

대학생의 대사증후군 위험요인과 혈청 요산 및 소변 내 산도와의 관련성

이진화¹ · 박현주²

¹가천대학교 학생건강증진연구센터 · 가톨릭대학교 대학원, ²강원대학교 간호학과

Association between Risk Factors of Metabolic Syndrome, Serum Uric Acid, and Urine pH in University Students

Jinhwa Lee¹, Hyunju Park²

¹Researcher, Research Center for Student Health Promotion, Gachon University, Seongnam & Graduate School, The Catholic University of Korea, Seoul; ²Department of Nursing, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

Purpose: A few Korean studies have reported that low urine acidity and hyperuricemia are related to metabolic syndrome. Therefore, we evaluated the relationships between urine pH, serum Uric Acid (UA), and metabolic risk factors in university students. **Methods:** Data were obtained from student health examinations in one university. Participants were 3,412 male and 4,214 female students. Descriptive statistics, t-test, logistic regressions and multiple logistic regression using SPSS version 18.0 were performed. **Results:** No significant relationship was found between metabolic risk factors and urine pH. From the univariate analysis, serum UA was significantly higher in obese (BMI ≥ 25), elevated blood pressure (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85), and higher triglyceride (≥ 150) groups for males and in obese, higher triglyceride and fasting blood sugar (≥ 100), and lower HDL-cholesterol (< 50) groups for females. From the results of multivariate analysis, age, BMI, and triglyceride were significantly related to serum UA in males, BMI and HDL-cholesterol were significantly related to serum UA in females. **Conclusion:** Although there was no significant relationship between urinary pH and metabolic risk factors, significant associations between some of the metabolic risk factors and serum UA were found in the young adult population. Further studies are required to know the exact pathway between serum UA and metabolic syndrome.

Key Words: Serum uric acid; Urine pH; Metabolic syndrome; University students

국문주요어: 혈청 요산, 산도, 대사증후군, 대학생

서 론

1. 연구의 필요성

대사증후군은 복부비만, 인슐린 저항(insulin resistance), 고혈압, 지질대사이상, 혈당이상의 위험요인 5가지 중 3가지 이상이 복합적으로 나타나는 질환군으로 정의된다(Eckel, Grundy, & Zimmet, 2005). 이러한 대사증후군은 전 세계적으로 증가추세를 보이고 있

는데, 미국의 경우 20세 이상 성인에서 대사증후군 유병률이 1988년 23.1%, 2000년 26.7%, 2006년에는 약 34%로 나타나 지속적으로 증가 추세를 확인할 수 있으며(Ford, Giles, & Mokdad, 2004; Ervin, 2009), 우리나라 역시 예외가 아니다. 즉, 1998년 국민건강영양조사 자료 분석결과 20세 이상 성인의 대사증후군 유병률은 남자에서 20.1%, 여자에서 23.9%로 나타났으며(Park et al., 2003), 2005년 자료 분석 결과에서는 남성 29.0%, 여성 27.4%로 조사되어 꾸준히 증가하

Corresponding author: Hyunju Park

Department of Nursing, Kangwon National University, 1 Daehakgil, Chuncheon 200-701, Korea
Tel: +82-33-250-8879 Fax: +82-33-242-8840 E-mail: hpark@kangwon.ac.kr

투고일: 2013년 10월 20일 심사완료일: 2013년 10월 21일 게재확정일: 2013년 11월 18일

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.

고 있는 것을 알 수 있다(Lee, 2008).

한편, 대사증후군의 증가와 더불어 신결석(kidney stone)도 함께 증가하는 것으로 알려지면서 이에 대한 관심이 증가하고 있다(Stamatelou, Francis, Jones, Nyberg, & Curhan, 2003). 대사증후군과 신결석과의 관련성은 아직 그 기전이 확실히 밝혀진 것은 아니지만, 대사증후군의 발생기전으로 유력한 복부비만과 인슐린 저항이(Stewart, 2008) 신결석의 발생에 영향을 미치는 것으로 추정하고 있다(Maalouf, Cameron, Moe, Adams-Huet, & Sakhaee, 2007). 즉, 인슐린은 콩팥에서 L-glutamine으로부터 암모늄(NH₄)을 생성하도록 하는데, 암모늄은 소변의 산-염기 조절 완충제로 중요한 역할을 한다. 인슐린 저항이 증가하면 소변 내 암모늄이 감소하며, 세뇨관에서 나트륨 이온(Na⁺)과 수소 이온(H⁺)의 교환에 장애가 발생하여 소변이 산성화되고, 산성화된 소변으로 인해 소변 내 요산의 불용성이 증가하여 요산결석을 형성한다는 것이다(Abate, Chandalia, Cabo-Chan, Moe, & Sakhee, 2004). 따라서 인슐린 저항과 소변 내 산도가 음의 상관관계가 있는 것으로 보고되면서(Maalouf et al., 2007; Otsuki et al., 2011), 소변의 산성화가 대사증후군과 관련이 있음을 추정할 수 있다.

또한 혈청 내 요산 농도 역시 대사증후군과의 관련이 있는 것으로 보고되었다(Feig, Kaing, & Johnson, 2008; Liu, Chang, & Chen, 2010). 통풍(gout)을 일으키는 것으로 잘 알려진 혈청 요산은 퓨린의 최종 대사산물이다(Alvarez-Lario & Macarron-Vincente, 2010). 요산은 간에서 생성되고, 대부분 콩팥으로 배설되기 때문에, 혈청 요산의 농도는 간과 콩팥에서의 대사에 따라 결정된다. 혈청 요산과 대사증후군과의 관련성 역시 인슐린 저항 때문인 것으로 추정되는데, 인슐린 저항이 증가하면 소변이 산성화되고, 산성화된 소변에서는 요산의 불용성이 증가하여 콩팥에서의 요산 배출이 감소하므로 혈청 요산의 농도가 증가하는 것으로 추정된다(de Oliveria & Burini, 2012).

소변 내 산도 및 혈청 요산과 대사증후군 위험요인과의 관련성에 관한 외국의 연구는 비교적 많이 찾아볼 수 있으나(Fernandez, Fuller, Al-Bareeq, Nott, & Razvi, 2013; Hara et al., 2012; Maalouf, 2011; Otsuki et al., 2011), 국내 연구는 제한적이다. 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도와의 관련성을 본 연구는 성인 남성을 대상으로 이루어진 3개의 연구가 있으며(Chang et al., 2011; Cho, Jung, Myung, & Kim, 2013; Jung, Yang, & Song, 2009), 혈청 내 요산과 대사증후군 위험요인과의 관련성을 본 연구로는 3개의 연구를 찾을 수 있었다(Hong et al., 2008; Lee, Park, Kim, & Kim, 2009; Yoo et al., 2004). 외국의 연구에서는 청소년에서부터 노인까지 다양한 연령대를 대상으로 연구가 진행되었으나, 이들 국내 연구의 경우 성인 남성이나 혹은 여성을 대상으로 한 연구가 대부분이며, 이들 연구에 포함된 대상자의 연령대는 20대에서 90대까지 넓은 연령층을 대상으로 하여, 평균연령

이 약 40-50대 정도의 비교적 나이가 많은 성인을 대상으로 하고 있다. 따라서 젊은 성인 남녀(young adult)들을 대상으로 한 연구는 찾아볼 수 없다.

또한 아동 및 청소년의 비만이 증가하는 추세이며, 이들 시기에 비만은 성인이 되어서도 지속되는 경향이 있다(Singh, Mulder, Twisk, Van Mechelen, & Chinapaw, 2008). 비만은 대사증후군의 위험요인 중 하나이므로 청소년 비만이 증가함에 따라 젊은 성인에서의 대사증후군 발생위험도 증가하고 있다. 따라서 젊은 성인을 대상으로 한 대사증후군의 예방 및 관리에 관심을 기울여야 하며, 이를 위해서 이들을 대상으로 대사증후군과 관련 있는 다양한 요인들에 관한 연구가 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 대학생 즉, 20대 성인 남녀만을 대상으로 하여 소변 내 산도 및 혈청 요산 농도와 대사증후군 위험요인 간의 관련성을 살펴보았으며, 본 연구 결과는 향후 젊은 성인들의 대사증후군 예방을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 남·녀 대학생의 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도(urine pH) 및 혈청 내 요산(serum uric acid) 농도와의 관련성을 파악하고자 함이다. 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

- 1) 연구 대상자의 남·녀별 일반적 특성, 각 대사증후군 위험요인 수준, 소변 내 산도 및 혈청 내 요산 농도를 파악한다.
- 2) 남·녀 대학생별 각 대사증후군 위험요인 수준이 높은 그룹과 낮은 그룹 사이에 소변 내 산도와 혈청 내 요산 농도의 차이가 있는지 비교한다.
- 3) 남·녀별로 연령과 대사증후군 위험요인 5가지를 모두 고려한 상태에서, 소변 내 산도 및 혈청 내 요산과 대사증후군 위험요인의 관련성을 분석한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 대학생을 대상으로 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도 및 혈청 요산 농도 사이의 관련성을 규명하기 위한 단면적 조사연구로 일 대학 학생 건강검진 결과를 이차 분석 하였다.

2. 연구 대상 및 자료 수집 방법

연구 대상은 경기 지역에 위치한 일 대학에서 2012년에 실시된 건강검진을 완료한 남·녀 대학생이다. 자료의 수집은 2012년 2월부터 9월에 걸쳐 이루어졌으며, 총 7,694명이 건강검진에 응하였다. 이 중

신체계측이나 전체 검진 항목을 완료하지 못한 68명을 제외한 남학생 3,412명, 여학생 4,214명, 총 7,626명의 자료를 최종 분석대상으로 포함하였다.

3. 연구 도구

1) 일반적 특성 및 신체 계측

일반적 특성은 자가 보고형식으로 조사하였으며, 성별, 연령, 학년이 포함되었다.

키와 몸무게는 가벼운 옷을 입은 상태로 신발을 벗고 신장계와 체중계를 이용하여 측정하였다. 키는 0.1 cm, 몸무게는 0.1 kg 단위로 측정하였다. 체질량지수(Body Mass Index, BMI)는 체중(kg)을 키의 제곱(m²)으로 나누어서 구하였다. 혈압은 학생들에게 일반적 특성 및 건강행태에 관한 설문지를 완성하도록 한 후, 자동혈압기를 이용하여 측정하였다.

2) 혈액 및 소변 검사

건강검진 전 심한 운동을 자제하도록 하였고, 가급적 오전에 수검하도록 하였다. 검진 실시 전날 밤 9시부터 금식을 하고 검진 직전까지 공복을 유지하도록 한 상태에서 정맥혈을 채혈하고, 소변을 수집하였다. 소변 내 산도는 US-2100R 검사 장비를 이용하여 측정하였으며, 혈중 요산은 ADVIA 2400 Auto Analyzer 검사 장비를 가지고 Uricase method 원리를 이용하여 분석하였다(Burtis & Ashwood, 1994).

소변 내 산도는 중성 pH 5.5를 기준으로 하였다. 이는 pH 5.5 이하에서 소변 내 요산의 불용성이 증가하여 요산결석의 형성이 증가하기 때문에 이를 기준으로 하여 분석하였다(Sakhac & Maalouf, 2008).

혈청 내 요산 농도의 경우 남자에서는 6.5 mg/dL를 여자에서는 6.0 mg/dL 이상을 고요산혈증으로 분류하여 분석하였다. 이는 Johnson 등(2003)의 연구에서 위 기준치를 기점으로 고혈압, 인슐린 저항성 및 대사증후군과의 관련성이 증가한다고 보고하여 이를 기준으로 하여 분석하였다.

3) 대사증후군 위험 요인

대사증후군 진단 항목은 총 5가지가 있는데, 남자인 경우 허리둘레가 90 cm 이상, 여자인 경우 85 cm 이상이거나, 중성지방이 150 mg/dL 이상 혹은 치료제 복용중이거나, 남자인 경우 HDL-콜레스테롤이 40 mg/dL 이하, 여자인 경우 HDL-콜레스테롤이 50 mg/dL 이하, 혹은 치료제 복용중이거나, 혈압이 130/85 mm/Hg 이상 혹은 고혈압 치료제 복용중이거나, 공복혈당이 100 mg/dL 이상이거나 혹은 제2형 당뇨병 치료제 복용중인 경우이며, 이 중 3개 이상의 항

목이 포함되면 대사증후군으로 진단된다. 따라서 본 연구에서는 대사증후군 위험요인으로 BMI, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당을 포함하여 분석하였다. 본 건강검진에서는 허리둘레를 검진 항목으로 포함하지 않아 BMI로 대체하여 분석하였으며, 성인비만의 기준인 BMI 25 이상을 기준으로 위험군과 정상군으로 분류하였다. 나머지 대사증후군 위험요인은 위에 언급한 기준을 이용하였다.

중성지방은 Enzymatic Colorimetric test 검사 원리를 이용하였고, HDL-콜레스테롤은 Backman Coulter AU 2700 Auto Analyzer 검사 장비를 이용하여 Enzymatic Immuno-inhibition 검사 원리로 검사하였다. 혈압은 자동혈압계를 이용하였고, 공복혈당의 검사는 Olympus AU2700 Auto Analyzer 검사 장비를 이용하여 Hexokinase method로 분석하였다.

4. 자료 수집 절차

본 연구는 경기 지역에 위치한 일 대학의 학생 건강검진 결과와 문진표 자료를 이용하여 이차분석하였다. 이 자료는 본 대학 내 연구윤리위원회의 사전심의(IRB 심의번호: 2012-001)와 학생건강증진 연구센터의 승인을 거쳐 제공받았다. 또한 개인을 식별할 수 있는 이름, 주소, 주민등록번호, 연락처 등의 개인정보는 전혀 포함하고 있지 않다.

5. 자료 분석 방법

수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 분석하였다. 남·녀별 일반적 특성과 대사증후군 위험요인 및 소변 내 산도와 혈청 요산 농도는 기술통계를 사용하여 분석하였고, 각 대사증후군 위험 요인의 수준에 따른 소변 중 산도와 혈중 요산 농도의 차이는 t-test로 분석하였다. 대사증후군 위험 요인의 수준에 따른 소변 중 산도와 혈중 요산 농도의 차이를 파악하기 위해 단변량 및 다변량 로지스틱 분석을 실시하였다. 모든 분석은 남·녀별로 나누어 실시하였으며, 본 연구의 다변량 분석 모델의 다중공선성을 검증한 결과, Variance Inflation Factor (VIF)는 10보다 작고, Tolerance는 0.1 보다 높은 것으로 나타나 적절한 모델로 나타났다.

연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

전체 연구 대상자 중 남학생은 3,412명(44.7%), 여학생은 4,214명(55.3%)으로 총 7,626명이 본 연구에 포함되었다(Table 1). 남학생의 평균 연령은 22.17세(SD 2.95), 여학생은 21.35세(SD 2.03)였고, 1학년

Table 1. Descriptive Statistics

(N = 7,626)

Variables	Total (n = 7,626)	Male (n = 3,412)	Female (n = 4,214)	min.	max.
	M ± SD	M ± SD	M ± SD		
Age (yr)	21.72 ± 2.52	22.17 ± 2.95	21.35 ± 2.03	18	29
Grade N (%)					
Freshman	3,466 (45.4)				
Sophomore-Junior	2,310 (30.3)				
Senior	1,850 (24.3)				
Height (cm)	167.46 ± 8.51	174.90 ± 5.47	161.44 ± 5.08	144.2	197.4
Weight (kg)	61.04 ± 11.81	69.29 ± 10.60	54.35 ± 7.86	35	121
BMI (kg/m ²)	21.66 ± 3.04	22.65 ± 3.15	20.86 ± 2.69	14.4	38.0
Systolic BP (mmHg)	117.97 ± 10.65	122.61 ± 9.36	114.21 ± 10.13	80	171
Diastolic BP (mmHg)	74.75 ± 7.58	76.70 ± 7.11	73.16 ± 7.57	45	116
Triglyceride (mg/dL)	73.96 ± 43.41	83.49 ± 52.69	66.24 ± 32.08	16	714
HDL Cholesterol (mg/dL)	61.13 ± 12.36	56.99 ± 11.29	64.47 ± 12.17	20	118
Fasting Blood Sugar (mg/dL)	87.51 ± 9.48	88.78 ± 9.19	86.49 ± 9.58	56	353
Urine pH	6.08 ± 0.31	6.09 ± 0.32	6.08 ± 0.31	5.0	7.7
Uric acid (mg/dL)	5.27 ± 1.35	6.23 ± 1.19	4.49 ± 0.89	0.54	13.32

이 45.4%로 가장 많았다. 남학생의 평균 키는 174.90 cm (SD 5.47), 평균 몸무게는 69.29 kg (SD 10.60), BMI는 22.65 (SD 3.15)이었고, 여학생의 평균 키는 161.44 cm (SD 5.08), 평균 몸무게는 54.35 kg (SD 7.86), BMI는 20.86 (SD 2.69)으로 조사되었다. 남학생의 평균 수축기 혈압은 122.61 mmHg (SD 9.36), 이완기 혈압은 76.70 mmHg (SD 7.11)이었고, 여학생의 평균 수축기 혈압은 114.21 mmHg (SD 10.13), 이완기 혈압은 73.16 mmHg (SD 7.57)이었다. 중성지방은 남학생이 83.49 mg/dL (SD 52.69), 여학생이 66.24 mg/dL (SD 32.08)이었고, HDL-콜레스테롤은 남학생이 56.99 mg/dL (SD 11.29), 여학생이 64.47 mg/dL (SD 12.17)이었다. 공복혈당은 남학생이 88.78 mg/dL (SD 9.19), 여학생이 86.49 mg/dL (SD 9.58)이었다. 남학생의 소변 내 산도의 평균은 6.09 (SD 0.32), 혈중 요산 농도는 6.23 mg/dL (SD 1.19)이었고, 여학생의 소변 내 산도의 평균은 6.08 (SD 0.31), 혈중 요산 농도는 4.49 (SD 0.89)이었다(Table 1).

2. 성별 대사증후군 위험 요인 수준에 따른 소변 내 산도 및 혈중 요산 농도

남녀 모두 대사증후군 위험 요인 수준에 따른 소변 내 산도는 모든 변수(BMI, 수축기 및 이완기혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당)에서 유의한 차이가 없었다(Table 2).

대사증후군 위험 요인 수준에 따른 혈중 요산 농도는 남학생에서는 HDL-콜레스테롤을 제외하고, 여학생에서는 공복혈당과 이완기혈압을 제외한 모든 대사증후군 위험요인에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉, 남학생의 경우, BMI가 25 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 6.77 mg/dL (SD 1.26), BMI가 25 미만인 그룹에서 6.10

mg/dL (SD 1.13)로 유의한 차이가 있었다($p < .001$). 수축기 혈압이 130 mmHg 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 6.30 mg/dL (SD 1.22), 130 mmHg 미만인 그룹에서 6.20 mg/dL (SD 1.18)로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 이완기 혈압이 85 mmHg 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 6.39 mg/dL (SD 1.25), 85 mmHg 미만인 그룹에서 6.21 mg/dL (SD 1.18)로 유의한 차이가 있었다($p < .01$). 중성지방이 150 mg/dL 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 6.80 mg/dL (SD 1.32), 150 mg/dL 미만인 그룹에서 6.18 mg/dL (SD 1.16)로 유의한 차이가 있었고($p < .001$), HDL-콜레스테롤은 그룹 간 유의한 차이가 없었다. 공복혈당이 100 mg/dL 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 6.51 mg/dL (SD 1.29), 100 mg/dL 미만인 그룹에서 6.21 mg/dL (SD 1.18)로 유의한 차이가 있었다($p < .001$).

여학생의 경우, BMI가 25 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 5.06 mg/dL (SD 1.00), BMI가 25 미만인 그룹에서 4.45 mg/dL (SD 0.86)로 유의한 차이가 있었다($p < .001$). 수축기 혈압이 130 mmHg 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 4.65 mg/dL (SD 0.86), 130 mmHg 미만인 그룹에서 4.48 mg/dL (SD 0.89)로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 이완기 혈압은 그룹 간 혈중 요산 농도에 유의한 차이가 없었다. 중성지방이 150 mg/dL 이상인 그룹에서 혈중 요산 농도는 4.77 mg/dL (SD 1.26), 150 mg/dL 미만인 그룹에서 4.48 mg/dL (SD 0.88)로 유의한 차이가 있었고($p < .05$), HDL-콜레스테롤이 50 mg/dL 미만인 그룹에서 혈중 요산 농도는 4.71 mg/dL (SD 1.09), 50 mg/dL 이상인 그룹에서 4.47 mg/dL (SD 0.86)로 유의한 차이가 있었다($p < .001$). 공복혈당은 그룹 간 혈중 요산 농도에 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Urine pH and serum Uric acid by Gender and Metabolism Risk Factor

(N = 7,626)

Variables	Urine pH				Uric acid			
	Male		Female		Male		Female	
	M±SD	t	M±SD	t	M±SD	t	M±SD	t
BMI								
< 25	6.09±0.32	0.49	6.08±0.31	-0.91	6.10±1.13	-12.30***	4.45±0.86	-10.41***
≥ 25	6.08±0.30		6.10±0.35		6.77±1.26		5.06±1.00	
Systolic BP								
< 130	6.10±0.32	2.60	6.08±3.01	-1.12	6.20±1.18	-2.22*	4.48±0.89	-3.31**
≥ 130	6.07±0.29		6.10±0.33		6.30±1.22		4.65±0.86	
Diastolic BP								
< 85	6.09±0.32	1.79	6.08±0.31	1.06	6.21±1.18	-2.60**	4.49±0.89	-1.38
≥ 85	6.06±0.28		6.06±0.27		6.39±1.25		4.57±0.83	
Triglyceride								
< 150	6.09±0.31	-0.22	6.08±0.31	-0.17	6.18±1.16	-7.67***	4.48±0.88	-2.13*
≥ 150	6.09±0.33		6.09±0.31		6.80±1.32		4.77±1.26	
HDL Cholesterol								
≥ 40 (m)/ ≥ 50 (f)	6.09±0.32	0.43	6.08±0.31	-1.24	6.23±1.18	-1.04	4.47±0.86	-4.45***
< 40 (m)/ < 50 (f)	6.08±0.32		6.10±0.35		6.33±1.29		4.71±1.09	
Fasting Blood Sugar								
< 100	6.09±0.31	-0.51	6.08±0.31	-0.18	6.21±1.18	-3.68***	4.49±0.89	-0.87
≥ 100	6.10±0.33		6.09±0.31		6.51±1.29		4.56±0.88	

*p<.05; **p<.01; ***p<.001.

Table 3. Univariate Logistic regression by Gender

Variables	OR (95%CI)			
	Urine pH		serum Uric acid	
	Male	Female	Male	Female
BMI				
< 25	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 25	0.86 (0.49-1.51)	1.00 (0.54-1.88)	2.73 (2.29-3.25)***	6.05 (4.29-8.53)***
Systolic BP				
< 130	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 130	0.82 (0.50-1.35)	0.79 (0.40-1.57)	1.19 (1.02-1.39)*	1.40 (0.86-2.28)
Diastolic BP				
< 85	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 85	1.36 (0.73-2.53)	1.37 (0.75-2.51)	1.30 (1.04-1.62)*	1.06 (0.58-1.92)
Triglyceride				
< 150	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 150	1.25 (0.62-2.53)	0.58 (0.14-2.37)	2.17 (1.70-2.78)***	3.44 (1.83-6.45)***
HDL Cholesterol				
≥ 40 (m)/ ≥ 50 (f)	1.0	1.0	1.0	1.0
< 40 (m)/ < 50 (f)	1.47 (0.59-3.68)	1.18 (0.71-1.95)	1.06 (0.75-1.50)	2.72 (1.91-3.87)***
Fasting Blood Sugar				
< 100	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 100	1.05 (0.45-2.44)	1.19 (0.48-2.96)	1.27 (0.97-1.67)	1.96 (1.01-3.81)*

*p<.05; **p<.01; ***p<.001.

3. 성별 대사증후군 위험 요인 수준과 혈중 요산 농도 및 소변 내 산도의 관련성
 대사증후군 위험요인 수준과 소변 내 산도 및 혈중 요산 농도의

관련성을 살펴보기 위하여 각 대사증후군 위험요인의 수준이 높은 그룹에서 소변 내 산도가 기준치 이하(pH 5.5)로 낮아지거나, 혈중 요산 농도가 기준치 이상으로(남: 6.5 mg/dL, 여: 6.0 mg/dL) 높아

질 가능성(odds ratio)이 있는지를 분석하였다(Table 3).

각각의 대사증후군 위험요인(BMI, 수축기혈압, 이완기혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당)과 소변 내 산도와는 남학생과 여학생 모두 유의한 관계가 없는 것으로 나타났다.

혈중 요산 농도는 남학생의 경우 BMI, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 중성지방이 높은 그룹에서에서, 여학생의 경우 BMI, 중성지방, 공복혈당이 높은 그룹과 HDL-콜레스테롤이 낮은 그룹에서 혈중 요산 농도가 기준치 이상 증가할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 즉, 남학생일 경우, BMI가 25 이상인 그룹이 25 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상일 가능성이 2.73배($p \leq .001$) 높았다. 수축기 혈압이 130 mmHg 이상인 그룹이 130 mmHg 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상일 가능성이 1.19배($p = .05$) 높았고, 이완기 혈압이 85 mmHg 이상인 그룹이 85 mmHg 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상일 가능성이 1.30배($p = .05$) 높았다. 중성지방이 150 mg/dL 이상인 그룹이 150 mg/dL 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.5mg/dL 이상일 가능성이 2.17배($p \leq .001$) 높았다.

여학생의 경우, BMI가 25 이상인 그룹이 25 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 6.05배($p \leq .001$) 높았다. 중성지방이 150 mg/dL 이상인 그룹이 150 mg/dL 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 3.44배($p \leq .001$) 높았고, HDL-콜레스테롤 50 mg/dL 미만인 그룹이 50 mg/dL 이상인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 2.72배($p \leq .001$) 높았다. 공복혈당이 100 mg/dL 이상인 그룹이 100 mg/dL 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 1.96배($p = .05$) 높았다.

.001) 높았다. 공복혈당이 100 mg/dL 이상인 그룹이 100 mg/dL 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 1.96배($p = .05$) 높았다.

4. 연령을 보정한 상태에서 남녀별 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도 및 혈중 요산 농도의 관련성

연령을 보정한 상태에서 남녀별 대사증후군 위험요인 수준이 달라질때 소변 내 산도와 혈중 요산 농도가 기준치 이상으로 올라갈 가능성은 다음과 같다(Table 4). 남학생일 경우 연령이 1살 증가할 때 마다 소변 내 산도가 5.5 이하로 감소할 가능성이 1.14배($p \leq .001$), 여학생일 경우 1.11배($p = .01$)씩 증가하는 것으로 나타났으며, 대사증후군 위험요인(BMI, 수축기혈압, 이완기혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복혈당)의 수준이 달라져도 소변 내 산도가 5.5 이하가 될 가능성에 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

혈중 요산 농도의 경우 남학생에서 연령이 1살 증가할 때마다 혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상으로 증가할 가능성은 1.03배씩 증가하며($p \leq .001$), 여학생일 경우 연령과 혈중 요산 농도가 유의한 관계가 없는 것으로 나타났다. 남학생일 경우 BMI, 중성지방에서 여학생일 경우 BMI, HDL-콜레스테롤에서 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 남학생일 경우, BMI가 25 이상인 그룹이 25 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상일 가능성이 2.53배($p \leq .001$) 높았다. 중성지방이 150 mg/dL 이상인 그룹이 150 mg/dL 미만인 그룹보다

Table 4. Multiple Logistic Regression by Gender

Variables	OR(95%CI)			
	Urine pH		serum Uric acid	
	Male	Female	Male	Female
Age	1.14 (1.06-1.23)***	1.11 (1.03-1.19)**	1.03 (1.01-1.06)**	1.02 (0.95-1.09)
BMI				
< 25	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 25	0.80 (0.45-1.45)	1.03 (0.55-1.95)	2.53 (2.11-3.04)***	5.04 (3.50-7.25)***
Systolic BP				
< 130	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 130	1.01 (0.60-1.69)	0.87 (0.43-1.74)	1.10 (0.94-1.30)	1.00 (0.56-1.68)
Triglyceride				
< 150	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 150	0.97 (0.46-2.08)	0.52 (0.12-2.14)	1.65 (1.26-2.15)***	1.91 (0.95-3.82)
HDL Cholesterol				
≥ 40 (m)/ ≥ 50 (f)	1.0	1.0	1.0	1.0
< 40 (m)/ < 50 (f)	1.45 (0.56-3.77)	1.24 (0.74-2.07)	0.71 (0.49-1.03)	1.92 (1.31-2.81)**
Fasting Blood Sugar				
< 100	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 100	0.99 (0.42-2.30)	1.30 (0.52-3.27)	1.13 (0.85-1.50)	1.45 (0.71-2.97)

** $p < .01$; *** $p < .001$.

혈중 요산 농도가 6.5 mg/dL 이상일 가능성이 1.65배($p \leq .001$) 높았다. 여학생일 경우, BMI가 25 이상인 그룹이 25 미만인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 5.04배($p \leq .001$) 높았다. HDL-콜레스테롤 50 mg/dL 미만인 그룹이 50 mg/dL 이상인 그룹보다 혈중 요산 농도가 6.0 mg/dL 이상일 가능성이 1.92배($p \leq .001$) 높았다.

논 의

본 연구는 초기 성인기 인구(young adult)를 대상으로 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도 및 혈청 요산 농도와의 관련성이 있는지 파악하고자 2012년도에 실시된 일 대학 학생 건강검진 자료를 분석하였으며, 그 결과 남학생과 여학생 모두에서 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도와의 관련성을 찾을 수 없었으나, 일부 대사증후군 위험요인과 혈청 내 요산 농도 사이에 유의한 관련성이 있음을 발견하였다.

소변 내 산도는 남학생 평균 6.09, 여학생 평균 6.08로 조사되었다. 초기 성인기에 해당하는 연령대 대상자들의 소변 내 산도를 직접 비교할 수 있는 선행연구는 찾기 어려웠으나, 일 건강검진센터에서 건강검진을 실시한 18세 이상의 대사증후군이 없는 한국 남성 13,526명을 대상으로 한 연구에서 보고된 소변 내 산도의 평균 6.07과 비슷한 수준이었다(Jung et al., 2009). 또한 대사증후군이 없는 우리나라 성인 남성 3,257명의 소변 내 산도 평균인 5.87 (Chang et al., 2011)이나, 일본의 한 건강검진센터에서 수집한 성인 남성의 평균 5.6, 여성의 평균 5.7 (Hara et al., 2012) 보다는 높은 수준임을 알 수 있다. 위에 언급된 선행연구에 포함된 대상자와 본 연구에 포함된 대상자들은 연령이나 측정 시점 등이 달라 직접적인 비교는 어려우나, 위에 언급된 선행연구에 포함된 대상자들은 평균 연령이 40-50대 정도인 점을 고려한다면, 본 연구의 대상자들은 초기 성인기에 해당하는 비교적 건강한 인구이므로 소변 내 산도 역시 산성화가 진행되지 않아 비교적 정상치의 범위에 있음을 알 수 있다. 본 연구 결과 혈청 내 요산 농도는 남학생 평균 6.23 mg/dL, 여학생 평균 4.49 mg/dL로 나타났다. 이는 1985년부터 2005년까지 건강검진센터에서 검진을 받은 일본 성인 남성과 여성의 평균인 5.9 mg/dL, 4.2 mg/dL 보다 약간 높은 수치이며(Hara et al., 2012), 또한 2006년 대구가톨릭 대학병원에서 검진을 받은 성인 남성과 여성의 평균인 5.83 mg/dL, 4.08 mg/dL (Hong et al., 2008)와 2002년 강북삼성병원에서 검진 받은 성인 남성과 여성의 평균인 6.0 mg/dL, 4.1 mg/dL (Yoo et al., 2004) 보다 약간 높은 수치임을 알 수 있다. 물론 선행연구에 포함된 대상자와 본 연구 대상자는 연령대가 다르기 때문에 직접 비교는 어렵지만, 본 연구의 대상자는 10대 후반과 20대의 초기 성인기에 해당

하며, 위에 언급된 선행연구에 포함된 대상자들의 평균 연령은 40대 이상이므로 이를 감안할 때 본 연구에 포함된 대상자들이 비교적 젊은 연령임에도 불구하고 평균 혈청 내 요산 농도가 남녀 모두에서 약간 높다는 점을 알 수 있다. 선행연구와 비교하여 본 연구에 포함된 대상자들은 보다 젊은 세대로 서구화된 식습관으로 인해 육류 섭취가 증가하고 이에 따라 퓨린의 대사 산물인 요산이 증가했을 가능성도 배제할 수 없으나, 이에 대한 객관적인 자료가 없으므로 그 원인을 확실히 추정하기는 어렵다. 따라서 향후 이에 관한 연구가 필요함을 시사한다.

각각의 대사증후군 위험요인 유무별 소변 내 산도의 평균 차이를 비교해 본 결과, 남학생과 여학생 모두에서 비만, 수축기 및 이완기 혈압, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 공복 혈당이 높은 그룹이나 낮은 그룹에서 소변 내 산도의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 소변 내 산도를 기준치인 5.5 이하와 초과로 구분하여 각각의 대사증후군 위험요인이 유무에 따른 위험도를 계산한 결과에서도 남학생과 여학생 모두에서 각각의 대사증후군 위험요인을 가지고 있는 것이 소변의 산성화(pH 5.5 이하)의 위험도를 유의하게 증가시킨다는 것을 보여주는데 실패하였다. 이는 대사증후군 위험요인 유무별 소변 내 산도 평균 비교에서도 유의한 차이가 없다는 것과 일치하는 결과이다. 마지막으로 모든 대사증후군 위험요인을 고려하고, 연령을 보정하였을 때, 모든 대사증후군 위험요인과 소변의 산성화 가능성 사이에 유의한 관련성을 찾는데 실패하였으나, 연령이 증가할수록 소변이 산성화될 위험성이 증가하는 것으로 나타났다.

소변 내 산도와 대사증후군의 관련성을 살펴본 국내의 선행연구를 살펴보면, 여성에서 소변 내 산도와 대사증후군의 관련성이 없었다는 Hara 등(2012)의 연구를 제외하고, 많은 연구에서 소변 내 산도와 대사증후군 위험요인 사이에 유의한 관련성을 보고하였다(Cho et al., 2013; Hara et al., 2012; Jung et al., 2009; Maalof et al., 2007; Otsuki et al., 2011). 그러나 위에서 언급한 연구는 비교적 나이가 많은 성인들을 대상으로 한 단면연구이므로, 10대 후반과 20대를 대상으로 한 본 연구의 결과와 직접 비교하는 데에는 무리가 있다. 즉, 대사증후군의 위험요소를 가지고 있는 대상자가 적기 때문에 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도가 유의한 관계를 나타내지 않았을 가능성도 배제할 수 있기 때문이다. 따라서 소변 내 산도 변화와 대사증후군의 관계에 관한 추적 연구와 본 연구를 비교할 필요가 있는데, 이에 관한 선행 연구는 찾기 어려웠다. 대신에, 대사증후군과 소변의 산성화로 인해 발생하는 신결석 사이에 관련성을 전향적으로 살펴본 연구에서 대사증후군을 가진 사람이 6-7년 뒤에 신결석이 발생할 가능성이 유의하게 증가하였음을 보고하였다(Chang et al., 2011). 이와 관련하여 Maalof (2011)는 review paper에서 대사증후

군을 가진 환자가 그렇지 않은 환자보다 소변이 산성화 될 가능성이 높고, 이 상태가 지속되면 신결석으로 이어진다고 제시하였고, 또 다른 연구에서 소변 내 산도가 낮게 유지되는 기간이 오래 지속되어야 결석이 형성된다고 보고하였다(Richette & Bardin, 2010). 따라서 본 연구에서 소변 내 산도와 대사증후군 위험요인 간의 유의한 관계를 찾아내는데 실패한데에는 연구에 포함된 대상자가 비교적 젊은 성인들로 구성되어 있어 대사증후군에 이환되기 이전의 학생들이 대부분이므로 대사증후군으로 인한 소변의 산성화 가능성이 높지 않기 때문에 유의한 관련성을 찾는데 실패했을 가능성을 배제할 수 없다.

대사증후군 위험요인 유무 별 혈중 요산 농도의 평균 비교에서 남성의 경우 비만, 이완기 및 수축기 혈압, 중성지방과 공복혈당이 정상보다 높은 군에서 혈중 요산의 평균이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 여성의 경우는 비만, 수축기혈압, 중성지방이 높은 군에서 혈중 요산의 평균이 유의하게 높았으며, HDL-콜레스테롤은 높은 군에서 혈중 요산의 평균이 유의하게 낮은 것으로 조사되었다. 또한 남성의 경우 혈중 요산 농도 6.5 mg/dL를 기준으로 구분하였을 때, 비만인 그룹과, 수축기혈압, 이완기 혈압, 중성지방이 높은 그룹에서 혈중요산농도가 증가할 위험성이 유의하게 높은 것으로 조사되었고, 여성의 경우 혈중 요산 농도 6.0 mg/dL를 기준으로 구분하였을 때, 비만인 그룹, 중성지방과 공복혈당이 높은 그룹에서 혈중요산농도가 증가할 위험성이 유의하게 높았으며, HDL-콜레스테롤이 낮은 그룹에서 혈중 요산농도가 증가할 위험성이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 따라서 젊은 성인 남녀에서 거의 모든 대사증후군 위험요인과 혈중 요산 농도와의 유의한 관련성을 발견하였다. 이는 기존 연구와도 일치하는 부분이다. 즉, Hara 등(2012)의 연구에서는 남성에서는 공복혈당을 제외한 모든 대사증후군 위험요인이 혈중 요산농도를 사분위수로 나누었을 때 유의하게 다르다고 보고하였고, 여성에서도 이와 비슷한 결과를 보고하였다.

각 성별로 모든 대사증후군 위험요인을 고려하고, 연령을 보정하였을 때, 남성의 경우 연령이 증가할수록, 비만인 그룹일수록, 중성지방이 높을수록 기준치 이상 증가할 확률이 높아졌으며, 여성의 경우는 비만인 그룹에서, 그리고 HDL-콜레스테롤이 낮은 그룹에서 혈청 요산농도가 증가할 확률이 높은 것으로 나타났다. 이는 단변량 분석에서 유의하게 조사되었던 다른 대사증후군 위험요인보다 비만이나 콜레스테롤이 혈중 요산 농도를 보다 잘 설명하는 것으로 생각된다. 또한 남성의 경우 연령이 증가할수록 혈청 요산의 농도가 증가하였으나, 여성에서는 연령이 유의하지 않았는데, 이 역시 선행연구와 일치하는 결과로, 여성의 경우 생애 주기에 따라 혈청 요산 농도가 달라지는데, 가임기 여성과 폐경이후 여성의 경우에

낮아진다고 하는 연구 결과와 본 연구 결과는 일맥상통하는 부분이다(de Oliveira & Burini, 2012).

본 연구 결과 소변 내 산도와는 달리 혈청 요산의 농도와 대사증후군 사이에 유의한 관련성을 찾아볼 수 있었는데, 이와 관련된 선행연구는 다음과 같다. 일본의 남녀 청소년 1,559명을 대상으로 연구한 결과, 남학생의 경우 연령과 대사증후군 위험요인을 모두 고려한 다중 회귀분석 결과, 연령이 증가할수록 혈중 요산도 유의하게 증가하였고, 복부비만도 증가할수록, 중성지방이 높을수록, HDL-콜레스테롤이 낮을수록 혈중 요산농도가 유의하게 증가하였다. 여학생의 경우 연령은 유의하지 않았으며, 복부비만, 중성지방이 증가할수록 혈중 요산농도가 유의하게 증가하였다(Ishro et al., 2013). 이는 본 연구와 유사한 결과이며, 이들보다 연령이 어린 6-18세의 어린이 및 청소년 대상의 연구에서 혈중 요산 농도의 증가가 고혈압보다 앞선다는 연구결과를 보고하였고(Feig & John, 2003), 또한 한 리뷰 논문에서도 혈중 요산 농도가 증가하는 것이 대사증후군의 발병보다 앞선다고 기술하였다(Richette & Perez-Ruiz, 2013). 따라서 혈중 요산 농도의 증가가 대사증후군의 발생보다 앞서기 때문에 대사증후군에 이환되기 이전의 학생들이 많이 포함된 본 연구에서도 혈중 요산 농도와 대사증후군 위험요인 사이의 유의한 관련성을 파악할 수 있었던 것으로 생각된다.

본 연구는 단면 연구라는 점에서 제한점이 있다. 따라서 보다 정확한 원인결과 관계를 파악하기 위해 향후 종단 연구가 시행되어야 할 필요가 있겠지만, 국내 연구에서는 시도되지 않았던 젊은 성인을 대상으로 대사증후군과 소변 내 산도 및 혈중 요산의 관련성을 살펴보았다는 점에서 의미가 있다. 또한 소변 내 산도와 대사증후군과의 유의한 관련성을 찾아볼 수는 없었으나 대사증후군과 혈중 요산 농도와의 유의한 관련성을 발견했다는 점에서 중요한 의의를 찾을 수 있다. 특히 혈중 요산의 경우 대사증후군의 발생보다 앞서기 때문에 대사증후군에 이환되지 않은 젊은 성인 인구에서 대사증후군의 1차 예방을 위한 대상자 선정에 활용할 수 있을 것으로 보이며, 혈중 요산이 높은 대상자를 위한 대사증후군 조기 예방 중재 프로그램의 개발이 필요함을 시사한다.

결론 및 제언

본 연구는 젊은 성인 남녀에서 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도 및 혈중 요산 농도의 관련성을 파악하고자 일 대학 재학생의 건강검진 자료를 분석하였다.

연구 결과, 대사증후군 위험요인과 소변 내 산도 사이에 유의한 관련성을 찾을 수는 없었으나, 혈중 요산 농도와 거의 모든 대사증

후군 위험요인 간에 유의한 관련성을 찾을 수 있었다. 연령과 모든 대사증후군 위험요인을 고려했을 때, 남학생에서는 연령이 증가할수록, 수축기 혈압과 중성지방이 높을수록, 여학생에서는 이완기 혈압이 높을수록, HDL-콜레스테롤이 낮을수록 혈중 요산 농도가 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 혈중 요산 농도가 상승된 젊은 성인 남녀에서 대사증후군이 발생하지 않았더라도 향후 대사증후군 발생 가능성이 높기 때문에 이들을 위한 조기 예방적 조치가 필요하다고 할 수 있다. 다만, 본 연구는 종단연구가 아닌 단면연구이므로 향후 종단연구를 통해 원인결과관계를 보다 명확히 할 필요성이 있는 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Abate, N., Chandalia, M., Cabo-Chan, A. V. Jr., Moe, O. W., & Sakhaee, K. (2004). The metabolic syndrome and uric acid nephrolithiasis: novel features of renal manifestation of insulin resistance. *Kidney International*, 65, 386-392. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1755.2004.00386.x>
- Alvarez-Lario, B., & Macarron-Vicente, J. (2010). Uric acid and evolution. *Rheumatology*, 49, 2010-2015. <http://dx.doi.org/10.1093/rheumatology/keq204>
- Burtis, C. A., & Ashwood, E. R. Tietz Textbook of Clinical Chemistry 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Chang, I. H., Lee, Y. T., Lee, D. M., Kim, T. H., Myung, S. C., Kim, Y. D., et al. (2011). Metabolic syndrome, urine pH, and time-dependent risk of nephrolithiasis in Korean men without hypertension and diabetes. *Endourology and Stones*, 78, 753-758. <http://dx.doi.org/10.1016/j.urolgy.2011.03.007>
- Cho, S. T., Jung, S. I., Myung, S. C., & Kim, T. H. (2013). Correlation of metabolic syndrome with urinary stone composition. *International Journal of Urology*, 20, 208-213. <http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1442-2042.2012.03131.x>
- de Oliveira, E. P., & Burini, R. C., (2012). High plasma uric acid concentration: causes and consequences. *Diabetology & Metabolic syndrome*, 4, 4-12. <http://dx.doi.org/10.1186/1758-5996-4-12>
- Eckel, R. H., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2005). The metabolic syndrome. *Lancet*, 365, 1415-28. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61794-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61794-3)
- Ervin, R. B. (2009). Prevalence of metabolic syndrome among adults 20 years of age and over, by sex, age, race, and ethnicity, and body mass index: United States, 2003-2006. *National Health Statistics Reports*, 13, 1-8.
- Feig, D. I., & Johnson, R. J. (2003). Hyperuricemia in childhood primary hypertension. *Hypertension*, 4, 247-252. <http://dx.doi.org/10.1161/01.HYP0000085858.66548.59>
- Feig, D. I., Kang, D. H., & Johnson, R. J. (2008). Uric acid and cardiovascular risk. *New England Journal of Medicine*, 359, 1811-1821. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMr0800885>
- Fernandez, A., Fuller, A., Al-Bareeq, R., Nott, L., & Razvi, H. (2013). A comparison of the metabolic profiles of diabetic and non-diabetic uric acid stone formers. *Canadian Urological Association*, 7(3-4), E190-192. <http://dx.doi.org/10.5489/cuaj.11133>
- Ford, E. S., Giles, W. H., & Mokdad, A. H. (2004). Increasing prevalence of the metabolic syndrome among US adults. *Diabetes Care*, 27, 2444-2449.
- Hara, S., Tsuji, H., Ohmoto, Y., Amakawa, K., Hsieh, S. D., Arase, Y., et al. (2012). High serum uric acid level and low urine pH as predictors of metabolic syndrome: a retrospective cohort study in a Japanese urban population. *Metabolism*, 61(2), 281-288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2011.06.026>
- Hong, S. P., Lee, Y. S., Bae, K. R., Chung, J. W., Kim, S. Y., Lee, J. B., et al. (2008). Relationship between serum uric acid level and metabolic syndrome according to gender. *Korean Circulation Journal*, 38, 152-160.
- Ishiro, M., Takaya, R., Mori, Y., Takitani, K., Kono, Y., Okasora, K., et al. (2013). Association of uric acid with obesity and endothelial dysfunction in children and early adolescents. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 62, 169-176. <http://dx.doi.org/10.1159/000346227>
- Johnson, R. J., Kang, D. H., Feig, D., Kivlighn, S., Kanellis, J., Watanabe, S., et al. (2003). Is there a pathogenetic role for uric acid in hypertension and cardiovascular and renal disease? *Hypertension*, 41, 1183-1190. <http://dx.doi.org/10.1161/01.HYP0000069700.62727.C5>
- Jung, T. S., Yang, W. J., & Song, Y. S. (2009). The correlation between metabolic syndrome and urinary pH in adult Korean men who visited a health promotion center. *Korean Journal of Urology*, 7, 694-698. <http://dx.doi.org/10.4111/kju.2009.50.7.694>
- Lee, B. Y. (2008). The change of prevalence of metabolic syndrome and risk factors. *Department of Health Policy and Hospital Management*, Unpublished master's thesis, Korea University, Seoul.
- Lee, H. M., Park, J. H., Kim, S. H., & Kim, J. Y. (2009). Association of the level of serum uric acid and metabolic syndrome in middle-aged women. *Journal of Korean Society of Maternal and Child Health*, 13, 182-194.
- Liu, P. W., Chang, T. Y., & Chen, J. D. (2010). Serum uric acid and metabolic syndrome in Taiwanese adults. *Metabolism*, 59, 802-807. <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2009.09.027>
- Maalouf, N. M. (2011). Metabolic syndrome and the genesis of uric acid stones. *Journal of Renal Nutrition*, 21(1), 128-131. <http://dx.doi.org/10.1053/j.jrn.2010.10.015>
- Maalouf, N. M., Cameron, M. A., Moe, O. W., Adams-Huet, B., & Sakhaee, K. (2007). Low urine pH: a novel feature of the metabolic syndrome. *American Society of Nephrology*, 2, 883-888. <http://dx.doi.org/10.2215/CJN.00670207>
- Otsuki, M., Kitamura, T., Goya, K., Saito, H., Mukai, M., Kasayama, S., et al. (2011). Association of urine acidification with visceral obesity and the metabolic syndrome. *Endocrine Journal*, 58(5), 363-367. <http://dx.doi.org/10.1507/endocrj.K10E-319>
- Park, H. S., Oh, S. W., Kang, J. H., Park, Y. W., Choi, J. M., Kim, Y. S., et al. (2003). Prevalence and associated factors with metabolic syndrome in South Korea: from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 1998. *Journal of Korean Society for the Study of Obesity*, 12(1), 1-14.
- Richette, P., & Bardin, T. (2010). Gout. *Lancet*, 375, 318-328. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60883-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60883-7)
- Richette, P., & Perez-Ruiz, F. (2013). Serum uric acid and metabolic risk. *Current Medical Research & Opinion*, 29(3), 9-15. <http://dx.doi.org/10.1185/03007995.2013.790801>
- Sakhaee, K., & Maalouf, N. M. (2008). Metabolic syndrome and uric acid nephrolithiasis. *Seminars in Nephrology*, 28(2), 174-180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.semnephrol>
- Singh, A. S., Mulder, C., Twisk, J. W. R., Van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. M. (2008). Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obesity Review*, 9, 474-488. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-789x.2008.00475.x>
- Stamatelou, K. K., Francis, M. E., Jones, C. A., Nyberg, L., M., & Curhan, G. C.

- (2003). Time trends in reported prevalence of kidney stone in the United States: 1976-1994. *Kidney International*, 63, 1817-1823. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1755.2003.00917.x>
- Stewart, P. M. (2008). The adrenal cortex, corticosteroid hormone action. In Kronenberg, H. M., Melmed, S., Polonsky, K. S., Karsen, P. R. (Ed.), *Williams Textbook of Endocrinology*, 11th ed(pp. 453-464). Philadelphia, PA: Elsevier Health Sciences.
- Yoo, T. W., Sung, K. C., Kim, Y. C., Hwang, S. T., Oh, S. Y., Shin, H. S., et al. (2004). The relationship of the hypertension, insulin resistance, and metabolic syndrome in the serum uric acid level. *Korean Circulation Journal*, 34, 874-882.