

어촌, 농촌, 도시 지역별 주민의 식품을 통한 다이옥신의 섭취량 추정

박정덕¹ · 황명애¹ · 임 룯¹ · 최병선¹ · 양재호² · 배운정³ · 전예숙⁴ · 최미경^{4*}

¹중앙대학교 의과대학 예방의학교실, ²대구가톨릭대학교 의과대학 약리학교실
³숙명여자대학교 식품영양학과, ⁴청운대학교 식품영양학과

Comparison of Estimated Daily Dietary Intake of Dioxins in Coastal, Rural, and Urban District

Jung-Duck Park¹, Mingai Huang¹, Ruth Im¹, Byung-Sun Choi¹, Jae-Ho Yang²,
Yun-Jung Bae³, Ye-Sook Jun⁴, and Mi-Kyeong Choi^{4*}

¹Dept. of Preventive Medicine, College of Medicine, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

²Dept. of Pharmacology, School of Medicine, Catholic University of Daegu, Daegu 705-718, Korea

³Dept. of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

⁴Dept. of Human Nutrition & Food Science, Chungwoon University, Chungnam 350-701, Korea

Abstract

The human population is mainly exposed to dioxins through the diet. The purpose of this study was to estimate the daily dietary intake of PCDDs and PCDFs in Korean adults residing in different regions. Subjects were recruited and divided into three groups according to the districts where they lived: rural (n=213), coastal (n=193), and urban district (n=187). Subjects were interviewed using a general questionnaire and 24-hour recall for dietary intake. The daily intake of dioxins was estimated through the use of the database of dioxins contents in 35 Korean foods. The average age of the subjects were 61.5 years for coastal district, 57.6 years for rural district, and 49.4 years for urban district. Daily energy intake was 1707.7 kcal for rural district, 1596.5 kcal for urban district, and 1493.8 kcal for coastal district. There was no significant difference in total food intake by regions. The intakes from fishes of coastal district, those from cereals, vegetables, meats, and seasonings of rural district, and those from sugars, pulses, eggs, seaweeds, milks, oils of urban area were higher than those of the other two districts. The daily dioxins intake of coastal district (0.70 pgTEQ/kg/day) was significantly higher than those of rural district (0.32 pgTEQ/kg/day) and urban district (0.46 pgTEQ/kg/day). The dioxins intake from cereals, pulses, vegetables, fishes of coastal district and those from eggs and milks of urban area were the highest among the districts. The daily dioxins intake was positively correlated with the intakes of meats, eggs, fishes, oils, and seasonings. Therefore, it could be concluded that the daily dioxins intake of coastal district is higher than that in other districts and the fish is one of the main sources in dioxin intakes. However, daily dioxins intakes of the three regions were below the level of tolerable daily intake (TDI).

Key words: coastal, rural, urban, dioxins, tolerable daily intake

서 론

인간에 의해 합성된 화학물질 중 독성이 가장 강한 것으로 알려진 다이옥신(dioxins)은 dibenzo-*p*-dioxin과 dibenzo-furan의 염소유도체들을 총칭하며, 치환된 염소의 숫자와 위치에 따라 PCDDs(polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins) 75종, PCDFs(polychlorinated dibenzofurans) 135종의 총 210종에 달하는 이성질체가 존재하며, 이 중 2,3,7,8 위치에 염소가 위치한 이성질체가 독성이 가장 강한 것으로 보고되고 있다(1). 이들은 물리화학적으로 안정해 자연 상태에서 잘

분해되지 않으며 인체 및 생물체내에 축적되기 쉽고 특히 면역, 유전 등에 강한 독성을 나타내고 있어 인간에게 치명적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(2). 다이옥신은 생물체에 농축·축적되기 쉬운 특성 때문에 오염원 주변지역이나 인근해역의 각종 환경매체 뿐만 아니라 일반 지역의 농축산물이나 수산물에도 축적되어 있을 가능성이 매우 높다. 따라서 인간은 토양, 대기, 물, 식품 등 다양한 경로를 통해 다이옥신에 노출되고 있으며, 이들 중 식품이 주된 폭로원인 것으로 보고되고 있다(3,4).

이와 같이 다이옥신의 강한 독성과 인간에 대한 폭로 특성

*Corresponding author. E-mail: mkchoi@chungwoon.ac.kr
Phone: 82-41-630-3240, Fax: 82-41-630-3240

때문에 선진 외국에서는 식품을 비롯한 주요 폭로원에 대해 모니터링을 실시해오고 있으며 이를 통해 다이옥신 1일 평균 섭취량을 조사하고 1일 섭취내용(耐容)량(TDI; tolerable daily intake)을 설정해 관리하고 있다. 다이옥신 노출량은 미국이 0.3~3.2 pgTEQ/kg/day, 독일이 2.2 pgTEQ/kg/day, 캐나다가 2.3 pgTEQ/kg/day, 일본이 0.29~3.53 pgTEQ/kg/day로 이들 중 식품을 통한 섭취량이 전체 노출량의 90~95%를 차지하고 있다(5).

다이옥신의 독성에 대한 노출평가는 국제적으로 아직 일치된 평가방법이 수립되어 있지 않아 TDI가 국가나 시기에 따라 10,000배 이상의 차이를 보이고 있다. 한편 WHO는 1990년부터 적용해오던 TDI를 10 pgTEQ/kg/day에서 1998년에 1~4 pgTEQ/kg/day로 강화하였으며, 일본은 4 pgTEQ/kg/day이고 우리나라는 잠정적으로 4 pgTEQ/kg/day로 정하고 있다(6,7).

다이옥신은 염소나 브롬을 포함하는 화학 산업이나 PVC, 플라스틱 랩 등 염소화합물과 유기물질을 소각하는 경로를 통하여 생성되어 공기 중에 장기간 머물거나 토양에 침착되기도 하며, 강의 지류를 따라 멀리 이동되기도 한다. 공기 중의 다이옥신은 토양, 물 및 나뭇잎 등에 부착되고 이를 주식으로 하는 양, 소 또는 닭과 같은 동물에 의해 섭취되어 이들 동물의 지방조직에 축적이 되며, 호수, 강이나 바다로 유입되어진 다이옥신은 수생동물에 의해 섭취되어 먹이연쇄 사슬에 도입되게 된다(8,9). 따라서 다이옥신이 식품으로 인해 인체로 유입되는 주경로는 채소나 과일류에 비해 지방함량이 비교적 높은 육류, 어류 및 유제품의 섭취로 인한 노출이 많으며, 전체 노출량은 식생활에 따라 다르고, 지역 및 국가에 따라 차이가 많을 것으로 사료된다. 일본의 경우 식품을 통해서 총 노출량의 97~98%의 다이옥신을 섭취하고 있으며, 이 중의 60%가 어패류의 섭취에 의한 것으로 조사되었다(10). 우리나라는 3면이 바다인 해양국가일뿐만 아니라 어패류의 소비가 많고 생선을 날것으로 먹는 등 일본과 비슷한 식습관을 가지고 있어 해양 수산물에 의한 대표적인 잔류 유해물질인 다이옥신에 대한 노출량이 높을 것으로 추정되지만 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

우리나라에서는 각종 매체를 통한 다이옥신의 섭취량에 대한 조사뿐만 아니라 일반 환경시료 중 식품을 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 특히 어패류나 육류에 많이 노출될 수 있는 지역주민들에 있어서 식생활 습관 등 생활행태에 따른 다이옥신에 대한 노출 정도를 평가하고, 향후 이로 인해 인체에 미치는 영향을 조기발견하고 예방 및 효율적인 관리대책을 마련할 수 있는 기반의 조성이 필요하다고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 지역적 특성과 식생활 양상이 서로 다를 것으로 생각되는 어촌, 농촌, 도시 지역주민 각각 213명, 193명, 187명을 대상으로 식사섭취조사를 실시한 후 35가지 식품 중 다이옥신 함량 자료를 이용하여 다이옥신의 노출정도를 추정하고 식이요인과의 관계를 비교·평

가하였다.

연구 방법

조사대상 및 기간

본 연구는 성별 분포와 대상자의 기본 특성을 고려하여 어촌, 농촌, 도시 지역별 각각 213명(남자 95명, 여자 118명), 193명(남자 86명, 여자 107명), 187명(남자 68명, 여자 119명)의 총 593명(남자 249명, 여자 344명)을 집락 추출하여 2007년 7월부터 10월까지 실시하였다. 어촌지역은 어업에 종사하고 있는 주민이 주를 이루고 있는 충청남도 태안군 근흥면과 청북면, 농촌지역은 농업인구가 주 구성인 경기도 여주군과 강원도 평창군, 그리고 도시지역은 비교적 규모가 크면서도 농촌 및 해안지역과 생활수준이 비슷한 경기도 수원시와 광명시 지역을 대상으로 선정하였다.

식품 및 영양소 섭취조사

본 연구의 목적과 내용 및 진행과정을 충분히 설명한 후 조사에 참여할 것에 동의한 주민들을 대상으로 연구의 목적에 맞게 개발한 설문지를 이용하여 미리 훈련된 연구원들이 개인면접을 통하여 식사섭취조사를 실시하였다. 식사섭취조사는 24시간 회상법에 의해 조사 전날 아침 기상부터 취침할 때까지 1일 동안 섭취한 식사를 아침, 점심, 저녁식사를 중심으로 시간대별로 간식을 포함하여 섭취한 식사의 식품 또는 음식의 종류와 각각의 섭취량을 조사하였다. 조사연구원은 식사에 대한 조사를 표준화하기 위하여 미리 준비한 모형과 사진을 제시해가면서 조사대상자가 섭취한 음식의 양을 정확하게 기억할 수 있도록 하였다. 조사된 식사섭취조사 결과는 CAN-Pro 3.0(한국영양학회)을 이용하여 영양소 섭취량을 분석하였으며, 16가지 식품군으로 분류하여 식품 섭취량도 분석하였다.

다이옥신 섭취량 평가

다이옥신의 독성은 구조와 밀접한 관계가 있어 염소의 전환된 위치 및 수에 따라 차이가 있으며 환경 중에는 다양한 종류의 동족체가 존재하므로 독성평가는 총체적으로 파악하고 있다. 다이옥신 동족체 중에서 가장 독성이 강한 2,3,7,8-TCDD의 독성을 1로 정하고, 각 동족체의 일정한 독성환산계수(TEF; toxic equivalency factor)를 곱하여 전체 독성을 2,3,7,8-TCDD의 상대독성등가농도(TEQ; toxic equivalency quantity)로 표현하는 방법이 이용되고 있다(11). 따라서 다이옥신 섭취량 분석은 국내에서 보고된 식품 중 PCDDs, PCDFs 및 Co-PCBs 등의 TEQ값(pgTEQ/g)을 본 연구대상자의 식품별 섭취량에 적용하여 연구대상자 1일 체중 kg당 다이옥신 섭취량으로 산출하였다(pgTEQ/kg/day). 다이옥신 농도를 적용한 식품은 국내에서 분석된 곡류 2종(12), 두류 1종(12), 서류 1종(13), 육류 3종(12), 난류 1종(12), 어패류 19종(12,14,15), 우유류 2종(12), 과일류 2종(13),

Table 1. Anthropometric measurements and sex distribution of the subjects

		Coastal (n=213)	Rural (n=193)	Urban (n=187)	Signifi- cance ¹⁾	Male (n=249)	Female (n=344)	Total (n=593)
Age (yrs)		61.5±13.1 ^{2)a3)}	57.6±12.7 ^{b)}	49.4±14.4 ^{c)}	p<0.001	56.8±13.7	56.1±14.7	56.4±14.3
Height (cm)		158.1±9.1 ^{b)}	157.7±9.6 ^{b)}	160.0±8.8 ^{a)}	p<0.05	166.1±6.6 ^{***)}	153.1±6.6	158.6±9.2
Weight (kg)		60.5±10.5	62.5±13.3	61.2±9.7	NS ⁴⁾	66.5±10.1 ^{***)}	57.6±10.5	61.4±11.2
Body Mass Index (kg/m ²)		24.1±3.3 ^{b)}	25.1±4.0 ^{a)}	23.9±3.2 ^{b)}	p<0.01	24.1±3.2	24.5±3.8	24.3±3.5
Sex	Male	95 (44.60)	86 (44.56)	68 (36.36)	$\chi^2=3.5495$ (df=2)	-	-	-
	Female	118 (55.40)	107 (55.44)	119 (63.64)		NS	-	-

¹⁾Significance as determined by ANOVA test.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Means with different superscripts within a row are significantly different from each at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

⁴⁾Not significant.

***p<0.001; Significance as determined by T-test.

채소류 2종(12,13) 및 패스트푸드류 2종(16)의 총 35종이었다.

통계분석

본 연구를 통해 얻어진 모든 결과는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 각 변수의 지역별 차이는 ANOVA 및 Duncan's multiple range test로, 각 요인 간 상관관계는 Pearson's correlation coefficient(r) 및 이에 대한 유의성을 $\alpha=0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

조사대상자의 일반 특성

어촌, 농촌, 도시 지역별 조사대상자의 평균 연령, 신장, 체중 및 체질량지수의 일반 특성은 Table 1과 같다. 평균 연령은 어촌 61.5세, 농촌 57.6세, 도시 49.4세 순으로 유의하게 높았으며(p<0.001), 신장은 도시 대상자가 160.0 cm로 어촌의 158.1 cm나 농촌의 157.7 cm보다 유의하게 높았다(p<0.05). 체중은 지역별 유의한 차이를 보이지 않았으며, 체질량지수는 농촌이 25.1 kg/m²로 어촌의 24.1 kg/m²와 도시의 23.9 kg/m²보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.01). 또한 지역별 남녀의 분포는 유의한 차이가 없었다.

지역별 영양소 및 식품 섭취상태

어촌, 농촌, 도시 대상자의 1일 영양소 섭취상태에 대한 결과는 Table 2와 같다. 에너지 섭취량은 농촌 1707.7 kcal, 도시 1596.5 kcal, 어촌 1493.8 kcal로 농촌이 어촌보다 유의하게 높았다(p<0.01). 단백질, 당질, 비타민 A, 나이아신, 비타민 B₆, 인, 철, 아연 섭취량도 농촌, 도시, 어촌 순으로 높았으며, 지방, 콜레스테롤, 갈슘 섭취량은 도시지역이 가장 높았다. 남자 대상자의 에너지 섭취량은 1780.4 kcal로 여자의 1461.6 kcal보다 유의하게 높았으며(p<0.001), 그밖에 대부분의 영양소 섭취량도 남자가 여자보다 유의하게 높았다.

지역별 1일 총 식품섭취량은 Table 3에서 보는 바와 같이 유의한 차이가 없었으나 어패류(p<0.01)는 어촌지역이, 곡류(p<0.01), 채소류(p<0.001), 육류(p<0.01), 조미료류(p<

0.001)는 농촌지역이, 당류(p<0.05), 두류(p<0.05), 난류(p<0.01), 해조류(p<0.05), 우유류(p<0.001), 유지류(p<0.001)는 도시지역이 가장 높았다. 남자 대상자의 총 식품섭취량은 1285.7 g으로 여자 대상자의 1085.1 g보다 유의하게 높았다(p<0.001).

2005년 국민건강·영양조사(17)에서 대도시, 중소도시, 읍·면지역으로 나눠 영양 및 식품섭취량을 살펴보면 읍·면지역으로 갈수록 에너지와 식품섭취량이 낮았으며, 식물성식품의 섭취비율은 높은 반면 동물성식품 섭취비율은 낮은 것으로 평가되어 지역에 따라 식품의 섭취패턴이 다를 수 있다. 또한 어촌지역을 지정하여 평가하지는 않았지만 식품군의 시·도별 섭취량 비교에서 어패류 섭취량은 부산, 경남, 제주지역에서 1인 1일 평균 70~80 g인 반면, 다른 지역은 70 g 미만으로 집계되어 지리적 위치에 따른 차이가 가장 잘 드러난 식품군이라고 하였으며, 이러한 특징적인 결과는 본 연구에서도 나타나고 있다. 이와 같은 결과를 통해 우리나라는 전국 1일 생활권으로 식품유통속도가 크게 증가하고 있지만 아직도 지역에 따라 식품 및 영양 섭취패턴에 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

지역별 다이옥신 섭취상태

35종 식품의 다이옥신 함량자료를 이용하여 평가한 어촌, 농촌, 도시 대상자의 다이옥신 섭취상태에 대한 결과는 Table 4와 같다. 1일 다이옥신 섭취량은 어촌이 0.70 pgTEQ/kg/day로 농촌의 0.32 pgTEQ/kg/day나 도시의 0.46 pgTEQ/kg/day보다 유의하게 높았다(p<0.01). 곡류(p<0.001), 두류(p<0.001), 채소류(p<0.01), 어패류(p<0.001)를 통한 다이옥신 섭취량은 어촌이, 난류(p<0.001)와 우유류(p<0.05)를 통한 다이옥신 섭취량은 도시가 가장 높았다. 남녀 성별에 따른 1일 다이옥신 섭취량은 유의한 차이가 없었다.

앞서 어촌, 농촌, 도시 지역별 식품섭취량은 유의한 차이가 없고 오히려 어촌이 가장 낮은 경향을 보였음에도 불구하고 어촌의 다이옥신 섭취량이 농촌이나 도시보다 유의하게 높게 나타난 결과는 지역별로 식품 섭취패턴의 차이를 보이고 이것이 다이옥신 섭취량에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

Table 2. Daily energy and nutrient intakes of the subjects

	Coastal (n=213)	Rural (n=193)	Urban (n=187)	Significance ¹⁾	Male (n=249)	Female (n=344)	Total (n=593)
Energy (kcal)	1493.8±599.2 ^{2)(b3)}	1707.7±720.5 ^a	1596.5±607.3 ^{ab}	p<0.01	1780.4±660.1 ^{***}	1461.6±606.9	1596.1±648.8
Protein (g)	57.1±30.5 ^b	66.1±34.0 ^a	61.3±29.0 ^{ab}	p<0.05	68.3±32.7 ^{***}	56.3±29.5	61.4±31.4
Animal protein	24.2±25.8	28.1±26.1	26.2±22.0	NS ⁴⁾	29.5±28.1 ^{**}	23.7±21.8	26.1±24.8
Plant protein	32.9±13.4 ^b	38.0±15.3 ^a	35.1±16.3 ^{ab}	p<0.01	38.8±14.9 ^{***}	32.7±14.8	35.3±15.1
Fat (g)	24.8±19.6 ^b	33.5±29.1 ^a	37.2±26.7 ^a	p<0.001	35.1±29.0 ^{***}	29.0±22.8	31.6±25.8
Animal fat	13.5±15.1 ^b	19.2±23.4 ^a	20.2±20.4 ^a	p<0.01	20.5±24.6 ^{**}	15.2±15.5	17.5±20.0
Plant fat	11.4±8.8 ^c	14.3±11.3 ^b	17.0±15.7 ^a	p<0.001	14.6±11.7	13.8±12.7	14.1±12.3
Carbohydrate (g)	246.2±85.0 ^b	272.0±101.1 ^a	249.6±85.7 ^b	p<0.01	275.1±83.7 ^{***}	241.5±94.2	255.7±91.4
Dietary fiber (g)	12.8±9.9	10.8±8.8	11.5±9.6	NS	13.1±10.6 ^{**}	10.8±8.5	11.8±9.5
Ash (g)	16.2±9.0	17.9±8.6	16.9±7.9	NS	18.7±8.7 ^{**}	15.7±8.2	17.0±8.6
Vitamin A (µg R.E.)	523.4±456.5 ^b	823.9±929.7 ^a	769.6±810.4 ^a	p<0.001	773.2±923.8	645.3±612.7	699.3±761.6
Retinol (µg)	49.2±122.0 ^b	65.3±92.7 ^b	90.8±112.4 ^a	p<0.001	70.0±136.7	65.8±88.3	67.6±111.2
Carotene (µg)	2489.8±2239.1 ^b	3435.0±2760.7 ^a	3397.8±3292.1 ^a	p<0.001	3374.8±3278.0 [*]	2873.8±2386.7	3085.2±2806.1
Vitamin B ₁ (mg)	0.9±1.0	1.0±0.7	1.0±0.6	NS	1.1±0.7	0.9±0.9	1.0±0.8
Vitamin B ₂ (mg)	0.7±0.5 ^b	0.9±0.6 ^a	1.0±0.6 ^a	p<0.001	0.9±0.6 [*]	0.8±0.5	0.9±0.6
Niacin (mg)	13.1±7.5 ^b	15.2±8.8 ^a	13.9±7.7 ^{ab}	p<0.05	15.8±9.1 ^{***}	12.7±6.9	14.0±8.0
Vitamin B ₆ (mg)	1.5±0.8 ^c	1.9±1.0 ^a	1.8±0.9 ^b	p<0.001	1.9±1.0 ^{***}	1.6±0.9	1.7±0.9
Folate (µg)	214.5±146.6 ^b	266.3±151.7 ^a	272.8±172.5 ^a	p<0.001	278.7±177.0 ^{***}	228.7±140.6	249.8±158.8
Vitamin C (mg)	70.6±49.5	83.7±60.3	75.6±58.4	NS	82.5±62.7 [*]	72.6±50.7	76.8±56.2
Vitamin E (mg)	7.1±6.0 ^b	8.4±10.0 ^{ab}	10.0±9.0 ^a	p<0.01	8.4±7.3	8.4±9.3	8.4±8.5
Cholesterol (mg)	164.7±180.7 ^b	180.6±186.8 ^b	221.6±173.2 ^a	p<0.01	194.8±188.9	182.7±176.3	187.8±181.7
Calcium (mg)	380.9±237.9 ^b	451.2±281.8 ^a	473.9±243.2 ^a	p<0.001	463.2±260.3 [*]	411.3±253.4	433.2±257.4
Animal calcium	153.0±174.2 ^b	168.7±222.8 ^{ab}	207.0±181.3 ^a	p<0.001	172.2±179.7	177.3±204.9	175.2±194.5
Plant calcium	227.8±121.4 ^b	282.5±143.2 ^a	266.9±147.6 ^a	p<0.01	291.0±152.1 ^{***}	234.0±123.5	258.0±139.1
Phosphorus (mg)	801.6±392.1 ^b	920.3±434.9 ^a	904.5±392.6 ^a	p<0.05	959.5±409.6 ^{***}	809.6±398.4	872.9±409.6
Sodium (mg)	3418.5±1965.6	3986.6±1971.1	3667.7±1777.8	NS	4235.4±1997.4 ^{***}	3279.5±1776.8	3682.9±1921.4
Potassium (mg)	2308.4±1201.6	2528.7±1194.7	2485.3±1092.8	NS	2634.6±1171.3 ^{***}	2291.3±1146.1	2436.2±1168.2
Iron (mg)	11.6±6.1 ^b	13.2±6.5 ^a	12.3±5.9 ^{ab}	p<0.05	13.8±6.5 ^{***}	11.3±5.8	12.3±6.2
Animal iron	2.5±3.1	3.0±3.8	2.8±3.2	NS	3.3±4.0 ^{***}	2.4±2.7	2.8±3.4
Plant iron	9.0±4.8 ^b	10.2±4.5 ^a	9.5±4.5 ^{ab}	p<0.05	10.5±4.8 ^{***}	8.9±4.4	9.5±4.6
Zinc (mg)	7.6±3.5 ^b	8.5±3.7 ^a	7.9±3.6 ^b	p<0.05	8.8±4.0 ^{***}	7.3±3.2	8.0±3.6

¹⁾Significance as determined by ANOVA test.

²⁾Mean± standard deviation.

³⁾Means with different superscripts (a ~c) within a row are significantly different from each at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾Not significant.

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001; Significance as determined by T-test.

Table 3. Food intakes from each food group in the subjects

	Coastal (n=213)	Rural (n=193)	Urban (n=187)	Significance ¹⁾	Male (n=249)	Female (n=344)	Total (n=593)
Cereals	268.4±114.3 ^{2)(b3)}	298.2±137.7 ^a	253.1±115.1 ^b	p<0.01	293.7±102.6 ^{***}	258.4±135.6	273.3±123.9
Potato and Starches	35.7±80.1	32.6±57.6	35.6±89.6	NS ⁴⁾	32.2±71.6	36.4±80.3	34.6±76.8
Sugars and Sweeteners	6.9±15.3 ^{ab}	6.0±8.7 ^b	9.0±10.9 ^a	p<0.05	8.0±9.8	6.8±13.5	7.3±12.1
Pulses	32.2±41.8 ^b	38.9±50.9 ^{ab}	47.1±73.2 ^a	p<0.05	45.2±58.0 [*]	34.6±54.9	39.1±56.5
Nuts and Seeds	1.4±5.8	2.3±8.1	2.2±8.6	NS	2.5±8.0	1.6±7.2	2.0±7.5
Vegetables	246.2±182.1 ^b	317.6±188.5 ^a	283.1±207.5 ^{ab}	p<0.001	320.9±218.4 ^{***}	251.6±169.4	280.8±194.5
Fungi and Mushrooms	1.9±11.2	3.6±10.7	1.4±5.3	NS	1.9±7.0	2.5±11.0	2.3±9.5
Fruits	170.4±338.1	144.5±346.7	179.9±362.4	NS	153.3±354.6	173.4±344.1	164.9±348.4
Meats	39.8±73.6 ^b	73.7±126.3 ^a	60.3±109.7 ^{ab}	p<0.01	73.5±134.8 ^{**}	45.6±75.2	57.4±105.4
Eggs	9.6±26.2 ^b	11.0±27.5 ^b	18.5±30.4 ^a	p<0.01	12.5±28.1	13.1±28.3	12.8±28.2
Fish and Shellfishes	72.5±111.1 ^a	46.0±69.1 ^b	46.6±56.2 ^b	p<0.01	60.5±91.3	52.1±78.8	55.6±84.3
Seaweeds	2.3±7.2 ^b	2.4±8.3 ^b	4.2±9.6 ^a	p<0.05	2.4±7.4	3.3±9.1	2.9±8.4
Milks	30.5±79.2 ^b	58.2±144.2 ^a	80.5±121.9 ^a	p<0.001	37.4±81.3 ^{**}	68.4±138.6	55.3±118.8
Oils and Fat	3.7±5.1 ^b	4.9±6.3 ^b	6.6±8.1 ^a	p<0.001	4.7±6.5	5.2±6.8	5.0±6.6
Beverages	151.0±349.2	148.9±394.1	145.6±268.5	NS	207.3±392.3 ^{***}	105.8±292.7	148.6±341.7
Seasoning	24.0±22.3 ^b	33.3±29.0 ^a	26.8±18.3 ^b	p<0.001	29.6±24.9	26.7±23.1	28.0±23.9
Total	1095.7±619.5	1223.0±697.5	1198.5±624.0	NS	1285.7±674.1 ^{***}	1085.1±616.9	1169.8±648.7

¹⁾Significance as determined by ANOVA test.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Means with different superscripts (a,b) within a row are significantly different from each at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾Not significant.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001; Significance as determined by T-test.

Table 4. Dioxin intakes from each food group in the subjects

	Coastal (n=213)	Rural (n=193)	Urban (n=187)	Significance ¹⁾	Male (n=249)	Female (n=344)	Total (n=593)
Cereals	0.0146±0.0080 ^{2)(b3)}	0.0134±0.0057 ^a	0.0105±0.0050 ^b	p<0.001	0.0132±0.0060	0.0125±0.0071	0.0128±0.0067
Potato and Starches	0.0056±0.0113	0.0036±0.0061	0.0045±0.0114	NS ⁴⁾	0.0040±0.0104	0.0050±0.0097	0.0046±0.0100
Pulses	0.0025±0.0067 ^a	0.0009±0.0046 ^b	0.0002±0.0012 ^b	p<0.001	0.0013±0.0052	0.0012±0.0048	0.0012±0.0049
Vegetables	0.0229±0.0248 ^a	0.0151±0.0168 ^b	0.0178±0.0225 ^b	p<0.01	0.0202±0.0216	0.0178±0.0223	0.0188±0.0220
Fruits	0.0003±0.0032	0.0004±0.0021	0.0006±0.0029	NS	0.0002±0.0017	0.0006±0.0033	0.0004±0.0028
Meats	0.0437±0.0704	0.0973±0.3711	0.0767±0.1289	NS	0.0838±0.3185	0.0617±0.1131	0.0711±0.2248
Eggs	0.0136±0.0380 ^b	0.0151±0.0354 ^b	0.0281±0.0483 ^a	p<0.001	0.0163±0.0389	0.0206±0.0430	0.0188±0.0413
Fish and Shellfishes	0.5914±1.5073 ^a	0.1690±0.4269 ^b	0.3115±0.8662 ^b	p<0.001	0.4114±0.9912	0.3393±1.1334	0.3700±1.0749
Milks	0.0028±0.0115 ^b	0.0056±0.0216 ^{ab}	0.0075±0.0179 ^a	p<0.05	0.0024±0.0096 ^{***}	0.0073±0.0211	0.0052±0.0174
Total	0.6971±1.5080 ^a	0.3204±0.5656 ^b	0.4607±0.8879 ^b	p<0.01	0.5530±1.0437	0.4660±1.1359	0.5030±1.0976

¹⁾Significance as determined by ANOVA test.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Means with different superscripts (a,b) within a row are significantly different from each at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾Not significant.

***p<0.001; Significance as determined by T-test.

즉 지역별 다이옥신 섭취량에 차이를 보인 식품군의 경우 어패류 섭취량은 어촌이, 곡류와 채소류는 농촌이, 두류와 난류 및 우유류는 도시가 높은 결과를 통해 어패류의 섭취량과 곡류, 두류, 채소류의 섭취 식품의 종류가 다이옥신 섭취량에 큰 영향을 미친 것으로 보여진다. 다이옥신은 채소나 과일류에 비해 지방 함량이 비교적 높은 육류, 어류 및 유제품을 통해 많이 섭취되기 때문에 이들 식품 중 다이옥신 함량에 대한 분석이 집중적으로 이루어지고 있으며 다른 식품군에 비해 다이옥신 함량도 높은 것으로 보고되고 있다(12-16). 본 연구에서 사용한 다이옥신 함량 데이터베이스도 전체 35개 식품 중 19개가 어패류였으며, 어패류와 육류, 유제품의 중량당 다이옥신 함량이 다른 식품군보다 상대적으로 높았다. 따라서 어촌 지역주민들은 주로 어업에 종사하며 지형학적 특성이 식이행태에 영향을 줌으로 인해 생선 및 패류를 통한 다이옥신 노출이 다른 지역보다 높고 이것이 전체 다이옥신 노출량에도 영향을 미친 것으로 사료된다.

본 연구에서 전체 조사대상자의 1일 평균 다이옥신 섭취량은 0.5030 pgTEQ/kg/day로 나타나, Kim 등(13)의 0.75 pgTEQ/kg/day와 Moon과 Ok(18)의 0.68 pgTEQ/kg/day와 비교할 때 상대적으로 낮은 다이옥신 섭취수준이었으며, 어촌 지역은 0.70 pgTEQ/kg/day로 이들 연구들과 유사하였다. Kim 등(13)은 8개 식품군 중 19종(식물성식품 10종, 동물성식품 9종)의 다이옥신 함량을 이용하였으며, 이들의 식품 공급량을 통하여 다이옥신 섭취량을 평가하였다. 일반적으로 식품수급표 상의 식품공급량은 실제 식품섭취량보다 높게 산출되며 어패류, 육류, 달걀류, 유류 및 낙농제품 등 다이옥신 함유량이 높은 식품군을 중심으로 다이옥신 섭취량을 추정하였기 때문에 본 연구나 다른 연구결과보다 다이옥신 섭취량이 높게 평가된 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 10개 식품군 35종 식품의 다이옥신 함량의 데이터베이스만을 사용하였기 때문에 섭취량이 다소 과소평가되었을 가능성이 있으며, 24시간 회상법이라는 제한적인 식사섭취조사 방법을 토대로 다이옥신 섭취량을 추정하였기 때문에 다이옥신 섭취량을 좀 더 정확하게 추정할 수 있는 다양한 식이조사방법을 사용한 추후연구가 필요할 것으로 생각된다.

최근 국민건강·영양조사의 식품섭취량과 29개 식품의 다이옥신 함량 데이터베이스 및 대기과 토양 중 다이옥신 오염도를 이용하여 평가한 우리나라의 다이옥신 총 1일 인체노출량은 0.65 pgTEQ/kg/day로 나타났으며, 이중 91.96%가 식품을 통한 섭취에 기여한 것으로 평가되었다. 식품군별 기여율은 어패류가 66.78%, 육류가 15.53%였으며, 어패류의 섭취가 높은 일본은 다이옥신의 인체노출량이 1.54 pgTEQ/kg/day로 우리나라보다 높았고 어패류의 노출 기여율도 84%로 높은 것으로 나타났다. 미국과 영국은 0.70 pgTEQ/kg/day, 0.64 pgTEQ/kg/day로 인체노출량은 우리나라와 유사하였으나 식품 기여율은 어패류 이외에 유제품이 높게 나타나 우리나라와 차이를 보였다(12). 본 연구에서는 대기

와 토양 중 다이옥신 오염도를 평가하지 않았지만 이의 노출 기여 비율이 낮은 점을 고려하여 국민건강·영양조사로 평가된 0.65 pgTEQ/kg/day와 비교할 때 어촌 지역은 다소 높고 농촌과 도시 지역은 낮은 수준이었다. 다이옥신의 TDI는 WHO에서는 1~4 pgTEQ/kg/day, 일본에서는 4 pgTEQ/kg/day로 설정하고 있으며 우리나라에서는 잠정적으로 4 pgTEQ/kg/day로 정하고 있다(6,7). 이의 기준과 비교할 때 본 연구결과나 선행연구(12,13,18)에서 평가된 식품을 통한 다이옥신 섭취량은 안전한 수준으로 평가된다. 그러나 향후 정확한 다이옥신 섭취량을 평가하기 위해서는 실제 섭취하는 식품섭취량을 조사하고 다양한 식품 중 다이옥신 함량 데이터베이스를 마련하여 이를 이용하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

다이옥신 섭취와 영양소 및 식품 섭취와의 상관관계

전체 대상자의 다이옥신 섭취량과 영양소 섭취량과의 상관관계에 대한 결과는 Table 5와 같다. 다이옥신 섭취량은 에너지(p<0.001), 단백질(p<0.001), 지방(p<0.001), 조희분(p<0.001), 레티놀(p<0.001), 비타민 B₁(p<0.01), 비타민 B₂(p<0.001), 나이아신(p<0.001), 비타민 B₆(p<0.01), 비타민

Table 5. Correlation coefficients among dioxin intakes and nutrient intakes (n=593)

	Dioxin intake
Energy	0.1641***
Protein	0.2672***
Animal protein	0.3292***
Plant protein	0.0157
Fat	0.2496***
Animal fat	0.2879***
Plant fat	0.0555
Carbohydrate	0.0569
Dietary fiber	-0.0339
Ash	0.1731***
Vitamin A	0.0659
Retinol	0.2291***
Carotene	0.0554
Vitamin B ₁	0.1145**
Vitamin B ₂	0.2040***
Niacin	0.3087***
Vitamin B ₆	0.1253**
Folate	0.0197
Vitamin C	0.0601
Vitamin E	0.1354**
Cholesterol	0.2652***
Calcium	0.0787
Animal calcium	0.0805
Plant calcium	0.0332
Phosphorus	0.1999***
Sodium	0.2391***
Potassium	0.1213**
Iron	0.0792
Animal iron	0.1232**
Plant iron	0.0163
Zinc	0.0916*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Table 6. Correlation coefficients among dioxin intakes and food intakes from each food group (n=593)

	Dioxin intake
Cereals	0.0392
Potato and Starches	0.0173
Sugars and Sweeteners	0.0362
Pulses	-0.0193
Nuts and Seeds	0.0344
Vegetables	0.0072
Fungi and Mushrooms	-0.0280
Fruits	0.0594
Meats	0.1092**
Eggs	0.0849*
Fish and Shellfishes	0.4080***
Seaweeds	0.0030
Milks	-0.0210
Oils and Fat	0.0844*
Beverages	-0.0183
Seasoning	0.1123**
Total	0.1084**

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

E(p<0.01), 콜레스테롤(p<0.001), 인(p<0.001), 나트륨(p<0.001), 칼륨(p<0.01), 동물성 철(p<0.01), 아연(p<0.05) 섭취량과 각각 유의한 정의 상관관계를 보였다. 다이옥신 섭취량과 식품섭취량과의 상관관계는 Table 6에서 보는 바와 같으며, 다이옥신 섭취량은 육류(p<0.01), 난류(p<0.05), 어패류(p<0.001), 유지류(p<0.05), 조미료류(p<0.01) 및 총 식품섭취량(p<0.01)과 각각 유의한 정의 상관관계를 보였다.

본 연구에서 어패류는 전체적인 식품으로서 섭취량이 4.75%에 불과하나 다이옥신 섭취량은 73.56%에 해당되어 다이옥신 섭취 비율이 식품 섭취 비율보다 약 15배 높은 수치를 나타내었다. 또한, 육류나 달걀류의 경우 전체적인 식품으로서의 섭취량이 각각 4.91%와 1.09%에 해당되었으나 다이옥신 섭취량은 14.14%와 3.74%로서 약 3배 높은 수치를 보였다. 따라서 어패류 및 동물성식품의 경우 섭취량이 낮음에도 불구하고 잔류하고 있는 다이옥신 함량은 다른 식품보다 높기 때문에 어패류 및 동물성식품을 통하여 더 많은 다이옥신을 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 앞선 결과에서 어패류 및 동물성식품을 통한 다이옥신 섭취기여율이 높고 총 다이옥신 섭취는 이들 식품섭취량과 유의한 정의 상관관계를 보임으로써 이들 식품에 대한 지속적인 추적관리가 이루어져야 할 것이다.

요 약

본 연구에서는 식생활 양상이 서로 다를 것으로 생각되는 어촌, 농촌, 도시 지역별 각각 213명, 193명, 187명을 대상으로 직접면담과 24시간 회상법에 의한 식사섭취조사를 실시한 후 35가지 식품 중 다이옥신 함량 자료를 이용하여 추정된 다이옥신 섭취상태를 비교·평가하였다. 지역별 조사대상자의 평균 연령은 어촌 61.5세, 농촌 57.6세, 도시 49.4세

순으로 유의하게 높았으며, 신장은 도시 대상자가 160.0 cm로 어촌의 158.1 cm나 농촌의 157.7 cm보다 유의하게 높았다. 지역별 남녀 성별 분포는 유의한 차이가 없었다. 1일 에너지 섭취량은 농촌 1707.7 kcal, 도시 1596.5 kcal, 어촌 1493.8 kcal로 농촌이 어촌보다 유의하게 높았다. 1일 총 식품섭취량은 지역별 유의한 차이가 없었으나 어패류는 어촌 지역이, 곡류, 채소류, 육류, 조미료류는 농촌지역이, 당류, 두류, 난류, 해조류, 우유류, 유지류는 도시지역이 가장 높았다. 35종 식품의 다이옥신 함량자료를 이용하여 평가한 어촌, 농촌, 도시 대상자의 1일 다이옥신 섭취량은 어촌이 0.70 pgTEQ/kg/day로 농촌의 0.32 pgTEQ/kg/day나 도시의 0.46 pgTEQ/kg/day보다 유의하게 높았다. 곡류, 두류, 채소류, 어패류를 통한 다이옥신 섭취량은 어촌이, 난류와 우유류를 통한 다이옥신 섭취량은 도시가 가장 높았다. 전체 대상자의 다이옥신 섭취량은 육류, 난류, 어패류, 유지류, 조미료류 및 총 식품섭취량과 각각 유의한 정의 상관관계를 보였다. 이상의 연구결과를 종합할 때 식품을 통한 다이옥신 섭취량은 어촌 지역이 농촌이나 도시보다 높고 어패류나 동물성식품을 통한 섭취가 높았으나, 세 지역 모두 우리나라 내용(耐容) 1일 섭취량보다 낮아 안전한 수준이었다.

감사의 글

본 연구는 2007년 국립수산과학원의 지원으로 이루어졌습니다.

문 헌

1. International Agency for Research on Center. 1997. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 69. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans*. IARC, Lyon.
2. Startin TR, Rose M, Wright C, Parker I, Gilbert J. 1990. Surveillance of British food for PCDDs and PCDFs. *Chemosphere* 20: 793-798.
3. Czuczwa JM, Hites RA. 1986. Airborne dioxins and dibenzofurans: sources and fate. *Environ Sci Technol* 20: 195-220.
4. Rappe C. 1993. Sources of exposure. Environmental concentration and exposure assessment of PCDDs and PCDFs. *Chemosphere* 27: 211-225.
5. Shara MA, Stohs SJ. 1987. Biochemical and toxicological effects of 2,3,7,8-TCDD congeners in female rats. *Arch Environ Contam Toxicol* 16: 599-605.
6. Scheter A. 1994. *Dioxin and Health*. Plenum Press, New York.
7. WHO-ECEH, IPCS. 1998. *Assessment of the health risk of dioxins; re-evaluation of the tolerable daily intake (Executive Summary)*. Stockholm.
8. Roeder RA, Garber MJ, Schelling GT. 1998. Assessment of dioxins in foods from animal origins. *J Anim Sci* 76: 142-151.
9. van den Berg M, Peterson RE, Schrenk D. 2000. Human risk assessment and TEFs. *Food Addit Contam* 17: 347-

- 358.
10. Kitamura K, Yoshikawa K, Iwama M, Nagao M. 2001. Justification of measurement of eight congener levels instead of twenty congeners of dioxins for mass screening of human exposure. *J Toxicol Sci* 26: 163-168.
 11. Wittsiede J, Fürst P, Wilhelm M. 2007. The 2005 World Health Organization re-evaluation of TEFs for dioxins and dioxin-like compounds-what are the consequences for German human background levels? *Int J Hyg Environ Health* 210: 335-339.
 12. 이효민. 2007. 식품 중 다이옥신의 위해성 평가 및 최근 관리 동향. 한국환경독성학회 심포지움 및 학술발표회. p 19-48.
 13. Kim KS, Kim JC, Kim MY. 2000. Estimation of dietary daily intake of PCDDs/PCDFs from Korean retail food. *J KSEE* 22: 1345-1355.
 14. Kim Y, Lee SY, Lee H, Yoon E, Yang KH, Kim EK, Kim M. 2002. The levels of PCDFs and PCDDs in the four kinds of fish in Korea. *Anal Sci & Technol* 15: 142-148.
 15. Im SH, Strause KD, Giesy JP, Chang YS, Matsuda M, Wakimoto T. 2004. Concentrations and accumulation profiles of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in aquatic tissues, and ambient air from South Korea. *Chemosphere* 55: 1293-1302.
 16. Kim Y, Yang SH, Lee SY, Kim M. 2001. Levels of PCDDs and PCDFs in two kinds of fast foods in Korea. *Chemosphere* 43: 851-855.
 17. Ministry of Health & Welfare. 2006. *Report on 2005 national health and nutrition examination survey- Nutrition survey*. Ministry of Health & Welfare, Seoul.
 18. Moon HB, Ok G. 2006. Dietary intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs, due to the consumption of various marine organisms from Korea. *Chemosphere* 62: 1142-1152.

(2007년 12월 17일 접수; 2008년 1월 17일 채택)