

한국 성인의 요중 크레아티닌 농도 변화에 대한 성, 연령 그리고 체질량지수(BMI)의 관련성 연구

이진현 · 안령미*†

공주대학교 환경교육과, *동덕여자대학교 보건관리학과
(2010. 3. 28. 접수/2010. 4. 30. 수정/2010. 6. 10. 채택)

Relevance of Gender, Age and the Body Mass Index to Changes in Urinary Creatinine Concentration in Korean Adults

Jin-Heon Lee · Ryoung-Me Ahn*†

Dept. of Environmental Education, Kongju National University

*Dept. of Health Science, Dongduk Women's University

(Received March 28, 2010/Revised April 30, 2010/Accepted June 10, 2010)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relevance of gender, age, and BMI (Body Mass Index) to changes in the urinary creatinine concentration in Korean adults. We recruited and surveyed 2,156 persons ≥ 20 years of age from 98 districts across the country, and collected urine samples for analyzing the creatinine concentration. Participants were 41.6% men and 58.4% women. In terms of age, the percentage of the population in their 20's and ≥ 60 years of age was relatively similar, with 13.6% and 17.8%, respectively, while the percentages in their 30's, 40's and 50's were also relatively similar, with 22.0%, 24.0%, and 22.6%, respectively. The proportion of participants in their 20's and 30's who were underweight (according to the BMI) was 25% and 19.2%, respectively, but only 6.2~6.4% of those ≥ 40 years of age were underweight. This showed that the underweight proportion in elder generations was less than that in younger generations. Meanwhile, the proportion who were overweight was 13.7%, 18.8%, 28.6%, 27.9%, 32.0% when the participants were in their 20's, 30's, 40's, 50's and ≥ 60 years of age, respectively ($p < 0.000$). This showed that the overweight proportion increased along with increasing age. The overall urinary creatinine concentration was 10 mg/dl (arithmetic mean: AM), and 92.2 mg/dl (geometric mean: GM). The urinary creatinine concentration in men (132.6 mg/dl, AM) was significantly higher than that in women (93.3 mg/dl, AM ($p < 0.000$)). Showing a similar trend in men and women, urinary creatinine concentrations were highest when the participants were in their 20's (135.6 mg/dl, AM), and tended to decrease with increasing age. Urinary creatinine concentrations in overweight and obese subjects (AM of 117.9 mg/dl and 118.0 mg/dl, respectively) were significantly higher than in other groups, and this trend was similar in men and women. In conclusion, we found that urinary concentrations were significantly affected by gender, age, and BMI, and that care should therefore be exercised when correcting urinary metabolites according to the urinary creatinine concentration.

Keywords: Urinary creatinine concentration, gender, age, BMI (Body Mass Index)

I. 서 론

환경오염에 대한 인체 노출평가를 하기 위하여 작업장의 근로자들 뿐만 아니라 일반 주민들을 대상으로 생

체모니터링을 실시하고 있다. 미국 질병관리센터(US CDC)에서는 1956년부터 NHANES(National Health and Nutrition Examination Survey)를 실시하고 있고,¹⁾ 독일에서는 1985년부터 GerES(Germany Environmental survey)를 실시하고 있다.²⁾ 우리나라에서는 보건복지부가 1998년부터 국민건강영양조사(국민영양조사는 1969년, 건강조사는 1983년에 시작함)를 국민건강증진법을 근거로 실시하고 있고,³⁾ 환경부가 2005년부터 인체모니

†Corresponding author : Dept. of Health Science, Dongduk Women's University
Tel: 82-2-940-4481, Fax: 82-2-940-4193
E-mail : lucia@dongduk.ac.kr

터링을 실시하다가 2009년부터는 환경보건법에 근거하여 국민환경보건기초조사의 명칭으로 실시하고 있다.⁴⁾ 이러한 조사에서 생체모니터링은 인체의 오염물질 수준을 파악하는데 매우 중요한 도구로 사용하고 있다.

인체모니터링을 하기 위하여 가장 많이 사용하는 생체시료는 혈액(blood)과 요(urine)이다. 이 중에서 요는 체내에서 대사된 물질이 대부분 최종적으로 배출되는 경로이기 때문에 생체모니터링을 위하여 가장 많이 사용하는 생체시료이다. 특히 체내 반감기가 짧은 오염물질은 노출된 이후에 빠르게 요로 배출되기 때문에, 요 시료는 이들의 노출여부를 확인하는데 매우 유용한 생체시료로 사용할 수 있다.

요 시료는 24시간 모아서 채취하는 방법과 현장 채취하는 방법(spot or grab urine sample)이 있다.⁵⁾ 요를 24시간 모아서 채취하는 방법은 실제로 매우 어렵고, 적절성과 완전성 측면에서 많은 문제가 발생할 가능성이 높은 문제점을 가지고 있다. 따라서 대부분의 생체모니터링에서 현장 요 채취방법을 사용하고 있다. 그러나 요의 배설량은 변화가 매우 크기 때문에 현장 요 시료채취방법(spot urine sample)을 사용하게 되면 요에 함유되어 있는 오염물질(외인성 혹은 내인성)의 농도에 영향을 주게 된다. 즉 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.⁵⁾

요에 함유되어 있는 물의 양에 의하여 요에 함유된 오염물질의 농도변화는 요 배설율(UER, urinary excretion rate)을 사용하여 보정할 수 있다. 그러나 요 배설율(UER)을 산출하기 위해서는 방광에 요를 채취하기 시작하는 시점에 방광의 빈 공간크기(void volume)와 현재 방광의 빈 공간크기를 측정해야 하는 어려움이 있기 때문에, 요 배설율(UER)의 보정방법은 어렵거나 또는 많은 인구를 대상으로 하는 역학연구에서는 사용하기 어렵다.⁶⁾

한번 채취한 요 시료(spot urine sample)를 사용하여 오염물질의 노출을 평가할 경우에, 요 중 대사물질의 희석 또는 농축을 보정하는 방법으로 일반적으로 요중 크레아티닌 농도, 요 비중 그리고 삼투력 등을 사용하고 있는데, 이 중에서 요중 크레아티닌 농도를 가장 많이 사용하고 있다. 많은 연구에서 보정하지 않은 요중 대사물질 보다는 요중 크레아티닌으로 보정된 대사물질의 농도가 혈액, 혈청, 혈장 중에 함유된 노출물질(parent chemicals)의 농도와 상관관계를 가지고 있다고 보고하고 있다.⁷⁻¹⁰⁾

대사물질(오염물질)의 요중 크레아티닌-보정 농도값은

요중 농도값(micrograms analyte per liter urine)을 크레아티닌 농도값(grams creatinine per liter urine)으로 나누어주기 때문에, 크레아티닌 농도가 지나치게 높거나 낮으면 크레아티닌-보정 농도값은 큰 영향을 받게 된다. 따라서 세계보건기구(WHO, world health organization)에서는 요중 크레아티닌 농도가 30 mg/dl~300 mg/dl 범위일 경우에 보정에 사용할 수 있는 유효 농도범위라고 권고하였고,¹¹⁾ 미국에서도 이 농도범위를 채택하여 작업장 근로자들의 생체모니터링에 적용하고 있다.¹²⁾ 또한 미국 교통부(US Dept. of Transportation)에서 약물남용에 대한 생체모니터링할 경우에 요중 크레아티닌 농도가 20 mg/dl 이하인 경우에 요 시료를 다시 채취하여 사용해야 한다는 규정에 대하여 Barbanel 등¹³⁾은 크레아티닌 농도가 5~20 mg/dl 범위이고 비중이 1.001~1.020이면 유효한 농도로 사용할 수 있다는 연구결과를 제시하였다.

우리나라에서도 다양한 생체모니터링 사업에서 요중 대사물질(오염물질) 농도에 대하여 보정값을 제시하고 있지만, 우리나라 요중 크레아티닌 농도의 유효범위에 대한 권고치나 기준치가 설정되어 있지 않기 때문에 연구자에 의하여 사용하는 유효 크레아티닌 농도가 다르며, 참고농도로 활용할 수 있는 우리나라 정상인의 요중 크레아티닌 농도에 대한 연구도 매우 미미한 실정이다. 특히 정상인의 요중 크레아티닌 농도는 성별과 나이에 의하여 크게 달라질 뿐만 아니라, 인종에 따라서도 큰 차이를 보인다고 보고되고 있어서,⁵⁾ 우리나라 국민들의 요중 크레아티닌에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 정상인들의 요중 크레아티닌 농도변화와 성별 및 연령의 연관성에 대하여 연구하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 2009년 4월부터 9월까지 식품의약품안전청/식품의약품안전평가원의 지원을 받아 수행한 “유해물질 인체영향”(과제번호: 09182유해물 607)에 참여한 20세 이상의 남녀에서 수집한 소변을 시료로 사용하였다.

연구대상자의 층화는 조사구의 정보특성을 바탕으로 16개 시도의 행정구역에 의하여 1차 층화하였고, 아파트와 일반주택 조사구를 구분하고 동부와 읍면부로 나누어 2차 층화하였으며, 이를 통하여 36개 층을 만들었다. 총 100개의 표본 조사구를 36개 층에 제곱근비례 배분법으로 배분하였으며, 각 표본조사구에서 약 20명의 성인 남녀를 대상으로 참여하도록 하였다.

2. 생체시료(요) 채취

대상자가 요컵(urine cup)을 사용하여 요를 받아오면, 생체시료(요)를 냉장상태(4°C 이하)로 24시간 이내에 실험실로 운반하여 약 0.5 ml를 분취한 이후에 분석시료로 활용하였다.

3. 요 크레아티닌 농도 분석

요중 크레아티닌의 농도는 Jaffe 법으로¹⁴⁾ 측정하였으며, 자동분석기기인 HITACHI 7600을 사용하였고, 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 성인의 신장과 체중을 이용하여 지방의 양을 추정하는 공식으로 체지방을 및 건강위험도를 반영하는 지표라고 할 수 있다. 체질량지수는 계산방법과 각 체질량지수(BMI)레벨의 의미는 다음과 같다.¹⁵⁾

$BMI = \frac{\text{weight}(kg)}{\text{height}(m) \times \text{height}(m)}$	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

4. 통계분석

본 연구에서 수집된 자료의 통계분석에서는 PC SAS 9.1을 사용하였다. 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.

III. 연구결과

1. 참여자의 성, 연령, 체질량지수(BMI)의 특성

본 연구의 참여자는 총 2,156명으로 연령, 성별 및 BMI 레벨별 분포는 Table 1과 같다. 성별로는 남자가 887명(41.6%), 여자가 1,259명(58.4%)이었다. 연령별로 구분하면, 20대가 293명(13.6%), 60대 이상이 384명(17.8%)으로 서로 비슷한 규모로 구성되어 있고, 30대가 474명(22.0%), 40대가 518명(24.0%), 50대가 487명(22.6%)으로 서로 비슷한 규모로 구성되어 있다.

체질량지수의 분포는 정상체중으로 분류된 사람이 전체 대상자의 60.4%였고 그 다음이 과체중(24.8%) 저체중(11.6%)이었고 비만으로 분류된 사람은 3.1%를 나타냈다. BMI의 성별 구성비는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.001). 체질량지수 분포는 저체중이나 정상체중으로 분류된 여성은 각각 70.1%와 60.4%로 남성에 비해 매우 높은 비율을 보였고, 과체중은 남녀가 비슷한 비율을 보였으나, 비만인 경우는 오히려 여성이 남성보다 높은 비율을 나타냈다.

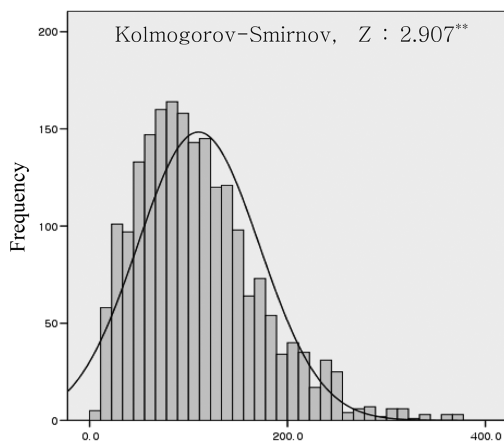
연구 참여자의 연령대별 체질량지수의 분포는 Table 2와 같으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. (p<0.001) 정상체중을 유지하는 사람의 비율이 전연령에서 가장 많았으나(60.34%), 20대는 저체중이 많았고, 연령이 증가할수록 과체중인 사람의 비율이 증가하였다. 즉 20대의 경우 저체중이 25%를 차지하였으나 30대는 저체중과 과체중이 각각 19.2%와 18.78%로 비슷한 비율을 보였고 40대, 50대, 60대는 과체중비율이 각각 28.63%와 27.93%, 32.02%로 연령이 증가할수록

Table 1. Distributions of participants in each gender, age and BMI in this study

Group	Gender		Total (N, %)	χ^2 (p-value)	
	Male (N, %)	Female (N, %)			
Age	20~29	161(54.9)	132(45.1)	293(13.6)	
	30~39	170(35.9)	304(64.1)	474(22.0)	
	40~49	185(35.7)	333(64.3)	518(24.0)	
	50~59	197(40.5)	290(59.5)	487(22.6)	
	60≤	184(47.9)	200(52.1)	384(17.8)	
BMI	Under weight	75(29.9)	176(70.1)	251(11.6)	39.207 (.0010)
	Normal weight	516(39.6)	787(60.4)	1,303(60.4)	
	Over weight	277(51.8)	258(48.2)	535(24.8)	
	Obesity	29(43.3)	38(56.7)	67(3.1)	
Total	897(41.6)	1,259(58.4)	2,156(100.0)		

Table 2. Distributions of participants between BMI and age in this study

Age	BMI (N, %)				Total (N, %)	χ^2 (p-value)
	Underweight	Normal weight	Overweight	Obesity		
20~29	73(24.9)	169(57.7)	40(13.7)	11(3.8)	293(100.0)	140.596 (.000)
30~39	91(19.2)	283(59.7)	89(18.8)	11(2.3)	474(100.0)	
40~49	32(6.2)	324(62.5)	148(28.6)	14(2.7)	518(100.0)	
50~59	31(6.4)	300(61.6)	136(27.9)	20(4.1)	487(100.0)	
60≤	24(6.3)	227(59.1)	122(31.8)	11(2.9)	384(100.0)	
Total	251(11.6)	1,303(60.4)	535(24.8)	67(3.1)	2,156(100.0)	



**p<0.001

N	AM (mg/dl)	SD	GM (mg/dl)	GSD
2,063	109.96	61.54	92.24	1.89

Fig. 1. Distribution of urinary creatinine concentration of participants in this study (AM, arithmetic mean; GM, geometric mean).

체중이 증가하여 과체중의 비율이 증가하였다. 그러나 비만으로 분류된 사람은 전 연령에서 2.32%에서

4.11%로 비슷한 비율을 나타냈다.

2. 요 크레아티닌 농도의 분포

연구 참여자 중에서 크레아티닌을 측정된 유효자료는 2,063명분(95.7%)이었으며, 이들의 요중 크레아티닌의 농도분포는 Fig. 1과 같다. 전체적으로 기하분포를 하고 있었고, 전체 산술평균이 110 mg/dl(SD, 61.54), 전체 기하평균은 92.2 mg/dl(GSD, 1.89)이었다.

3. 성별 연령별 요중 크레아티닌의 농도변화

참여자의 요중 크레아티닌 농도를 성과 연령으로 구분하여 결과는 Table 3과 같고, 연령대별 크레아티닌 농도를 성별로 구분한 결과는 Fig. 2와 같다. 남자의 산술평균 요중 크레아티닌농도는 132.6 mg/dl이고 여자의 산술평균 요중 크레아티닌농도는 93.3 mg/dl로, 남자의 크레아티닌 평균농도는 여자의 크레아티닌 농도에 비해 높았다(p<0.001). 연령별 크레아티닌 농도는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.001). 즉 연령이 증가함에 따라 크레아티닌 농도가 감소하여 60대 이상의 경우 20대 연령대의 크레아티닌 농도의 68% 수준밖에 되지 않았다. 또한 모든 연령대에서 남성의 크레아티닌 농도는 여성의 크레아티닌 농도에 비해 높았으며, 남성의 경우 연령이 증가할수록 크레아티닌 농도

Table 3. Urinary creatinine concentrations in each gender and age group

Subject		N	AM	SD	GM	GSD	Unit : mg/dl
							t or F
Gender	Male	872	132.55	64.69	115.17	1.77	15.113 (p=0.001)
	Female	1,191	93.31	53.37	78.31	1.88	
Age	20~29	274	135.61	73.41	112.06	1.40	16.720 (p=0.001)
	30~39	457	111.84	64.76	92.00	1.39	
	40~49	493	107.26	58.93	90.84	1.39	
	50~59	472	105.29	56.06	90.20	1.37	
	60≤	367	92.73	51.99	78.03	1.80	

AM, arithmetic mean; GM, geometric mean

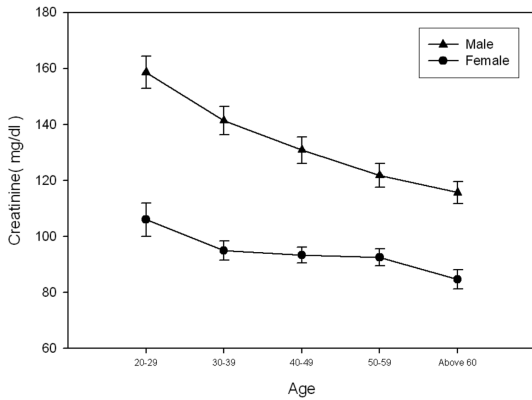


Fig. 2. Changes of urinary creatinine concentrations (AM±SD) in each gender by age groups.

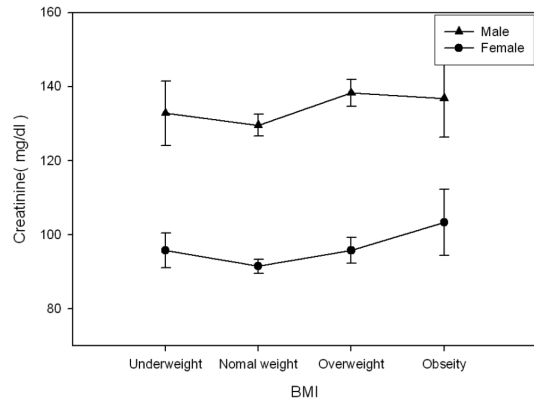


Fig. 3. Changes of urinary creatinine concentrations (AM±SD) in genders by BMI levels.

Table 4. Urinary creatinine concentrations in each BMI level

BMI	N	AM	SD	GM	GSD	F (p-value)
Underweight	237	107.03	66.94	86.02	2.04	
Normal weight	1,238	106.80	60.75	89.36	1.89	4.519
Overweight	515	117.90	60.97	101.30	1.80	(0.000)
Obesity	66	118.04	57.50	102.58	1.80	

AM, arithmetic mean; GM, geometric mean

의 감소폭이 여성에 비해 더 컸다(Fig. 2).

4. 체질량지수(BMI) 수준별 요중 크레아티닌 농도

참여자의 체질량지수(BMI) 수준에 따른 요중 크레아티닌 농도는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. (p<0.001, Table 4). 체질량지수(BMI)가 과체중과 비만으로 평가된 주민들의 요중 크레아티닌 농도는 (AM) 다른 집단보다 다소 높은 수준으로 나타났다. 이러한 경향은 요중 크레아티닌 농도를 체질량지수(BMI)와 성별로 구분하여 분석한 결과인 Fig. 3에서도 비슷한 경향을 보여주고 있다.

IV. 고 찰

개인시료가 개별 노출치를 가장 근접하게 추정할 수 있는 방법임으로¹⁵⁾ 일반 주민이나 작업장에서 일하고 있는 근로자들에게 유해물질의 노출정도를 평가하기 위해서 생체모니터링을 수행하고 있다.

요중 크레아티닌은 사구체의 여과를 통하여 약 80%가 배설되고, 세뇨관을 통하여 약 20% 정도가 배설되며, 그 배설량이 비교적 일정하다.¹⁶⁾ 그러나 요중으로

배설되는 크레아티닌 농도의 정상범위에 대해서 많은 논란이 있다. 이것은 크레아티닌의 배설량이 인체의 근육정도, 섭취하는 육류, 건강보조식품 등에 의하여 영향을 받기 때문이다.^{5,16)} 특히 인체의 근육정도에 의하여 영향을 받기 때문에 성별에 따라 다르고, 연령에 따라 크게 달라질 수 있다. 일반적으로 남자가 여자보다 근육량이 많기 때문에 요중 크레아티닌 농도도 남자가 여자보다 높을 것으로 기대할 수 있다. 본 연구에서도 남자의 산술평균 요중 크레아티닌농도가 132.6 mg/dl이고 여자의 산술평균 요중 크레아티닌농도가 93.3 mg/dl으로, 요중 크레아티닌 농도가 여자에 비해 남자에서 통계적으로 유의한 차이로 높게 나타났다(p<0.001). 미국 질병관리센터(CDC)에서 실시한 제 3차 미국 국민건강영양조사(NHANES III, the Third National Health and Nutrition Examination Survey)의 결과에 따르면,¹⁷⁾ non-Hispanic black의 요중 크레아티닌 농도가 남자에서 181.9 md/dl, 여자에서 151 md/dl이었고, Maxican American의 요중 크레아티닌 농도는 남자에서 147.2 md/dl, 여자에서 117.6 md/dl으로 나타나서 우리나라와 비슷한 경향을 보여주고 있다. 그러나 남자와 여자 모두에서 요중 크레아티닌 농도가 미국인들보다 낮게 나타

났다. 이것은 식습관 차이에 의하여 나타난 결과라고 생각한다. 즉 미국인들은 주로 육류를 많이 섭취하는 반면에 한국인들은 채소를 많이 섭취하기 때문에 육류에 함유되어 있던 크레아티닌이 대사된 이후에 요중 크레아티닌으로 배설되는 양에 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다.

또한 제 3차 미국 국민건강영양조사(NHANES III)¹⁾에서 요중 크레아티닌 농도가 20대에서 135.61 mg/d로 가장 높게 나타났고, 연령이 증가함에 따라 감소하여 60대 이상에서는 92.73 mg/d로 나타나서, 미국의 결과와 동일하였다. 이것은 한국과 미국의 젊은 층(20대) 사람들이 장년층이나 노년층에 비하여 근육량이 많고, 연령이 증가함에 따라 근육량이 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

이와같이 요중 크레아티닌 농도는 성별, 연령, 인종에 따라 달라질 수 있기 때문에 동일한 농도범위를 가지고 모든 인구집단을 적용하는 것은 문제가 있다. Mage 등¹⁷⁾도 요중 크레아티닌 농도를 가지고 요중 대사물질의 농도를 보정할 경우에 대상자를 어린이집단, 청년집단, 장년집단으로 구분하고, 그 집단에 적합한 농도범위를 적용하는 것이 적합하다고 권고하고 있다.

미국 교통부 규정(49 code of Federal Regulation Part 40)에서는 검체(specimen)의 크레아티닌 농도가 20 mg/d 이하인 경우에는 반드시 비중을 측정하도록 규정하고 있다. 그리고 이 검체들 중에서 크레아티닌 농도가 2~20 mg/d이고 비중이 1.0010~1.0030이면 검체를 사용할 수 있으나, 크레아티닌 농도가 2 mg/d 이하이면서 비중이 1.0010 이하 또는 1.0200 이상이면 새로운 검체로 다시 측정할 것을 권고하고 있다.^{13,18)}

요중 크레아티닌 농도에 영향을 주는 또 다른 요인은 체질량지수(BMI)이다.⁶⁾ 체질량지수(BMI)는 신장의 체곱값에 대한 체중의 비율이다. 체중은 뼈를 이루는 무기질과 물 그리고 에너지원인 지방, 단백질 및 글리코겐으로 구성되어 있으며, 이는 체지방성분과 비체지방성분으로 구분할 수 있다. BMI의 증가는 비체지방성분인 근육량의 증가와도 관계가 있으나, 체지방의 증가와 더 높은 상관관계를 보임으로 체질량지수(BMI)는 지방의 양을 나타내는 지표라고 볼 수 있다.¹⁹⁾ 20-30대에는 40대 이후 연령에 비해 상대적으로 저체중인 사람의 비율이 많았으나, 연령이 증가함에 따라 통계적으로 유의한 수준으로 과체중과 비만인 사람의 비율이 증가하였다. 체질량지수(BMI) 수준별로 크레아티닌 농도를 분석한 결과(Table 4) 과체중과 비만으로 평가된 주민들의 요중 크레아티닌 농도가 정상과 저체중으로 평가된 주민들보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다

($p=0.000$). 이것은 과체중과 비만의 원인이 되는 육류등의 식품을 다량 섭취한 것과 밀접한 관계를 지니고 있기 때문이라고 생각된다.²⁰⁾ 김²¹⁾은 우리나라 주부들의 식습관과 체질량지수(BMI)가 밀접한 상관관계가 있다고 보고하였다. 따라서 요중 크레아티닌 농도와 체질량지수(BMI) 및 식습관 사이의 관계에 대하여 한층 더 깊은 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구결과를 통하여 외국에서 사용하고 있는 요중 크레아티닌 농도범위를 우리나라 생체모니터링의 요 시료 대사물질 농도보정에 그대로 사용하는 것은 문제점이 많은 것으로 나타났다. 우리나라에서 다양한 형태의 사업에서 요 시료를 활용하여 생체모니터링을 수행하고 있는 현 시점에서 우리나라에 국민에게 적합한 요중 크레아티닌 농도의 유효범위를 도출하는 연구가 하루 빨리 진행되어야 한다고 생각한다.

V. 결 론

우리나라 전 국민을 대상으로 자발적으로 참여한 2,156명의 성인들(20세 이상)로부터 요 시료를 채취하여 요중 크레아티닌 농도를 분석하고, 이들 중에서 유효시료(2,056)의 분석결과를 통계 처리하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

참가자의 성비는 남자가 41.6%이고, 여자가 58.4%이었고, 연령별 구성비는 20대가 13.6%, 60대 이상이 17.8%로 비슷하였고, 30대가 22.0%, 40대가 24.0%, 50대가 22.6%로 약간 많았다. 또한 체질량지수(BMI)에서 저체중으로 평가된 참가자의 비율이 20대에서 25%, 30대에서 19.2%이었지만, 40대 이상에서는 6.2~6.4%로 매우 낮게 나타났다. 한편 과체중으로 평가된 참가자의 비율은 20대에서 13.7%, 30대에서 18.8%, 40대에서 28.6%, 50대에서 27.9%, 60대 이상에서 32.0%로 연령이 증가함에 따라 높은 비율로 증가하는 경향으로 나타났다($p<0.001$).

참가자의 유효시료(2,063명)에서 요중 크레아티닌 농도는 전체 산술평균이 110 mg/d이었고, 전체 기하평균은 92.2 mg/d이었다. 요중 크레아티닌농도의 평균 농도는 여자(93.3 mg/d)에 비하여 남자(132.6 mg/d)가 통계적으로 유의한 차이로 높았다($p<0.001$). 요중 크레아티닌 농도는 20대에서 135.6 mg/d(AM)으로 가장 높았고, 연령이 증가함에 따라 크레아티닌 농도가 감소하는 경향이 나타났으며, 이런 경향은 남녀 모두에게서 비슷하게 나타났다. 체질량지수(BMI)에서 과체중과 비만으로 평가된 주민들의 요중 크레아티닌 농도가 각각 117.9 mg/d와 118.0 mg/d로 나타나서 다

른 연령군보다 통계적으로 유의한 차이로 높게 나타났다($p < 0.001$). 그리고 이러한 경향은 남녀 모두에게서 비슷하게 나타났다.

본 연구결과를 통하여 요중 크레아티닌 농도는 성, 연령, BMI에 의하여 매우 크게 영향을 받는 것으로 나타났고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 생체모니터링에서 요에서 분석된 대사물질을 요중 크레아티닌 농도로 보정할 경우에는 이러한 변수를 고려해야 한다.

감사의 글

본 연구는 식품의약품안전청/식품의약품안전평가원의 지원을 받아 수행하였으며, “유해물질 인체영향”의 단위과제에 해당되는 ‘과제번호: 09182유해물 607’ 연구임.

참고문헌

1. CDC : NHANES(National Health and Nutrition Examination Survey), Available from <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes.htm>, Accessed May 20, 2010.
2. Umwelt Bundes Amt; German Environmental Survey (GerES): Available from <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/survey/index.htm>, Accessed May 20, 2010.
3. Ministry of Health and Welfare Korea, National Health Promotion Law, 2010.
4. Ministry of Environment Korea, Environmental Health Law, Article 14, 2010.
5. Barr, D. B., Wilder, L. C., Caudill, S. P., Gonzalez, A. J., Needham, L. L. and Pirkle, J. L. : Urinary creatinine concentrations in the US population: Implications for urinary biologic monitoring measurements. *Environmental Health Perspectives*, **113**(2), 192-200, 2005.
6. Boeniger, M. F., Lowry, L. K. and Rosenberg, J. : Interpretation of urine results used to assess chemical exposure with emphasis on creatinine adjustments: a review. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **54**(10), 615-627, 1993.
7. Cline, R. E., Hill, R. H. Jr, Phillips, D. L. and Needham, L. L. : Pentachlorophenol measurements in body fluids of people in log homes and workplaces. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **18**(4), 475-481, 1989.
8. Hill, R. H. Jr, Ashley, D. L., Head, S. L., Needham, L. L. and Pirkle, J. L. : p-Dichlorobenzene exposure among 1,000 adults in the United States. *Epidemiology*, **6**(2), 281, 1995.
9. Shealy, D. B., Barr, J. R., Ashley, D. L., Patterson, D. G. Jr, Camann, D. E. and Bond, A. E. : Correlation of

environmental carbaryl measurements with serum and urinary 1-naphthol measurements in a farmer applicator and his family. *Environmental Health Perspect*, **105**(5), 510-513, 1997.

10. To-Figueras, J., Sala, M., Otero, R., Barrot, C., Santiago-Silva, M. and Rodamilans, M. : Metabolism of hexachlorobenzene in humans: association between serum levels and urinary metabolites in a highly exposed population. *Environmental Health Perspect*, **105**(1), 78-83, 1997.
11. WHO : Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace. Vol. 1. Geneva: World Health Organization, 1996.
12. Lauwerys, R. R. and Hoet, P. : Industrial chemical exposure: guidelines for biological monitoring. Boca Raton, FL, Lewis Publishers, 1993.
13. Barbanel, C. S., Winkelman, J. W., Fischer, G. A. and King, A. J. : Confirmation of the Department of Transportation criteria for a substituted urine specimen. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **44**(5), 407-416, 2002.
14. Lee, K. N. and Lee, C. S. : Clinical pathology file. EUIHAK-MUNWHASA. Seoul, Korea, 77-78, 1990.
15. Maité, G. O., Gilles, T., Elie, A., Antoine, C., Arnaud de, L., Christine, C., Laurent, M., Marie, T., Franois, V., Yves, C. and Jean-Franois, T. : Body mass index. *Intensive Care Medicine*, **30**(3), 437-434, 2004.
16. Park, J. H. : Exposure assessment of biological agents in indoor environments. *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, **35**(4), 239-248, 2009.
17. Mage, D. T., Allen, R. H., Gandy, G., Smith, W., Barr, D. B. and Needham, L. L. : Estimating pesticide dose from urinary pesticide concentration data by creatinine correction in the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES-III). *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, **14**, 457-465, 2004.
18. US DOT; 49 code of Federal Regulation Part 40 : Subpart F - Drug Testing laboratories (§40.91 What validity tests must laboratories conduct on primary specimens? and §40.93 What criteria do laboratories use to establish that a specimens dilute or substituted), US, Department of Transportation, 2004.
19. WHO : Physical status: the use and interpretation of anthropometry, Report of a WHO expert committee, World Health Organization, 1-439, 1995.
20. Song, S. H. : Changes of indicators in diet and intake nutrient based on Middle-aged men's body mass index (BMI), Master's dissertation, Pusan National University, Graduate School of Education, 1-52, 2009.
21. Kim, Y. H. : The comparison with lifestyles and diet habits on body mass index for middle age Women's Dongduk Women's University. Graduate School of Obesity Science, 1-50, 2005.