한국 어린이와 청소년의 요중 크레아티닌 농도와 영향요인에 대한 연구

이진현[†] · 안령미* · 강희숙** · 최석남*** · 홍춘표**** · 김진경*****

공주대학교 사범대학 환경교육과, *동덕여자대학교 자연대학 보건관리학과,
공주대학교 인문사회대학 사회복지학과, *공주대학교 자연대학 화학과,
****공주대학교 사범대학 화학교육과, *****공주대학교 인문사회대학 경영학과

Factors Associated with the Concentrations of Urinary Creatinine in Korean Children and Adolescents

Jin Heon Lee[†], Ryeong Mi Ahn*, Hee Sook Kang**, Suk Nam Choi***,
Chun Pyo Hong****, and Jin Gyong Kim*****

Department of Environmental Education, Kongju National University, Kongju, Korea

**Department of Public Health Management, Dongduk Women University, Seoul, Korea*

***Department of Social Welfare, Kongju National University, Kongju, Korea*

****Department of Chemistry, Kongju National University, Kongju, Korea*

*****Department of Chemistry Education, Kongju National University, Kongju, Korea*

******Department of Business Administration, Kongju National University, Kongju, Korea*

ABSTRACT

Creatinine-adjustment is an important process in the urinary monitoring of the environmental exposure of children and adolescents. The purpose of this study was to investigate the concentrations of urinary creatinine and factors associated with them among Korean children and adolescents. We recruited 1,025 persons from 128 extracted schools. They were from three to 18 years old and supplied urine samples for measuring creatinine. The concentrations of urinary creatinine were 98.18 mg/dl (SD, 67.67) in arithmetic mean and 72.05 mg/dl (GSD 2.49) in geometric mean, were significantly higher among male children/adolescents than females in all age groups, and higher values appeared following increasing ages, heights and BMIs. The rates of the number who were below the lowest limit recommended by WHO (<30 mg/dl) were 25.57% among three to four year olds, 21.77% among five to six year olds, 20.0% among seven to eight year olds and 14.69% among nine to ten year olds, respectively. The rates of those above the highest limit (>300 mg/dl) were 0.0% among three to twelve year olds. The coefficient of determination R-square of the fitted regression model for urinary creatinine was 27.4% with general characteristic variables of sex, age, BMI and height. The significant variables among these were height (standardized beta = 0.372) and age (standardized beta = 0.129). Another coefficient of determination R-square was 15.3% with dietary habit variables of smoking, drinking, dining area, number of meals and snacks, and intake of milk food, cup-noodles, canned foods, popcorn, nachos, and hamburgers.

In conclusion, the concentration of urinary creatinine was significantly lower in children than in adults, and was very significantly associated with the height of children. Therefore, children need the recommended concentrations for urinary creatinine, as distinguished from adults.

Keywords: urinary creatinine, children, height, dietary habits

[†]**Corresponding author:** Dept. of Environmental Education, Kongju National University, Gongju 314-702, Korea,
Tel: +82-41-850-8814, Fax: +82-41-850-8810, E-mail: ejhl@kongju.ac.kr

Received: 10 May 2012, Revised: 9 June 2012, Accepted: 5 July 2012

I. 서 론

최근에 환경오염물질에 의한 어린이의 유해성은 중요한 국제적 관심이 되고 있다. 과거 50여년 동안 새롭게 합성하여 만들어진 화학물이 80,000종류 이상이 되고 있는데, 이들이 공기, 물, 농작물, 지역사회, 폐기물 그리고 가정 등에 광범위하게 오염되어 있다가 어린이와 청소년에게 노출(accidental exposure)되어 사망한 어린이와 청소년이 84,000명이며, 합성된 물질의 약 20% 정도가 태아, 신생아, 어린이 등에게 발달독성(developmental toxicity)을 일으킨다고 보고하고 있다.¹⁾

이러한 이유들로 인하여 국제사회에서는 어린이의 환경유해물질 노출평가에 관심을 갖고 다양한 정책을 수행하기 시작하였다. 세계보건기구(the World Health Organization, WHO)에서는 2004년도에 유럽 어린이 건강을 위한 환경유해성 방지 행동계획(the children's Environmental and Health Action Plan, CEHAPE)을 개발하여 수행하기 시작하였고,²⁾ 독일에서는 2003년부터 2006년도에 수행한 독일환경조사 German Environmental Survey IV, GerES IV)를 통하여 어린이(3-14세)를 대상으로 환경유해물질 노출평가사업을 수행하였다.³⁾ 또한 미국에서는 국민건강영양조사(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) 프로그램을 통하여 국민들에 대한 환경유해물질 노출을 조사하면서 1세 이상 어린이를 포함한 전 국민들을 대상으로 선정하였고,⁴⁾ 캐나다에서는 2007년에 시작한 캐나다인 건강조사(the Canadian Health Measure Survey, CHMS)의 대상자에 6세 이상 어린이를 포함시키었다.⁵⁾ 우리나라에서는 2008년에 환경보건법을 제정하면서 수행된 국민건강영양조사의 대상자(19세 이상)에 어린이가 포함되어 있지 않았지만, 민감 및 취약계층을 대상으로 수행하는 건강영향 조사 프로그램에 영유아와 어린이, 산모, 노인 등을 대상으로 선정하고 있다.⁶⁾

어린이와 청소년을 대상으로 건강영향조사로 수행하는 생체모니터링에서 혈액(blood)과 요(urine)를 생체시료로 대부분 사용하고 있는데, 이 중에서 요는 체내에서 대사된 물질이 대부분 최종적으로 배출되는 경로이기 때문에 생체모니터링을 위하여 가장 많이 사용하는 생체시료이다. 특히 체내 반감기가 짧은 오염물질(농약류, 중금속 등)은 노출된 이후에 빠

르게 요로 배출되기 때문에, 요 시료는 이들의 노출 여부를 확인하는데 매우 유용한 생체시료로 사용할 수 있기 때문이다.⁷⁾

그러나 요에 함유되어 있는 물의 양에 의하여 배설량이 변하기 때문에, 이 물의 용량에 의하여 요에 함유되어 있는 오염물질의 농도가 희석되거나 농축될 수 있는 문제가 발생하게 된다.⁸⁾ 따라서 세계보건기구(WHO, world health organization)에서는 요중 크레아티닌 농도가 30 mg/dl~300 mg/dl 범위일 경우에 보정에 사용할 수 있는 유효농도범위라고 권고하였다.⁹⁾ 그런데, WHO에서 권고하는 크레아티닌의 농도는 성인 근로자에 적용할 수 있는 것이며, 어린이에게 적용하기에는 한계점이 있다.⁹⁾ 미국 NHANES III (1988-1994)의 조사결과에서도 미국인의 크레아티닌 농도가 어린이에서 매우 낮으면서 연령에 따라 통계적으로 유의하게 차이를 보이고 있다고 보고하였다.⁸⁾

대사물질(오염물질)의 크레아티닌-보정 농도는 크레아티닌 농도(grams creatinine per liter urine)에 의하여 대사물질의 농도가 과소 또는 과대로 산출될 수 있기 때문에, 크레아티닌 농도의 정상범위를 성인과 어린이에게 동일하게 적용하는 것은 요중 대사물질의 보정농도를 크게 왜곡시킬 가능성이 매우 크다고 생각된다. 또한 어린이를 대상으로 다양하게 국가차원의 유해물질 생체모니터링 프로그램을 수행하고 있는 실정에서 어린이의 크레아티닌 유효농도 범위를 설정할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 전국 어린이들을 대상으로 크레아티닌 농도를 측정하여, 어린이들의 크레아티닌 농도분포와 WHO 권고농도범위 분포도를 분석하고, 크레아티닌 농도에 영향을 주는 연령, 성, BMI, 신장 등과 다양한 식품섭취 행태요인들을 분석하여 어린이들의 크레아티닌 유효농도범위를 결정하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구대상자

본 연구는 2010년 3월부터 10월까지 식품의약품안전청/식품의약품안전평가원의 지원을 받아 수행한 “유해물질 인체영향”(과제번호: 09182유해물 607)에 참여한 3-18세 범위의 남녀 어린이/청소년을 대상으로 소변을 채취하여 시료로 사용하였다.

어린이 및 청소년의 표본 추출을 위하여 1차 추출 단위는 학교이었고, 이를 위해서, 전국 유·초·중·고등학교(11,592개 학교)¹⁰⁾를 대상으로 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교 등으로 균등하게 배분하여 선정하였다. 2차 추출단위는 학급이었고, 이를 위해서 각 학년에서 하나의 중심학급을 선정하였다. 3차 추출단위는 학생이었고, 이를 위하여 선정된 학급에서 2명의 학생(중심번호)을 선정하였다. 따라서 본 연구 대상으로 선정된 표본학교 및 표본학생은 유치원 32개교(256명), 초등학교 32개교(384명), 중학교 32개교(192명), 고등학교 32개교(192명) 등으로 구분하여 총 128개교에서 1,024명을 선정하였다.

본 연구 대상자의 접촉과 생체시료 채취 및 사용을 위하여 2010년 3월 29일에 서울아산병원 임상연구심의위원회(AMC IRB)에 심의를 신청하여 2010년 4월 5일에 심의결과 통지서를 받았다.

2. 생체시료(요) 채취

대상자가 요 컵(urine cup)을 사용하여 요를 받아 오게 하고, 약 0.5 m/를 분취하여 냉장상태(4°C 이하)로 보관하고, 이것을 24시간 이내로 실험실로 운반한 후에 분석시료로 활용하였다.

3. 요 크레아티닌 농도 분석

요중 크레아티닌의 농도는 Jaffe 법으로(Lee and Lee, 1990) 측정하였으며, 자동분석기기는 HITACHI 7600이었고, 이 기기의 측정한계는 1.0 U/L이었다. 분석기기는 임상병리분야의 국외정도관리 프로그램인 CAP(College of American Pathologists) 정도관리 프로그램에서 정기적으로 참여하고 있었다.

4. 체질량지수(BMI)

체질량지수(BMI, Body Mass Index)는 사람들의 신장과 체중을 이용하여 지방의 양을 추정하는 공식으로 체지방을 및 건강위험도를 반영하는 지표라고 할 수 있다. 체질량지수는 계산방법과 각 체질량지수(BMI) 레벨의 의미는 다음과 같다.¹¹⁾

BMI	BMI (kg/m ²) Weight status	
	below 18.5	Underweight
	18.5 to 24.9	Healthy weight
	25.0 and 29.9	Overweight
	30.0 and above	Obesity

5. 통계분석

본 연구에서 수집된 자료의 통계분석에서는 PC SAS 9.1(& SUDAAN)을 사용하여, 학교 추출과정과 관련된 가중치를 요중 크레아티닌 농도에 적용하였다. 각 변수는 빈도와 백분율, 평균 등으로 표시하였고, 집단 간 구성비의 차이 검정을 위한 χ^2 -test, 성별 평균 비교를 위한 t-test, 연령 및 BMI 구분에 따른 평균 비교를 위한 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 또한 요중 크레아티닌 농도에 영향요인을 분석하기 위하여 다중회귀분석(multi-regression analysis)을 수행하였고, 명목변수는 dummy화하였다.

III. 연구결과

1. 참여자의 인구학적 특성

본 연구에 참여한 어린이/청소년의 인구학적 특성은 Table 1과 같다. 총 참여자는 1,025명이었으며, 성별로 구분하면 남자가 517명(50.4%), 여자가 508명

Table 1. Characteristics of child and youth participants in this study

Group		Number	%
Sex	Male	517	50.4
	Female	508	49.6
Age	3-4 years	140	13.7
	5-6 years	147	14.3
	7-8 years	115	11.2
	9-10 years	143	14.0
	11-12 years	121	11.8
	13-14 years	139	13.6
	15-16 years	132	12.9
	17-18 years	88	8.6
Height	<119 cm	246	24.0
	120-139 cm	226	22.0
	140-159 cm	265	25.9
	>160 cm	288	28.1
BMI	below 18.5	545	53.1
	18.5 to 24.9	418	40.8
	25.0 and 29.9	63	6.1
Drinking Experience	No	942	91.9
	Yes	83	8.1
Smoking Experience	No	980	95.6
	Yes	45	4.4
Total		1,025	100.0

(49.6%명)으로 비슷하였고, 참여자의 각 연령별 분포가 8.6~14.3%이었다.

신장이 119 cm 이하인 어린이/청소년의 분포는 24.0%이었고, 160 cm 이상인 어린이/청소년의 분포는 28.1%이었다. 체질량지수(BMI)의 분포는 정상체중으로 분류된 어린이/청소년의 분포가 40.8%이었

Fig. 1. Distribution of urinary creatinine concentrations of child and youth participants in this study.

고, 저체중인 참여자가 53.1%, 과체중인 참여자가 6.1%로 나타났다. 참여한 어린이/청소년들에서 음주를 경험하였다고 응답한 사람이 8.1%이었고, 흡연을 경험하였다고 응답한 사람은 4.4%이었다.

2. 참여한 어린이/청소년의 요중 크레아티닌 농도분포

연구에 참여한 어린이/청소년의 요중 크레아티닌 농도분포는 Fig. 1과 같고, 인구학적 특성별로 구분한 요중 크레아티닌 농도는 Table 2와 같다.

유효시료는 1,025개(100%)이었고, 전체적으로 기하분포를 하였으며, 크레아티닌의 산술평균 농도는 98.19 mg/dL(SD, 67.67), 기하평균 농도는 72.05 mg/dL(GSD, 2.49)이었다. 여자(85.87 mg/dL)에 비하여 남자(110.31 mg/dL)가 통계적으로 유의하게 높았게 나타났다($p<0.001$), 3세(3-4세: 56.25 mg/dL)부터 18세까지(17-18세: 127.87 mg/dL)까지 연령이 증가하면서 통계적으로 유의하게 높아지는 경향을 보여주었다($p<0.001$). 또한 3세부터 18세까지 모든 연령에서 여자에 비해 남자에서 요중 크레아티닌 농도가 높게 나타났다(Fig. 2).

Table 2. Urinary creatinine concentrations in child and youth participants

Subject		N	AM	SD	GM	GSD	unit; mg/dL
							p-value
Gender	Male	517	110.31	68.51	87.52	2.13	5.875
	Female	508	85.87	64.57	59.10	2.75	(0.000)
Age	3-4 years	140	56.25	38.96	39.68	2.78	50.816 (0.000)
	5-6 years	147	60.77	37.32	46.06	2.39	
	7-8 years	115	72.60	46.78	54.60	2.42	
	9-10 years	143	84.99	52.77	66.67	2.20	
	11-12 years	121	109.32	59.61	90.25	2.00	
	13-14 years	139	135.80	71.89	111.99	2.06	
	15-16 years	132	151.38	77.24	126.29	1.99	
	17-18 years	88	127.87	75.31	100.82	2.19	
Height	<119 cm	246	50.06	38.90	43.03	2.61	1138700.7 (0.000)
	120-139 cm	226	71.93	45.30	54.38	2.39	
	140-159 cm	265	108.16	64.70	85.94	2.16	
	>160 cm	288	143.06	74.96	118.63	1.99	
BMI	below 18.5	544	77.95	56.09	56.01	2.57	241846.1 (0.000)
	18.5 to 24.9	418	119.43	71.97	93.64	2.22	
	25.0 and 29.9	63	132.06	73.66	111.20	1.89	
Drinking Experience	No	942	101.74	65.57	79.55	2.19	6.361
	Yes	83	157.62	71.43	135.50	1.89	(0.000)
Smoking Experience	No	980	104.62	66.29	82.38	2.16	8.641
	Yes	45	159.76	65.33	147.22	1.52	(0.000)
Total		1025	98.19	67.67	72.05	2.49	

신장이 119 cm 이하인 경우(50.06 mg/dl)에 비하여 신장이 160 cm 이상인 경우(143.06 mg/dl)에 매우 높게 나타났으며, 신장이 증가함에 따라 요중 크레아티닌 농도가 통계적으로 유의한 차이로 높게 증가하는 경향을 보여주었다($p<0.001$).

Fig. 2. Changes of urinary creatinine concentrations in each gender of child and youth group by age.

BMI가 18.5 이하인 경우(77.95 mg/dl)에 비해 BMI가 25.0-29.9인 경우(132.06 mg/dl)에 요중 크레아티닌 농도가 높게 나타났으며, BMI이 높아짐에 따라 요중 크레아티닌 농도가 통계적으로 유의한 차이로 높아지는 경향을 보여주었다($p<0.001$). 음주경험이 있다고 답변한 어린이/청소년의 요중 크레아티닌 농도(157.62 mg/dl)가 음주경험이 없다고 답변한 응답자(101.71 mg/dl)에 비하여 통계적으로 유의한 차이로 높게 나타났고($p<0.001$), 흡연경험이 있다고 답변한 어린이/청소년의 요중 크레아티닌 농도(159.76 mg/dl)가 흡연경험이 없다고 답변한 응답자(104.62 mg/dl)에 비하여 통계적으로 유의한 차이로 높게 나타났다($p<0.001$).

3. WHO 권고기준에 따른 요중 크레아티닌 유효농도 분포

연구에 참여한 어린이/청소년의 요중 크레아티닌 농도를 WHO 권고기준(<30 mg/dl, >300 mg/dl)으로

Table 3. Percentage of each age group whose urinary creatinine concentrations fell outside the WHO guideline range (i.e., <30 mg/dl or >300 mg/dl)

Age groups	All			Male			Female		
	No.	<30 mg/dl N (%)	>300 mg/dl N (%)	No.	<30 mg/dl N (%)	>300 mg/dl N (%)	No.	<30 mg/dl N (%)	>300 mg/dl N (%)
3-4	140	25.57	0.00	73	21.92	0.00	67	35.82	0.0
5-6	147	21.77	0.00	65	10.77	0.00	82	30.49	0.0
7-8	115	20.00	0.00	59	15.25	0.00	56	25.00	0.0
9-10	143	14.69	0.00	71	9.86	0.00	72	19.44	0.0
11-12	121	9.09	0.00	63	1.59	0.00	58	17.24	0.0
13-14	139	5.04	0.72	74	2.70	1.35	65	7.69	0.0
15-16	132	5.30	4.55	65	4.62	7.69	67	5.97	1.49
17-18	88	7.95	2.27	47	2.13	4.26	41	14.63	0.0
Total	1,025	14.44	0.88	517	8.90	1.56	508	20.08	0.20

Table 4. Coefficients of the independent variables (gender, age, BMI and height) from the multiple regression model of urinary creatinine concentrations in children and adolescence

Model I		β	Standardized β	p	Covariance		R^2
					Covariate	VIF	
Intercept		-54.285		0.014			0.274
Gender	Male	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	Female	-18.904	-0.140	0.000	0.923	1.084	
Age		1.948	0.129	0.119	0.104	9.652	
BMI		-0.093	-0.005	0.885	0.628	1.591	
Height		1.025	0.372	0.000	0.102	9.843	

^aReference category of dummy

구분하였을 경우의 분포비율이 Table 3과 같다. 요 중 크레아티닌 농도가 30 mg/dl 이하인 어린이/청소년의 분포가 3-4세에서 25.57%, 5-6세에서 21.77%, 7-8세에서 20.0%, 9-10세에서 14.69% 등으로 큰 차이를 보이며 나타났으며, 연령이 낮을수록 높은 비율을 보여주고 있었다. 반면에 요중 크레아티닌 농도가 300 mg/dl 이상인 어린이/청소년의 분포가 3세

에서 12세까지 0.0%이었고, 13-18세에서 0.72~2.27%로 나타났다.

4. 요중 크레아티닌 농도에 대한 영향요인

요중 크레아티닌 농도에 영향을 미치는 요인들에 대한 다중회귀분석 모델은 Table 4와 Table 5와 같다. 참여한 어린이/청소년의 인구학적 특성변수들이 요

Table 5. Coefficients of the independent variables (dietary habits) from the multiple regression model of urinary creatinine concentrations in children and adolescence

		β	Standardized β	p	Covariance		R^2
					Covariate	VIF	
Intercept		83.741		0.000			
Smoking experience	None	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	Yes	25.043	0.076	0.020	0.805	1.242	
Drinking experience	None	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	Yes	38.748	0.156	0.000	0.760	1.316	
Dining area	Home(Lunch box)	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	Restaurant	16.652	0.097	0.003	0.802	1.246	
	etc	-18.780	-0.027	0.356	0.969	1.032	
Number of meals	<2 times	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	3 times	8.783	0.048	0.147	0.771	1.296	
	>4 times	7.195	0.016	0.613	0.836	1.197	
Number of snacks	1 times	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	2 times	-8.982	-0.066	0.036	0.848	1.180	
	3 times	-17.062	-0.075	0.018	0.848	1.179	
	4 times	-27.787	-0.036	0.223	0.964	1.037	
	5 times	-11.644	-0.013	0.223	0.964	1.037	
Intake of milk food	Almost not	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	0.153
	1-3 times/month	-9.269	-0.064	0.155	0.419	2.386	
	4-12 times/month	-16.660	-0.114	0.012	0.414	0.2418	
	16-24 times/month	-22.460	-0.105	0.006	0.587	1.703	
	>30 times/month	-5.629	-0.027	0.483	0.554	1.804	
Intake of cup-noodle	Almost not	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	1-3 times/month	19.193	0.133	0.000	0.772	1.295	
	4-12 times/month	22.857	0.116	0.000	0.825	1.212	
	>16-24 times/month	29.160	0.046	0.150	0.817	1.223	
Intake of canned foods	Almost not	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	1-3 times/month	6.342	0.047	0.195	0.650	1.539	
	4-12 times/month	15.717	0.093	0.012	0.618	1.619	
	16-24 times/month	28.381	0.087	0.009	0.775	1.290	
	>30 times/month	7.913	0.017	0.599	0.854	1.171	
Intake of popcorn & nachos	Almost not	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	>1-3 times/month	2.238	0.010	0.748	0.870	1.149	
Intake of hamburger	Almost not	0 ^a	0 ^a	NA	NA	NA	
	1-3 times/month	-1.251	-0.009	0.779	0.842	1.188	
	>4-12 times/month	11.929	0.024	0.429	0.892	1.121	

중 크레아티닌 농도에 미치는 영향력, 즉 설명력은 27.4%로 나타났으며, 요중 크레아티닌 농도에 가장 큰 영향을 준 변수는 신장(standardized $\beta = 0.372$)이었고, 그 다음은 연령(standardized $\beta = 0.129$)이었다. 음식섭취 행태요인이 요중 크레아티닌에 대한 영향력, 즉 설명력은 15.3%로 나타났다. 요중 크레아티닌 농도에 영향을 주는 음식섭취 행태요인은 흡연, 음주, 음식점 이용, 식사횟수, 컵라면 섭취횟수, 캔식품 섭취횟수, 팝콘과 나초 섭취, 햄버거 섭취 등이었다.

IV. 고 찰

요중 유해물질은 인체에 함유되어 있는 유해물질의 양과 매우 높은 연관성을 갖고 있기 때문에 오염물질의 인체내 유해물질모니터링을 수행하는 프로그램에서 요중 유해물질의 양을 인체에 노출된 유해물질의 생체지표로 중요하게 사용하고 있다.⁷⁾

그러나 요에 함유되어 있는 유해물질의 양을 나타내는 농도는 요에 함유되어 있는 물의 양의 변화에 의하여 크게 달라질 수 있기 때문에 이것을 보정해주는 방법으로 크레아티닌 농도, 요 비중, 삼투력 등에 대하여 많은 연구를 수행해 왔으며, 이들 방법 중에서 요중 크레아티닌의 양에 의하여 보정하는 방법이 가장 일반적으로 사용되고 있다.¹²⁻¹⁵⁾

유해물질의 크레아티닌 보정 농도값은 유해물질의 양을 크레아티닌의 양으로 나누어서 계산하는 산출하기 때문에 크레아티닌 농도가 지나치게 높거나 낮으면 크레아티닌 보정 농도값이 과대평가되거나 과소평가될 수 있다. 따라서 세계보건기구(WHO, World Health Organization)에서는 보정에 사용할 수 있는 크레아티닌의 유효농도범위를 30~300 mg/dl로 사용할 것을 권고하고 있다.⁹⁾ 이것을 근거로 독일, 미국 등 많은 국가에서 요중 유해물질의 농도를 보정하는 크레아티닌의 권장유효농도로 채택하여 사용하고 있다.¹⁶⁾ 우리나라 국민건강영양조사 IV(6,286명)에서 이들 권장 유효범위에 해당하는 시료건수가 92.2%이었다고 보고하고 있다.¹⁷⁾

그러나 어린이의 크레아티닌 농도는 성인에 비하여 크게 낮게 나타나기 때문에 WHO에서 성인을 대상으로 제안한 크레아티닌의 유효농도범위를 어린이에게도 동일하게 적용하는 것은 문제가 있다. 미국

국민들을 대상으로 수행한 NHANES III(1988-1994)에서 6~11세 어린이의 크레아티닌 농도(Mean, 102.1 mg/dl)가 성인(Mean, 161.8 mg/dl)에 비하여 유의한 수준으로 낮았다고 보고하였고,⁸⁾ 본 연구에서도 크레아티닌의 산술평균농도가 3~4세(56.25 mg/dl), 5~6세(60.77 mg/dl), 7~8세(72.60 mg/dl), 9~10세(84.99 mg/dl)까지 매우 낮은 농도를 보여주고 있어서, 미국의 연구결과 동일하게 우리나라 어린이의 크레아티닌 농도도 성인에 비하여 매우 낮게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 또한 어린이의 요중 크레아티닌 농도는 모든 연령에서 여성에 비하여 남자가 높게 나타났는데, 이것은 미국의 성인과 한국의 성인에서와 동일한 경향을 보여주고 있었다.^{8,17,18)}

더욱이 크레아티닌 농도의 유효범위를 WHO에서 권고하는 농도범위(30~300 mg/dl)를 성인에게 적용하였을 경우에, 30 mg/dl 이하인 한국성인이 2.3%, 300 mg/dl 이상인 한국성인이 5.5%로 미국의 성인과 비슷한 수준을 보여주고 있는데 반하여,^{8,17,18)} 어린이에게 적용하였을 경우에 30 mg/dl 이하인 한국어린이가 3~4세에서 25.57%, 5~6세에서 21.77%, 7~8세에서 20.00%, 9~10세에서 14.69%로 매우 높게 나타났다, 300mg/dl 이상인 어린이가 3에서 12세까지 0.0%로 본 연구결과에서 나타났다. 즉 크레아티닌의 유효농도범위가 성인과 어린이 사이에 큰 차이가 있음을 보여주고 있다.

이것은 크레아티닌에 대한 WHO의 권장 유효농도범위를 어린이에게 적용하는 것은 한계가 있음을 나타내는 근거로 판단할 수 있으며, 어린이에게 적용할 수 있는 크레아티닌 권장 유효농도를 설정할 필요가 있음을 의미한다. 또한 나이가 낮은 어린이의 크레아티닌 농도는 매우 낮기 때문에 유효농도의 하한값을 크게 낮추거나 일정 연령(8세 이하)까지 하한값을 제정하지 않는 것이 필요하다고 생각되며, 크레아티닌의 상한값도 성인에 비하여 크게 낮추거나 제정하지 않는 것이 필요하다고 생각한다.

요중 크레아티닌 농도에 영향을 주는 요인은 성, 인종, 나이, 근육량, 생활습관, 식습관 등으로 알려져 있다. 크레아티닌은 몸속의 크레아틴이 24시간 대사되어 뇨중 배설되며, 그 양이 남성이 여성보다 높은 농도로 나타나는 것으로 알려져 있는데,¹⁹⁾ 본 연구에서 어린이들도 모든 연령에서 남성이 여성보다 높은 농도로 나타났다. 또한 성인에서는 연령이

증가함에 따라 크레아티닌 농도가 감소한다고 보고 되어 있는데,^{8,17,18)} 어린이의 경우에는 연령이 증가함에 따라 크레아티닌 농도가 증가하는 경향을 본 연구결과에서 보여주고 있다(Fig. 2). 이것은 어린이의 경우에 나이가 낮을수록 크레아티닌을 크레아티닌으로 대사시키는 능력이 낮기 때문인 것으로 생각된다.^{20,21)} 또한 흡연과 음주여부가 요중 크레아티닌 농도에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데,¹⁷⁾ 본 연구에서도 흡연과 음주를 경험한 어린이에게서 크레아티닌 농도가 유의한 차이로 높게 나타났다.

본 연구에서 어린이의 요중 크레아티닌 농도에 대한 인구학적 특성(성, 연령, BMI, 신장 등)의 설명력(R-square)은 27.4%이었고, 이들 중에서 가장 높은 영향을 준 변수는 신장(standardized beta = 0.372)이었고, 그 다음으로 연령(standardized beta = 0.129)으로 나타났다. 이것은 어린이의 크레아티닌 농도를 사용할 경우에 연령보다는 신장을 고려하는 것이 매우 중요함을 보여주고 있다. 정 등(2012)은 성인의 요중 크레아티닌 농도에 대한 연령과 BMI 등의 설명력이 14.0%이었다고 보고하였다.¹⁶⁾ 또한 본 연구에서 어린이의 요중 크레아티닌 농도에 대한 생활습관(흡연, 음주여부)과 음식섭취행태(식당이용, 식사횟수, 스낵섭취, 우유식품, 컵라면, 캔 식품, 팝콘, 햄버거 섭취 등)의 설명력(R-square)은 15.3%로 나타났다.

V. 결 론

전국에 분포되어 있는 1,025명의 어린이/청소년(3-18세)에게서 뇨를 채취하여 크레아티닌 농도를 측정하고, 자료를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 크레아티닌 농도가 기하분포를 하였고, 산술평균 농도는 98.19 mg/dl(SD, 67.67), 기하평균 농도는 72.05 mg/dl(GSD, 2.49)이었다.
2. 크레아티닌 농도가 모든 연령에서 남자가 높게 나타났고, 연령, 신장, BMI 값이 증가함에 따라 크게 높아지는 경향을 나타내었다.
3. WHO이 권고하는 크레아티닌 유효범위의 하한치(<30 mg/dl) 이하인 참여자가 3-4세에서 25.57%, 5-6세에서 21.77%, 7-8세에서 20.0%, 9-10세에서 14.69% 등으로 매우 높게 나타났고, 상한치(>300

mg/dl) 이상인 어린이/청소년이 3세에서 12세까지 0.0%이었고, 13-18세에서 0.72~2.27%로 매우 낮게 나타났다.

4. 크레아티닌 농도에 대한 인구학적 특성변수의 영향력(설명력)은 27.4%이었고, 신장(standardized β = 0.372)과 연령(standardized β = 0.129)이 중요한 영향변수로 나타났다. 크레아티닌 농도에 대한 식품섭취 행태변수의 영향력(설명력)은 15.3%이었고, 영향변수는 흡연, 음주, 음식점 이용, 식사횟수, 컵라면 섭취횟수, 캔식품 섭취횟수, 팝콘과 나초 섭취, 햄버거 섭취 등이었다.

감사의 글

본 연구는 공주대학교에서 2010년 하반기 연구년 교수 지원사업을 통하여 수행하였고, 식품의약품안전평가원에서 수행한 “유해물질 인체영향”(과제번호: 09182유해물 607)의 data를 활용하였음.

참고문헌

1. WHO, Children's health and environment. A global perspective, Geneva, World Health Organization Regional Office for Europe; 2004. p.1-342.
2. McCracken J. A children's environment and health strategy for the UK, the Health Protection Agency, Dept. of Health, UK; 2009. p.1-60.
3. Umwelt Bundes Amt; German Environmental Survey (GerES): Available from <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/survey/index.htm> [accessed 20 May 2010].
4. CDC, Second National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Centers for Disease Control and Prevention; 2003. p.1-257.
5. Canada, Report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada - Results of the Canadian Health Measure Survey Cycle 1 (2007-2009); 2010. p.1-129.
6. Ha E. Report of National Environmental Health Evaluation - Environmental pollution vulnerable and sensitive layer, Ministry of Environment; 2010. p.133-157.
7. Arndt T. Urinary-creatinine concentration as a marker of urine dilution: Reflections using a cohort of 45,000 samples. *Forensic Sci Int.* 2009; 186: 48-51.
8. Barr DB, Wilder LC, Caudill SP, Gonzalez AJ,

- Needham LL, Pirkle JL. Urinary creatinine concentrations in the US population: Implications for urinary biologic monitoring measurements, *Environ Health Perspect.* 2005; 113(2): 192-200.
9. WHO; Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace. Vol 1. Geneva: World Health Organization; 1996.
10. KEDI, Report of Korea educational statistics, Korea Educational Development Institute (KEDI). 2007.
11. Maité GO, Gilles T, Elie A, Antoine C, Arnaud de L, Christine C, Laurent M, Marie T, François V, Yves C, Jean-François T. Body mass index. *Intensive Care Med.* 2004; 30: 437-434.
12. Cline RE, Hill RH Jr, Phillips DL, Needham LL. Pentachlorophenol measurements in body fluids of people in log homes and workplaces. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1989; 18: 475-481.
13. Hill RH Jr, Ashley DL, Head SL, Needham LL, Pirkle JL. p-Dichlorobenzene exposure among 1,000 adults in the United States. *Arch Environ Health* 1995; 50: 277-280.
14. Shealy DB, Barr JR, Ashley DL, Patterson DG Jr, Camann DE, Bond AE. Correlation of environmental carbaryl measurements with serum and urinary 1-naphthol measurements in a farmer applicator and his family. *Environ Health Perspect.* 1997; 105: 510-513.
15. To-Figueras J, Sala M, Otero R, Barrot C, Santiago-Silva M, Rodamilans M. Metabolism of hexachlorobenzene in humans: association between serum levels and urinary metabolites in a highly exposed population. *Environ Health Perspect.* 1997; 105: 78-83.
16. Lauwerys RR, Hoet P. Industrial Chemical Exposure: Guidelines for Biological Monitoring. Boca Raton, FL: Lewis Publishers; 1993.
17. Jung KS, Kim, NS, Lee BK. Urinary creatinine concentration in the Korean population in KNHANES IV, 2009. *J Environ Health Sci.* 2012; 38(1): 31-41
18. Lee JH, Ahn RM, Relevance of gender, age, and the body mass index (BMI) to changes in urinary creatinine concentration in Korean adults. *J Environ Health Sci.* 2010; 36(3): 215-221.
19. Remer T, Neubert A, Maser-Gluth C. Anthropometry-based reference values for 24-h urinary creatinine excretion during growth and their use in endocrine and nutritional research. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75: 561-569.
20. German Federal Environment Agency; Standardization of substance concentrations in urine - Creatinine, opinion of the human biomonitoring commission of the German Federal Environment Agency. *Gesundheitsschutz*, 2005, 48(5): 616-618.
21. Heudorf U, Angerer J. Metabolites of organophosphorous insecticides in urine specimens from inhabitants of a residential area. *Environ Res.* 2001; 86: 80-87.