한 후 다층 실리카 컬럼(n-hexane 150 mL) 및 알루미늄 컬럼(hexane(1):MC(1) 160 mL)으로 정제하였다. 분석은 고분해능 기체크로마토그래피/고분해능 질량분석기(HRGC/HRMS)를 이용하였고, 분석방법은 각 동족체의 2개 이온을 선택이온검출법(SIM)으로 검출하고 그 선택이온의 머무름 시간과 면적비를 계산하여 정성하고, 기체크로마토그램의 피크 면적으로부터 내부표준법으로 정량하였다. 다이옥신류의 혈중 농도는 지질 보정치로 제시하였으며, 지질 보정치의 식은 아래와 같이 산출하였다. 총지질량(g/l)=2.27x총콜레스테롤(g/l)+중성지질(g/l)+0.623

## 3) 혈액 중 유기염소계 농약류 분석

혈액 중 유기염소계 농약분석도 포항공대 환경연구소에서 환경부에서 고시한 잔류성 유기오염물질 공정시험방법 ‘혈액 시료 중 유기염소계 농약류 동시 시험방법-HRGC/HRMS(ES-10911.1)’를 기준으로 하여 유기염소계 농약류 22종을 분석하였다. 혈청을 용매 Aceton(2):Hexane(1) 100 mL로 3회 이상 액-액 추출한 후 정제과정으로 복합 실리카(5 g) 플로리실(5 g) 컬럼 등 시료 전처리과정을 거친 후 고분해능 기체크로마토그래피/고분해능 질량분석기(HRGC/HRMS)를 이용하였으며, 분석방법은 각 동족체의 2개 이온을 선택이온검출법(SIM)으로 검출하였고, 그 선택이온의 머무름 시간과 면적 비를 계산하여 정성하였으며, 기체크로마토그램의 피크 면적으로부터 내부표준법으로 정량하였다. 유기염소계 농약의 혈중 농도도 다이옥신류와 마찬가지로 지질 보정치로 제시하였다.

## 4. 자료분석

먼저 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약 측정대상자들에 대한 모든 검사물질에 대한 검출률, 검출한계, 기하평균 및 중앙값을 제시하였다. 다이옥신류의

경우 WHO-TEQ pg/g-lipid 수치를 추가적으로 제시하였다.

그 후 왜관 총 거주기간과 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약 혈중 농도간의 관련성을 평가하였다. 앞서 발표된 캠프 캐럴 역학조사(Yang et al., 2012; Min et al., 2013a; Min et al., 2013b)에서는 왜관지역의 지하수 음용기간을 주된 노출력의 지표로 사용하였으나 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약과 같이 지용성이 강한 화학물질의 경우 지하수를 주된 노출경로로 보기는 힘들기 때문에 이 연구에서는 노출력의 지표로서 왜관 총 거주기간을 선정하였다. 왜관 총 거주기간의 경우 다양한 경로를 통한 통합적인 노출을 반영할 수 있는 지표로 간주할 수 있으며 왜관지역의 지하수 음용기간과의 관련성도 상관계수 +0.82이었다.

왜관 총 거주기간과의 관련성 분석을 위하여 조사대상자의 80% 이상에서 검출된 물질들만을 대상으로 하였다. 이들 농도는 정규분포를 따르지 않았기 때문에 로그치환하여 분석에 사용하였다. 왜관 총 거주기간은 분석에 따라서 범주형 변수 혹은 연속형 변수로 처리하여 모델에 포함시켰다. 범주형 변수로 포함시킬 때는 표본크기를 고려하여 5년 미만, 5-19년, 20-39년, 40년 이상으로 분류하여 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약의 평균농도를 일반선형모형을 이용하여 비교하였다. 기존 연구에서 혈중 다이옥신 혹은 유기염소계 농약 농도에 영향을 미친다고 알려진 요인들(Devine et al., 1990; Ibarluzea et al., 2011)인 연령, 성, 체질량 지수, 흡연력, 음주력, 등푸른생선 섭취빈도, 1년간의 체중변화를 혼란변수로 포함시켰다. 또한 왜관 총 거주기간을 연속변수로 포함시켜 전진선택법(forward selection)으로 회귀분석을 하여 혈중 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약 농도의 결정요인들을 분석하였다. 한편 유기염소계 농약의 경우 거주기간과의 관련성을 분석할 때 전체 대상자 중 여자는 제외하고 분석을 시행하였다. 그 이유는 전체 분석대상자 190명 중 여자는 24명(12.6%)로 소수였으며, 출산력과 모유수유력이 유기염소계 농약과 같은 화학물질의 혈중 농도에 미치는 영향이 큰 것으로 보고되고 있기 때문이다(Lee et al., 2007; Knutson et al., 2008).

### III. 연구결과

다이옥신류 측정자 113명은 모두 남자였으며, 유기염소계 농약 측정자 190명 중 166명인 87.4%가 남자였다. 평균연령(범위)은 다이옥신류 측정자 45.5세(20~70세), 유기염소계 농약 측정자 47.2세(20~73세)였다.

연구대상자의 왜관 거주기간에 따른 일반적 특성의 분포는 Table 1과 같다. 다이옥신류 측정자에서 왜관거주기간에 따라서 유의한 차이를 보인 변수는 연령, 체질량지수, 지난 1년 동안의 체중 변화였으며, 유기염소계 농약 측정자에서는 연령과 흡연력이 유의한 차이를 보였다. 고엽제에 포함된 다이옥신(2,3,7,8-TCDD)은 대상자 전원에서 검출한계 미만으로 나타났으며, 다이옥신류 및 유기염소계 농약의 종류에 따라서 다양한 검출률을 보였다(Table 2).

왜관 총거주기간과 다이옥신류 및 유기염소계 농약 혈중 농도간의 관련성은 Table 3에 제시되어 있다. 검출률 80% 이상인 물질만을 대상으로 하였을 때 2,3,4,7,8-PeCDF( $P=0.091$ )와 TEQ값( $P=0.059$ )이 경

계선 정도의 통계적 유의성을 보였다. 그러나 40년 이상 거주자에서만 높은 경향을 보였으며, 40년 미만 거주자에서는 거주기간에 따라서 차이를 보이지 않았다.

다이옥신류 혈중 농도를 종속변수로, 연속변수로 처리한 왜관 총 거주기간과 다이옥신류 혈중 농도에 영향을 줄 것이라고 추정되는 혼란변수들을 독립변수로 모델에 포함시켜 forward selection 방법으로 회귀분석을 시행한 결과는 Table 4에 나와 있다. 이 때 유의한 변수가 하나라도 선택된 종류들에 대한 결과만을 제시하였다. 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF와 TEQ에서 거주기간이 길수록 혈중 농도가 높았는데 전체 변이의 4.5%, 3.8%를 각각 설명하였다( $p<0.05$ ). 한편 유기염소계 농약류 농도를 종속변수로 분석하였을 때는 왜관 총 거주기간이 유의하게 나온 종류들은 존재하지 않았다(Table 5). 한편, 연령이 대부분 화학물질에서 가장 큰 설명력을 보이는 변수였으며, 그 외에도 등푸른생선 섭취, 흡연력, 음주력, 체질량지수, 지난 1년간 체중변화등도 혈중 다이옥신류와 유기염소계 농약 농도에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

**Table 1.** Distribution of demographic and health behavior variables according to the length of residence

	Length of residence				Total	p-value
	<5 yrs	5 - 20 yrs	20-40 yrs	>40 yrs		
Dioxins						
No. of subjects	35	28	23	27	113	
Age (yrs)	44.4±12.2	44.3±7.3	41.7±10.6	51.3±7.7	45.5±10.3	0.035
Men (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	-
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.3±3.5	25.6±2.7	24.7±3.1	24.0±3.3	25.2±3.3	0.003
Smoking (pack-yrs)	274.9±211.5	403.9±234.6	247.4±209.7	427.9±272.3	337.8±242.2	0.093
Drinking (g/day)	22.9±33.4	23.4±32.5	27.7±32.6	24.6±36.0	24.4±33.3	0.741
fatty fish intake (frequency/week)	2.7±1.1	2.5±1.1	2.8±1.4	3.1±0.6	2.8±1.1	0.144
Weight change for 1 yr	1.7±3.5	1.9±2.5	1.3±2.6	-0.1±4.1	1.3±3.3	0.036
Organochlorine pesticides						
No. of subjects	48	41	53	48	190	
Age (yrs)	47.2±14.5	43.3±10.2	41.7±12.7	56.8±9.4	47.3±13.3	0.002
Men (%)	91.7	80.5	84.9	91.7	87.4	0.301
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.8±3.2	24.8±3.9	25.8±3.9	24.6±3.0	25.1±3.5	0.864
Smoking (pack-yrs)	222.6±219.4	252.8±250.0	229.4±415.4	366.4±282.9	267.3±309.9	0.044
Drinking (g/day)	16.1±23.3	19.1±29.9	20.0±25.4	15.0±23.2	17.6±25.3	0.901
fatty fish intake (frequency/week)	2.9±1.6	2.6±1.1	2.9±1.2	2.8±1.0	2.8±1.3	0.801
Weight change for 1 yr	1.5±3.0	2.4±3.2	1.1±4.5	0.7±3.5	1.4±3.7	0.122

**Table 2.** Serum concentration of dioxin and organochlorine pesticides

Compound	Detection rate (%)	Detection limit [pg/g]	Geometric mean [TEQ pg/g lipid]	Median [TEQ pg/g lipid]	Compound	Detection rate (%)	Detection limit [pg/g]	Geometric mean [ng/g lipid]	Median [ng/g lipid]
2,3,7,8-TCDF	19.47	0.01	0.22	0.21	α-HCH	28.95	0.65	1.89	1.68
1,2,3,7,8-PeCDF	3.54	0.01	0.06	0.06	β-HCH	89.47	1.36	10.61	11.1
2,3,4,7,8-PeCDF	85.84	0.03	2.45	2.29	γ-HCH	3.68	0.60	2.71	2.38
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00	0.03	-	-	δ-HCH	0	0.79	-	-
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2.66	0.03	0.52	0.54	HCB	98.42	2.08	7.60	8.56
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.89	0.02	0.48	0.48	Heptachlor	0	1.27	-	-
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00	0.02	-	-	Heptachlor Epoxide	38.95	0.99	7.60	5.61
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	98.23	0.01	0.14	0.14	Aldrin	0	1.17	-	-
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.00	0.04	-	-	Endrin	0	1.64	-	-
OCDF	0.00	0.04	-	-	Dieldrin	2.63	1.70	1.44	1.35
2,3,7,8-TCDD	0.00	0.00	-	-	Oxychlordane	41.05	1.71	2.90	2.84
1,2,3,7,8-PeCDD	17.70	0.01	2.54	2.27	t-Chlordane	7.90	1.50	0.61	0.66
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.00	0.04	-	-	c-Chlordane	3.16	1.02	0.54	0.58
1,2,3,6,7,8-HxCDD	23.89	0.03	0.67	0.64	t-Nonachlor	96.32	0.68	4.06	4
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.89	0.02	0.18	0.18	c-Nonachlor	32.63	1.18	1.48	1.52
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	28.32	0.04	0.08	0.07	o,p'-DDE	12.11	0.88	1.11	0.96
OCDD	100.00	0.06	0.02	0.02	p,p'-DDE	100.00	0.80	106.45	107.02
WHO-TEQ	100.00		2.27	2.74	o,p'-DDD	0.00	0.95	-	-
					p,p'-DDD	30.00	0.69	1.52	1.37
					o,p'-DDT	7.90	1.30	2.17	2.4
					p,p'-DDT	91.58	0.71	8.18	8.58
					Mirex	57.37	0.75	1.02	1.01

**Table 3.** Adjusted\* geometric means of dioxins (pg/g lipid) or organochlorine pesticides (ng/g lipid) according to the length of residence

	Detection rate (%)	Detection limit (pg/g)	Length of residence				p-trend
			<5 yrs	5 - 20 yrs	20-40 yrs	>40 yrs	
Dioxins							
No. of subjects			35	28	23	27	
2,3,4,7,8-PeCDF	85.8	0.03	6.3	6.6	6.5	8.1	0.091
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	98.2	0.01	13.6	10.8	13.9	16.8	0.123
OCDD	100.0	0.06	86.2	68.0	92.4	77.4	0.899
TEQ <sup>†</sup>	-		6.4	6.6	6.6	7.6	0.059
Organochlorine pesticides							
No. of subjects			44	33	45	44	
β-hexachlorocyclohexane	89.5	1.36	5.0	7.4	7.1	6.2	0.507
Hexachlorobenzene	98.4	2.08	6.8	6.8	6.9	7.6	0.551
Trans-nonachlor	96.3	0.68	4.7	4.0	2.9	4.2	0.122
p,p'-DDE	100.0	0.80	123.2	101.5	105.0	133.5	0.647
p,p'-DDT	91.6	0.71	6.2	6.7	4.2	7.0	0.802

\* Adjusted for age, BMI, smoke, drink, fatty fish intake, and weight change for 1 yr

† WHO-TEG pg/g lipid

**Table 4.** Determinants of serum concentrations of dioxin with the length of residence

Dependent variable	Step	Independent variable*	Regression coefficient	Partial determination coefficient	Model determination coefficient	p-value
2,3,4,7,8-PeCDF	1	Age	0.030	28.5%	28.5%	<0.001
	2	Fatty fish intake	0.116	5.0%	33.5%	0.005
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1	Fatty fish intake	0.153	9.8%	9.8%	0.001
	2	Length of residence	0.007	4.5%	14.3%	0.018
OCDD	1	Age	-0.014	7.9%	7.9%	0.003
	2	BMI	0.034	3.9%	11.8%	0.029
TEQ	1	Age	0.010	19.8%	19.8%	<0.001
	2	Fatty fish intake	0.063	7.6%	27.4%	0.001
	3	Length of residence	0.003	3.8%	31.2%	0.016

\* Variables including in analysis : age, BMI, smoke, drink, fatty fish intake, and weight change for 1 yr

**Table 5.** Determinants of serum concentrations of organochlorine pesticides with the length of residence

Dependent variable	Step	Independent variable*	Regression coefficient	Partial determination coefficient	Model determination coefficient	p-value
Hexachlorobenzene	1	Fatty fish intake	0.132	4.3%	4.3%	0.008
	2	Weight change for 1 yr	-0.043	3.7%	8.0%	0.011
Trans-nonachlor	1	Age	0.056	46.1%	46.1%	<0.001
	2	Smoke	<0.001	2.0%	48.2%	0.013
	3	Fatty fish intake	0.136	1.7%	49.9%	0.019
	4	drink	0.005	1.4%	51.3%	0.032
p,p'-DDE	1	Age	0.033	37.5%	37.5%	<0.001
	2	Fatty fish intake	0.102	2.4%	39.9%	0.012
	3	Smoke	<0.001	2.3%	42.2%	0.013
	4	drink	0.004	1.7%	43.8%	0.030
p,p'-DDT	1	Age	0.051	18.4%	18.4%	<0.001
	2	Fatty fish intake	0.228	3.0%	21.4%	0.014
	3	drink	0.008	2.1%	23.5%	0.036

\* Variables including in analysis: age, BMI, smoke, drink, fatty fish intake, and weight change for 1 yr

#### IV. 고 찰

고엽제에 포함된 2,3,7,8-TCDD는 대상자 전원에서 검출한계 미만이었다. 2,3,7,8-TCDD의 인체 내 반감기는 5~11년 정도로 추정되므로(Poiger & Schlatter, 1986; CDC, 1988; Kahn et al., 1988; Michalek, 1996; Kim et al., 2001) 과거에 고농도로 노출된 적이 있다면 노출 후 수십 년이 경과하였다 하더라도 인체 내 다이옥신의 농도가 비노출군에 비하여서는 높을 가능성이 있다. 실제로 베트남 참전 군인에서 20여 년 후에 측정한 2,3,7,8-TCDD의 농도가 지방조직과 혈

중에서 현저하게 높았다는 보고들이 있다(Schechter et al., 1987; CDC, 1988; Kahn et al., 1988; Kim et al., 1994; Kim et al., 2001). 그러나 고엽제에 노출된 참전 군인들의 인체 2,3,7,8-TCDD 노출수준이 이미 여러 번의 반감기를 거쳤기 때문에 현재 일반인과는 큰 차이가 없다는 결과도 있다(CDC, 1988; Kim et al., 1994). 이 연구대상자들은 과거 노출이 있었다 하더라도 직업적으로 고농도로 직접 노출된 경우가 아니고 환경매체를 통한 간접적인 노출이 예상되므로, 참전 군인에 비해서는 낮은 농도로 노출되었을 것으로 예상할 수 있다.

또한 왜관읍 거주자에서 기타 다이옥신류나 유기염소계 농약의 혈중 농도가 타 지역과 비교하였을 때 일관되게 높다고 보기는 힘들었다(Dirtu et al., 2006; Thomas et al., 2006; Tsukino et al., 2006; Yang et al., 2006; Kang et al., 2008; Kim & Kim, 2008; Fromme et al., 2009; Nhanes, 2009). 일부 예외가 있긴 하였으나 대부분의 물질에서 국내의 일반인보다 낮거나 유사한 수준이었고, 특히 다이옥신류의 총 독성등가값 중위수 농도가 국내의 일반인보다 상당히 낮았다.

그러나 일반인구집단에서 혈중 다이옥신류와 유기염소계 농약의 혈중 농도는 연령, 성, 식습관, 흡연력, 음주력, 비만도 등 매우 다양한 요인이 영향을 미치는 것으로 이미 잘 알려져 있다(Devine et al., 1990; Ibarluzea et al., 2011). 또한 여자의 경우 출산력과 모유수유력에 의하여도 영향을 받게 된다(Lee et al., 2007; Knutson et al., 2008). 따라서 연구대상자들 특성의 차이가 있을 경우 그리고 조사시기와 검사방법에 차이가 있으면 다른 지역에서 수행된 연구결과와 직접적으로 비교하기는 매우 어렵다는 점을 고려할 필요가 있다.

왜관 총 거주기간과 현재 혈중 다이옥신류와 유기염소계 농약의 혈중 농도 간 관련성 평가에서는 다이옥신류의 TEQ치와 일부 다이옥신류(2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF)의 혈중 농도가 왜관 총 거주기간이 긴 대상자에서 연령을 포함한 다른 혼란변수를 보정하고 난 후 통계적으로 유의하게 높거나 경계선 정도의 유의성을 보였다. 그러나 왜관 총 거주기간을 범주형 변수로 나눈 분석결과에 따르면 40년 이상 거주한 주민들에서만 주로 농도가 증가한 양상을 보였으며, 그 이하의 거주기간에서는 용량-반응관계를 보이지 않았다. Agent Orange 매립추정시기가 1978년경으로 조사시점으로부터 34여 년 전이다. 따라서 Agent Orange가 실제로 매립이 되었고 이러한 매립으로 인하여 지역주민들이 영향을 받았다면 최소한 20년 이상 40년 미만 거주자에서도 어느 정도 증가의 양상을 보이는 것이 타당하나 이 연구에서는 20년 이상 40년 미만 거주자들은 5년 이하, 5-20년 거주자들과 매우 유사한 다이옥신류의 농도를 보였다. 따라서 40년 이상 거주한 주민들에서 보인 농도의 증가양상이 Agent Orange에 의하여 영향을 받았다고

해석하기 어려울 것으로 보인다.

한편 왜관 총 거주기간에 따른 연구대상자의 일반적 특성을 보면 40년 이상 거주자들만 평균연령이 40년 미만 거주자들에 비하여 7~10세 정도 더 높았다. 연령은 다이옥신류나 유기염소계 농약과 같이 인체 내에 축적되는 특성을 가진 지용성 화학물질의 혈중 농도에 매우 큰 영향을 미치는 변수로 왜관 총 거주기간은 연령과 직접적인 관련성이 있기 때문에 연령의 효과를 통계적 보정만으로는 통제하기 힘들었을 가능성도 있다.

연구대상자 선정 시 연령효과를 가능한 배제하기 위하여 연령대를 40, 50대로만 국한하여 연구대상자를 선정하고자 하였으나, 다량의 혈액채취 등으로 혈액채취를 거부하는 대상자들이 많아서 실제 대상자는 본인이 동의하는 경우로 선정될 수밖에 없었다. 따라서 최종 연구대상자에는 20대부터 70대까지 다양한 연령대가 포함되었다는 한계점이 있다.

또한 정량적인 의미에서 왜관 총 거주기간이 전체 혈중 농도의 변이에 미치는 영향은 약 3-5% 정도이었으며, 왜관 주민의 혈중 다이옥신류와 유기염소계 농약의 농도에는 주로 연령, 비만도, 등푸른생선 섭취량, 흡연력, 음주력 등과 같은 인구학적 특성과 생활습관이 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일반적으로 등푸른생선은 오메가3 지방산이 풍부한 건강에 좋은 식품으로 잘 알려져 있으나 최근 다이옥신, 유기염소계 농약을 포함한 다양한 지용성 화학물질의 오염이 주요한 이슈가 되고 있다(Lee & Jacobs, 2010; Jacobs et al., 2014).

## V. 결 론

이 연구는 잔류성 유기오염물질인 혈중 다이옥신류 혹은 유기염소계 농약 농도를 측정하여 칠곡군 왜관읍의 고엽제 노출을 평가하고 왜관읍 총 거주기간과 화학물질의 혈중 농도간의 관련성을 평가하였다. 2,3,7,8-TCDD가 모두 검출한계 이내이고, 왜관읍 총 거주기간과의 관련성이 일부 다이옥신류에서 있었으나 총 거주기간과 용량-반응관계가 존재하는 것은 아니었으며, 평균연령이 높은 40년 이상 거주자에서만 국한하여 나타났다. 또한 전체 혈중 농도의 변이에 미치는 영향이 낮아, 과거 칠곡군 왜관읍 지역

이 고엽제를 포함한 다이옥신류와 유기염소계 농약의 과도한 과거 노출이 있었다고 판단하기는 어려웠다. 하지만 이 연구가 노출이 추정되는 시점으로부터 30년 정도가 지난 후에 시행되었음을 고려할 때 과거 고엽제 노출 여부를 이 연구결과로 단정 지을 수 없음을 연구결과 해석 시 고려할 필요가 있다.

## 감사의 글

이 연구는 환경부 국립환경과학원으로부터 지원받은 “경북 왜관지역 주민건강영향조사”의 연구결과 일부입니다.

## References

- Centers for Disease Control (CDC). Serum 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin levels in air force health study participants--preliminary report. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report* 1988;37(20):309-311
- Devine OJ, Karon JM, Flanders W, Needham LL, Patterson DG. Relationships between concentrations of 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin serum and personal characteristics in US army Vietnam veterans. *Chemosphere* 1990;20(6):681-691
- Dirtu AC, Cernat R, Dragan D, Mocanu R, Van Grieken R et al. Organohalogenated pollutants in human serum from iassy, romania and their relation with age and gender. *Environment International* 2006;32(6):797-803
- Fromme H, Albrecht M, Boehmer S, Büchner K, Mayer R et al. Intake and body burden of dioxin-like compounds in Germany: The INES study. *Chemosphere* 2009;76(11):1457-1463
- Ibarluzea J, Alvarez-Pedrerol M, Guxens M, Santa Marina L, Basterrechea M et al. Sociodemographic, reproductive and dietary predictors of organochlorine compounds levels in pregnant women in Spain. *Chemosphere* 2011;82(1):114-120
- Jacobs DR Jr, Ruzzin J, Lee DH. Environmental pollutants: downgrading the fish food stock affects chronic disease risk. *J Intern Med*. 2014;276(3):240-242
- Kahn PC, Gochfeld M, Nygren M, Hansson M, Rappe C et al. Dioxins and dibenzofurans in blood and adipose tissue of agent orange-exposed Vietnam veterans and matched controls. *JAMA* 1988;259(11):1661-1667
- Kang JH, Park H, Chang YS, Choi JW. Distribution of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in human serum from urban areas in Korea. *Chemosphere* 2008;73(10):1625-1631
- Kim JS, Kang HK, Lim HS, Cheong HK, Lim MK. A study on the correlation between categorization of the individual exposure levels to agent orange and serum dioxin levels among the Korean Vietnam veterans. *Korean Journal of Preventive Medicine* 2001;34(1):80-88
- Kim JS, Lee HS, Lee HB, Lee WY, Park YJ et al. A preliminary epidemiologic study on Korean veterans exposed to herbicides in Vietnam war. *Korean Journal of Preventive Medicine* 1994;27(4):711-734
- Kim MK, Kim BE. Dioxin concentration in the wounded from Daegu subway conflagration. *Rist Journal of R and D* 2008;22(1):69
- Knutson K, Hong B, Chen Q, Chang C, Hedgeman E et al. The relationship between blood serum dioxin levels and breast feeding. *Epidemiology* 2008;19(6):S179-S179
- Lee DH, Jacobs DR Jr. Inconsistent epidemiological findings on fish consumption may be indirect evidence of harmful contaminants in fish. *J Epidemiol Community Health*. 2010;64(3):190-192
- Lee SA, Dai Q, Zheng W, Gao Y, Blair A et al. Association of serum concentration of organochlorine pesticides with dietary intake and other lifestyle factors among urban Chinese women. *Environment International* 2007;33(2):157-163
- Lim HS, Lee DH, Ju YS, Park SA, Yang WH et al. Study on the health effect among residents around camp carroll area, gyeongbuk, Korea: Final report. Incheon; National institute of environmental research.; 2011. p. 444
- Michalek JE. Pharmacokinetics of TCDD in veterans of operation ranch hand: 10-year follow-up. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 1996;47(3):209-220
- Min YS, Lim HS, Lee K, Park SA, Lee DH et al. Health Status Based on Questionnaire Survey Among Residents Around Camp Carroll, Gyeongsangbuk-do, Korea. *J of Environ Health Sci* 2013a;39(4):312-321
- Min YS, Lim HS, Lee K, Park SA, Lee DH et al. Analysis of Mass Screening Results Among Sampled Residents Around Camp Carroll, Gyeongsangbuk-do, Korea. *J of Environ Health Sci* 2013b;39(4):322-334
- Nhanes IV. Fourth national report on human exposure to environmental chemicals. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta, Georgia. 2009

- Poiger H, Schlatter C. Pharmacokinetics of 2, 3, 7, 8-TCDD in Man. Chemosphere 1986;15(9-12);1489-1494
- Schechter A, Constable JD, Arghestani S, Tong H, Gross ML. Elevated levels of 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzodioxin in adipose tissue of certain US veterans of the Vietnam war. Chemosphere 1987;16(8-9);1997-2002
- The ROK-US Joint Investigation Team. The final announcement of ROK-US joining investigation result on the alleged burial of agent orange at camp carroll. Seoul; The Prime Minister's Office. 2011
- Thomas GO, Wilkinson M, Hodson S, Jones KC. Organohalogen chemicals in human blood from the United Kingdom. Environmental Pollution 2006; 141(1);30-41
- Tsukino H, Hanaoka T, Sasaki H, Motoyama H, Hiroshima M et al. Fish intake and serum levels of organochlorines among Japanese women. Science of the Total Environment 2006;359(1);90-100
- Yang WH, Hong GY, Kim GB. Review of Public Health Aspects of Exposure to Agent Orange. J of Environ Health Sci 2012;38(3);175-183
- Yang JY, Lim YG, Chang YS, Kim CS, Shin DC. Serum PCDDs/PCDFs levels for the residents living in the vicinity and workers of the municipal waste incinerators in Seoul, Korea. Environmental Health and Toxicology 2006;21(4);337-347