

광주지역 성인의 나트륨 배설량과 비만의 관계

조 미 진¹⁾ · 허 영 란^{2)†}

¹⁾전남대학교 대학원 식품영양학과, ²⁾전남대학교 식품영양과학부 및 생활과학연구소

Association between Sodium Excretion and Obesity of Adults in Gwangju

Mijin Jo¹⁾, Young-Ran Heo^{2)†}

¹⁾Department of Food and Nutrition, Chonnam National University Graduate School, Gwangju, Korea

²⁾Division of Food and Nutrition, Research Institute for Human Ecology, Chonnam National University, Gwangju, Korea

*Corresponding author

Young-Ran Heo
Division of Food and Nutrition,
Research Institute for Human
Ecology, Chonnam National
University, 77 Yongbongro,
Buk-gu, Gwangju, Korea

Tel: (062) 530-1338
Fax: (062) 530-1339
E-mail: yrhu@jnu.ac.kr
ORCID: 0000-0001-5476-3714

Acknowledgments

This research was supported by a grants from National Institute of Food and Drug Safety Evaluation(14162미래식136).

Received: January 31, 2018
Revised: February 14, 2018
Accepted: February 14, 2018

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to analyze the association between sodium excretion and obesity for healthy adults in the Gwangju area.

Methods: The participants included 80 healthy adults aged 19 to 69 years in Gwangju. The dietary intake and sodium excretion were obtained using the 24-hour recall method and 24 hour urine collection. The participants were classified into two groups according to the amount of urinary sodium excretion: (≤ 141.75 mmol/dL, > 141.75 mmol/dL).

Results: After adjusting for sex, age, smoking history, and income, the high excretion of sodium group was significantly higher for weight, body mass index, body fat mass, percent body fat, visceral fat area (VFA), waist circumference, hip circumference, and WHR. The energy and nutrients intake were significant after adjusting for sex, age, smoking history, and income. The LSE group had a significantly higher fat intake and Na/K intake ratio. The HSE group had significantly higher fiber intake, and K intake. As the amount of urinary sodium excretion increased, the risk of obesity before correction was 3.57 (95% CI: 1.13-11.25) times greater, and the risk of obesity of T3 increased significantly by 3.33 times (95% CI: 1.05-10.59). After correcting for sex and age, the obesity risk of T2 increased significantly by 4.23 times (95% CI: 1.11-16.06), and after correcting for sex, age, smoking history, and income, the obesity risk of T2 increased significantly by 6.81 times (95% CI: 1.44-32.19) the risk of obesity.

Conclusions: An association exists between sodium excretion and obesity in Korean adults. In this study, the high excretion of sodium group was obese and the risk of obesity was higher than the low excretion of sodium group.

Korean J Community Nutr 23(1): 38~47, 2018

KEY WORDS 24 hour urine collection, urinary sodium excretion, obesity, sodium intake

서론

비만은 전 세계적으로 큰 관심이 있는 공중보건문제이며, 전 세계 성인인구의 비만 유병률은 2016년에 13%로 1975년에 비해 3배 가량 증가하였다[1-3]. 우리나라의 비만 유병률은 국민건강영양조사 결과 만 19세 이상의 성인에서 1998년에 26.0%에서 2015년까지 33.2%로 지속적으로 증가추세에 있다[4]. 비만은 체내에 지방조직이 과도한 상태로 체내 지방조직 과다로 혈중 지질 농도가 증가하여 고지혈증, 고혈압, 심뇌혈관계 질환의 발생률과 사망률을 증가시키고, 당뇨, 생리불순, 암 등 만성질환의 유병률을 증가시키는 원인으로 알려져 있다[5-8]. 이러한 비만의 원인은 유전적, 사회적, 경제적 요인이 복합적으로 결합됨으로써 유발되는 것으로 알려져 있다[9-10]. 또 다른 이유로 과도한 Sodium (Na) 섭취가 비만과의 상관성이 있음을 국내외 연구를 통해 제기되고 있다[11-15].

적절한 Na의 섭취는 체내에서 삼투압 조절, 산/염기 평형 유지, 근육의 자극반응을 조절하며, 신경자극의 전달을 하는 역할을 한다[16]. 하지만 과도한 Na 섭취는 고혈압을 가져올 뿐 아니라 뇌졸중의 유발을 촉진시키며 이로 인한 사망 위험률을 2.33배나 증가시킨다[17-19]. 또한 위암발생에도 관여하며[20], 골다공증을 유발하는 것으로 보고되었다[21, 22].

심뇌혈관계 질환 및 만성질환 등의 위험인자인 비만을 일으키는 원인으로 과도한 Na의 섭취가 거론되고 있다. 독일에서 진행된 연구에서는 건강한 성장기 아동 및 청소년들을 대상으로 소변 중 Na 배설량을 조사한 결과 Na 배설량이 높을수록 체질량지수와 체지방률이 높게 나타났다[13]. 미국에서 766명의 성인을 대상으로 24시간 소변 Na 배설량과 대사증후군 요인과의 상관성을 분석한 결과 체중, 체질량지수 (Body Mass Index, BMI) 허리둘레 수치 등에서 Na 배설량이 높을수록 유의한 증가가 관찰되는 것으로 보고되었다[14]. 또한 영국의 National Diet and Nutrition Survey Rolling Program (NDNS RP)에서 458명의 어린이와 785명의 성인을 대상으로 Na 배설량에 따라 3분위로 나누어 허리둘레 및 BMI를 비교한 결과 Na 배설량이 높은 군 일수록 허리둘레와 BMI가 높았으며, 비만 유병률 또한 당첨가 음료 섭취와 에너지섭취를 보정한 후에도 아이들에게서 1.30배, 성인에서 1.19배 증가하는 것으로 조사되었다[15]. Na 과잉 섭취가 직·간접적으로 비만을 유발한다는 선행연구들이 지속적으로 보고가 되고 있으며, Na 섭취가 과도하게 되면 갈증을 생겨 간접적으로 수분 섭취 및 당

이 첨가된 음료나 탄산음료 섭취를 유도한다[11, 12, 23]. 또한 Na이 많이 함유된 식품의 경우 에너지 밀도가 높은 경우가 많기 때문에 전체적인 에너지 섭취량을 높여 비만을 일으킨다는 의견이 제시되고 있으나[24, 25], 또 다른 연구에서는 Na이 에너지 섭취와는 독립적으로 비만을 일으킨다는 가설도 제기되고 있다[13, 26].

Na 섭취량을 추정하는 방법은 식품섭취빈도조사법, 24시간 회상법, 24시간 소변 수집법 등이 있다[27]. 24시간 회상법은 조사원이 조사 대상자의 24시간 동안의 식품 섭취를 회상하도록 하는 방법[28]으로 시간과 비용이 적게 들고, 쉽게 조사할 수 있으나, 하루의 식사 섭취를 조사하므로 일반적인 식사섭취에 대한 대표성이 떨어지고 조사 대상자의 기억력에 의존하므로 오차가 자주 발생한다[15, 28, 29]. 단 회뇨 (Spot urine)의 경우 소변 수집이 간편하여 연구대상자에게 부담이 적다는 장점이 있으나, 수분섭취량이나 Na 농도 및 수집 시간에 의해 쉽게 영향을 받는 제한점이 있다[30]. 24시간 소변 분석법의 경우, 대규모의 연구가 어려우며 24시간 동안 소변을 수집하는데 번거로움과 완벽하게 수집을 확인하기 어렵다는 단점이 있으나, 체내 흡수된 Na의 95% 이상을 소변으로 배출하기 때문에 기억에 의존하는 방법들에 비해 섭취량과 대사량을 고려하여 정확한 Na의 섭취량을 파악할 수 있다는 장점이 있다[30-32].

따라서 대상자는 건강한 광주지방의 만 19~69세의 건강한 성인 중 성별, 연령별로 층화추출로 모집하여 총 80명을 대상으로 선정하였다. 본 연구는 24시간 소변 수집방법을 이용하여 Na의 배설량과 비만의 연관성을 살펴보고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상자

2014년 7월부터 2015년 4월까지 진행된 식품의약품안전처의 연구과제인 한국인의 식습관에 따른 나트륨 적응지수 개발의 1세부 과제인 전국 지역별 Na 섭취량 분석에 참가하는 광주 지방의 성인을 대상으로 실시하였다. 광주지역에 거주하는 만 19세~69세의 성인을 대상으로 국민건강영양조사 방법에 따라 성별, 연령별로 층화하여 모집하였다. 연구내용과 진행 과정 등을 설명한 후 참여에 동의한 대상자들 중 지원자 중 고혈압, 심장질환, 당뇨병, 신장질환, 암 등의 진단을 받은 경우, 약물을 복용 중이거나 임신부 및 수유부, 식이조절자 등은 제외하였으며, 총 80명 (20~60대 별 남녀 각 8명씩)을 대상으로 분석하였다. Na 배설량에 대한 참고치가 존재하지 않기 때문에 중위수에 따라 low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL, $n=40$,

이하 LSE)과 high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL, $n=40$, 이하 HSE)으로 연구 대상자를 나누어 비교분석하였다. 본 연구는 경북대학교 생명윤리심의위원회의 승인(IRB 승인번호: IRB 2014-0053)하에 시행되었다.

2. 신체계측

연구대상자들의 신체계측 항목은 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레 및 혈압 등을 측정하였으며, 신장과 체중은 자동신장계중계(BMS370, Biospace, Korea)와 체성분 분석기(InBody720, Biospace, Korea)를 이용하여 소수 첫째 단위까지 측정하였다. 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(Body Mass Index, BMI, kg/m^2)를 계산하였으며, 골격근량, 체지방량, 체지방률, 내장지방면적(Visceral Fat Area, VFA, cm^2)은 체성분 분석기를 이용하여 소수 첫째 단위까지 측정하였다. 허리둘레와 엉덩이둘레는 연구대상자가 양발을 25~30 cm 간격으로 벌리고 서서 줄자를 이용하여 직접 측정하였다. 허리둘레는 가장 오목하게 들어간 부분, 엉덩이둘레는 엉덩이의 가장 볼록한 부분을 평행하게 둘러 측정하였다. 허리와 엉덩이둘레를 이용하여 허리둘레/엉덩이둘레비(Waist-Hip Circumference Ratio; WHR)를 구하였다. 비만의 기준은 BMI의 경우 아시아태평양지침(2000)에 따라 23.0 kg/m^2 이상의 과체중 범위부터 비만으로 판정하였고, 복부비만의 기준은 대한비만학회 기준인 성인 남성 90 cm 이상, 성인 여성 85 cm 이상이면 비만으로 판정하였다.

3. 인구학적 변수

설문지를 통하여 신체활동 정도와 흡연 경력, 소득 및 교육 수준을 조사하였다. 운동여부는 평소보다 몸이 매우 힘들거나 숨이 많이 가쁜 격렬한 신체활동 정도를 10분 이상 한 날은 일주일에 며칠인지, 평소보다 숨이 약간 가쁜 중등도 신체활동을 10분 이상 한 날은 일주일에 며칠인지, 10분 이상 걸은 날은 일주일에 며칠인지 조사하였으며, 평소보다 몸이 매우 힘들거나 숨이 많이 가쁜 격렬한 신체활동 정도를 일주일에 1회 이상 10분 이상 한 경우, 평소보다 숨이 약간 가쁜 중등도 신체활동을 일주일에 1회 이상 10분 이상 한 경우를 운동한 것으로 정의하였다. 소득은 월평균수입을 조사하였다. 흡연경력 여부는 일생동안 한 번이라도 흡연을 경험한 경우를 흡연한 경력이 있는 것으로 정의하였다.

4. 혈액분석

채혈은 최소 8시간 공복상태에서 채취하였으며, 혈청분리

관(Serum Separator Tube)를 이용하여 10 ml를 채혈하였다. 채혈 후 30분가량 실온에 두어 혈병의 응고를 육안으로 확인한 후, 1시간 이내에 냉장 원심분리(4°C , 3000 rpm, 10분)하고, 혈청분리관을 이용해 깨끗한 상등액만 분리하여 냉장보관하고, 1~3일 이내로 분석기관에 의뢰하여 Na과 K 농도를 분석하였다. 혈중 Na과 K 농도분석은 Ion Selective Electrode(ISE)법으로 분석하였다.

5. 소변 수집 및 분석

소변 수집은 24시간 소변을 각 2회 수집하였다. 24시간 소변은 소변 수집 당일 아침 첫 소변을 버리고, 다음 소변부터 익일 아침 첫 소변까지 24시간 동안의 모든 소변을 수집하는 것을 원칙으로 하였으며, 가급적 소변 수집 시작시간을 오전 6~9시에 채뇨를 시작하도록 권장하였다. 소변을 유실하거나 재수집하는 경우 등 소변 수집 일정의 조정이 필요한 경우 1차 24시간 소변 수집과 최소 3일간의 간격을 둔 후, 2차 24시간 소변 수집을 진행하였다. 24시간 소변 수집의 적합성을 판정 [33]하기 위하여 [수집한 소변량/(체중 \times 21)]으로 계산한 값이 0.7 이상이면 24시간 소변 수집이 잘 수집된 것으로 하고, 0.7 미만이면 24시간 소변 중 크레아티닌 농도가 성별, 연령, 체중을 이용한 추정값과 비교하여 낮은 경우 분석 대상에서 제외하거나 재수집하였다. 소변 검체의 분석은 24시간 소변 총량을 메스실린더로 측정한 후, 일회용 피펫에 약 10 ml씩 분주하여 크레아티닌, Na와 K 농도를 분석기관에 의뢰하였다. 소변 중 Na, K 농도는 Indirect Ion Selective Electrode(ISE)법으로, Creatinine 농도는 Kinetic Colorimetry Assay으로 분석하였다.

6. 식사섭취조사 및 분석

Na 섭취량은 24시간 회상법을 이용하여 조사하였으며, 식사섭취조사의 날짜는 24시간 소변 수집 직전의 하루의 식사섭취에 대하여 조사하였다. 24시간 회상법은 연구자와 일대일 면담을 통해 이루어졌으며, 주말 및 공휴일을 제외한 평상시 기상 후부터 취침 시까지의 식사에 대하여 조사하였다. 섭취량의 오차를 최소화하기 위하여 식사기록지를 제공하고 식사를 섭취하는 조사당일 직접 기록하도록 하였으며, 식사 전과 후 사진을 촬영하도록 권장하였다. 또한 대표적인 식품들의 이차원 모델 예시와 계량컵, 계량스푼 등의 보조도구를 이용하여 식사 섭취를 조사하였다. 24시간 회상법 일대일 면담 시 연구자는 섭취한 음식명과 섭취량(눈대중량, 부피, 중량), 해당 음식에 들어간 재료의 명칭과 재료량(눈대중량, 부피, 중량) 등을 기록하였다. 가공식품의 경우 제품명과 제조회사명을 기입하도록 하였고, 식이보충제 및 기타 건강기능

식품의 종류 및 섭취량을 조사하였다. 영양소 섭취량 분석은 영양평가 프로그램 CAN-Pro 4.0(Computer Aided Nutritional Analysis program version 4.0, 한국영양학회)을 활용하여 분석하였다.

7. 통계분석

수집된 자료는 SPSS(ver 23.0, IBM) 프로그램을 이용하여 통계처리 및 분석하였다. 범주형 변수는 빈도와 백분율로 나타내었으며, 연속형 변수는 평균±표준편차로 나타내었다. Na 상태에 따른 비만지표 및 혈액, 소변 분석 결과의 평균 차이를 살펴보고자 24시간 소변 중 Na 배설량의 분포에 따라 중위치(141.75 mmol/dL)를 기준으로 두 군으로 분류하였다. 2회에 걸쳐 조사한 소변 수집과 식사섭취조사의 결과는 결과값의 평균치를 사용하였다. 두 군의 성별, 흡연경력, 학력, 수입, 운동여부는 교차분석을 실시하였고, 그 외의 변수들 간의 평균 차이와 나이, 성별, 흡연경력, 수입을 보정한 신체계측치, 혈청과 소변 중 Na과 K 농도는 Student's t-test에 의해 유의성을 검증하였다. 나이, 성별, 흡연경력, 수입을 보정하여 Na 배설량과 신체계측치, 혈청 및 소변 중 Na과 K 농도의 상관관계를 Partial correlation coefficient를 이용하여 분석하였고, Na 배설량과 에너지 및 영양소 섭취량과의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient로 분석하였다. Na 배설량과 비만의 연관성은 다중 로지스틱 회귀 분석에 의해 분석하였다. 모든 p값은 양측성 검정으로 하였으며 유의 수준은 $p<0.05$ 로 비교하였다.

결 과

1. 대상자의 특성 및 신체계측치

연구대상자의 평균 연령은 LSE군은 39.6 ± 14.7 세, HSE군은 47.1 ± 13.3 세로 HSE군의 평균연령이 유의하게 높았다($p=0.019$). HSE군의 남성 비율($p=0.007$), 흡연경력자 비율($p=0.006$)이 높았다. 운동여부에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 수입은 LSE군은 100만원 미만 19명(47.5%), 100~300만원 20명(50.0%), 300만원 이상인 경우 1명(2.5%)이었으며, HSE군은 100만원 미만 9명(22.5%), 100~300만원 19명(47.5%), 300만원 이상인 경우 12명(30.0%)으로 두 군 간의 수입에 따라 대상자의 분포가 유의하게 차이가 있었다($p=0.011$) (Table 1).

나트륨 배설량에 따른 두 군 간의 신체계측치를 비교한 결과는 Table 2과 같다. 체중은 LSE군은 57.9 ± 8.7 kg, HSE군은 65.8 ± 9.7 kg으로 HSE군의 체중이 유의하게 높았다($p<0.001$). BMI는 LSE군은 21.3 ± 2.7 kg/m², HSE군은 23.6 ± 2.9 kg/m²으로 HSE군의 BMI가 유의하게 높았다($p<0.001$). 내장지방면적(VFA)을 비교한 결과는 LSE군 68.0 ± 31.1 cm², HSE군 87.6 ± 61.5 cm²으로 HSE군에서 유의하게 높았다($p=0.006$). HSE군에서 허리둘레($p<0.001$), 엉덩이둘레($p<0.001$), 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR) ($p=0.007$)가 유의하게 높았다. 성별, 나이, 흡연경력, 월평균수입을 보정하고 비교한 결과에서는 HSE군에

Table 1. General characteristics of the subjects according to 24-hour urinary sodium excretion

Characteristics		LSE (n=40)	HSE ¹⁾ (n=40)	Total (n=80)	χ^2/t	p ²⁾
Age		$39.6 \pm 14.7^{3)}$	47.1 ± 13.3	43.3 ± 14.5	-2.41	0.019
Sex	Male	14 (35.0) ⁴⁾	26 (65.0)	40 (50.0)	7.20	0.007
	Female	26 (65.0)	14 (35.0)	40 (50.0)		
Smoking history	Yes	6 (15.0)	17 (42.5)	23 (28.7)	7.38	0.006
	No	34 (85.0)	23 (57.5)	57 (71.3)		
Education	Below middle school	5 (12.5)	7 (17.5)	12 (15.0)	2.79	0.594
	High school	13 (32.5)	11 (27.5)	24 (30.0)		
	University/College or higher	22 (55.0)	22 (55.0)	44 (55.0)		
Income	<100 ⁵⁾	19 (47.5)	9 (22.5)	28 (35.0)	13.69	0.011
	100-300	20 (50.0)	19 (47.5)	39 (48.7)		
	≥300	1 (2.5)	12 (30.0)	13 (16.3)		
Exercise	Yes ⁶⁾	26 (65.0)	29 (72.5)	55 (68.8)	0.52	0.326
	No	14 (35.0)	11 (27.5)	25 (31.3)		

1) LSE: low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL), HSE: high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL)

2) By t-test and chi-square test. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

3) Values are presented as mean \pm standard deviation. The unit of the value is years.

4) Values are presented as n (%).

5) Salary is a standard (monthly income), and the unit is ten thousand won.

6) "Yes" of exercise is case of moderate activity or intensive activities once a week for more than 10 minutes.

서 신장 ($p<0.001$), 체중 ($p<0.001$), 체질량지수 (Body Mass Index) ($p<0.001$), 골격근량 ($p<0.001$), 체지방량 ($p<0.001$), 체지방률 ($p<0.001$), 내장지방면적 (VFA) ($p<0.001$), 허리둘레 ($p<0.001$)와 엉덩이둘레 ($p=0.003$), 허리둘레/엉덩이둘레비 (WHR) ($p<0.001$)가 유의하게 높았다.

2. 나트륨 배설량에 따른 혈액 및 소변 분석 결과

LSE군과 HSE군의 혈청 Na와 K 농도는 Table 3과 같다. LSE군과 HSE군의 혈청 Na 농도 (141.2 ± 1.3 mmol/dL vs 141.2 ± 1.9 mmol/dL), K 농도 (4.4 ± 0.4 mmol/dL vs 4.4 ± 0.3 mmol/dL), 혈청 Na/K ratio (32.5 ± 2.9 mmol/dL vs 32.3 ± 2.4 mmol/dL)는 두 간의 유의한 차이는 없었다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과에서도 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

LSE군과 HSE군의 소변 중 Na, K 농도는 Table 4와 같다. 소변 중 Na 농도 ($p<0.001$), K 농도 ($p=0.004$)와 Na/K ratio ($p=0.039$)는 HSE군에서 유의하게 높았다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과에서도 소변 중 Na 농도 ($p<0.001$), K 농도 ($p<0.001$)와 Na/K ratio ($p<0.001$)가 LSE군에 비해 HSE군에서 유의하게 높았다.

Table 2. Anthropometric assessments and obesity index according to 24-hour urinary sodium excretion

	LSE (n=40)	HSE ¹⁾ (n=40)	Total (n=80)	p ²⁾	Adjusted p ³⁾
Height (cm)	164.8 ± 8.1 ⁴⁾	167.0 ± 7.8	165.9 ± 7.9	0.224	<0.001
Weight (kg)	57.9 ± 8.7	65.8 ± 9.7	61.9 ± 10.0	<0.001	<0.001
BMI (kg/m ²)	21.3 ± 2.7	23.6 ± 2.9	22.4 ± 3.0	<0.001	<0.001
Skeletal muscle mass (kg)	23.3 ± 4.8	27.0 ± 4.8	25.2 ± 5.1	0.001	<0.001
Body fat mass (kg)	15.0 ± 5.7	17.1 ± 5.8	16.0 ± 5.8	0.118	<0.001
Percent body fat (%)	25.9 ± 8.3	25.8 ± 7.4	25.7 ± 8.2	0.920	<0.001
Visceral fat area (cm ²)	68.0 ± 31.1	87.6 ± 61.5	77.8 ± 32.6	0.006	<0.001
Waist circumference (cm)	77.6 ± 8.6	84.0 ± 7.6	80.8 ± 8.7	<0.001	<0.001
Hip circumference (cm)	93.1 ± 4.9	97.0 ± 5.5	95.0 ± 5.5	<0.001	0.003
WHR	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.007	<0.001

1) LSE: low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL), HSE: high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL)

2) By t-test analysis. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

3) By t-test analysis adjusted for age, sex, smoking history and income. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

4) Values are presented as mean ± standard deviation.

BMI: Body Mass Index, WHR: Waist-Hip Circumference Ratio

Table 3. Na level, K level and Na/K ratio in serum according to 24-hour urinary sodium excretion

	LSE (n=40)	HSE ¹⁾ (n=40)	Total (n=80)	p ²⁾	Adjusted p ³⁾
Serum Na (mmol/L)	141.2 ± 1.3 ⁴⁾	141.2 ± 1.9	141.2 ± 1.6	0.840	0.067
Serum K (mmol/L)	4.4 ± 0.4	4.4 ± 0.3	4.3 ± 0.4	0.877	0.160
Serum Na/K Ratio	32.5 ± 2.9	32.3 ± 2.4	32.4 ± 2.7	0.810	0.098

1) LSE: low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL), HSE: high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL)

2) By t-test analysis. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

3) By t-test analysis adjusted for age, sex, smoking history and income. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

4) Values are presented as mean ± standard deviation.

Table 4. Na level, K level and Na/K ratio in urine according to 24-hour urinary sodium excretion

	LSE (n=40)	HSE ¹⁾ (n=40)	Total (n=80)	p ²⁾	Adjusted p ³⁾
Na (mmol/dL)	108.8 ± 23.0 ³⁾	198.6 ± 41.2	153.7 ± 56.0	<0.001	<0.001
K (mmol/dL)	52.6 ± 28.3	69.0 ± 20.0	60.8 ± 25.7	0.004	<0.001
Na/K Ratio	2.6 ± 1.2	3.1 ± 0.9	2.8 ± 1.1	0.039	<0.001

1) LSE: low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL), HSE: high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL)

2) By t-test analysis. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

3) By t-test analysis adjusted for age, sex, smoking history and income. A value of $p<0.05$ was accepted as significant.

4) Values are presented as mean ± standard deviation.

Table 5. Energy and nutrients intake according to 24-hour urinary sodium excretion

	LSE (n=40)		HSE ¹⁾ (n=40)		Total (n=80)		p ²⁾	Adjusted p ³⁾
Energy (kcal)	1872.6 ±	459.2 ⁴⁾	1856.8 ±	487.2	1,864.7 ±	470.5	0.882	0.127
Carbohydrate (g)	280.4 ±	75.8	279.2 ±	77.2	279.8 ±	76.0	0.945	0.446
Fiber (g)	21.9 ±	10.3	23.0 ±	7.4	22.4 ±	8.9	0.599	0.001
Protein (g)	72.5 ±	22.1	71.6 ±	20.7	72.0 ±	21.3	0.845	0.363
Fat (g)	49.4 ±	20.8	47.2 ±	22.9	48.4 ±	21.7	0.694	0.001
Cholesterol (mg)	391.0 ±	238.2	334.9 ±	174.4	362.9 ±	209.3	0.233	0.071
Water (g)	2,251.0 ±	712.8	2,214.6 ±	766.5	2,101.5 ±	1,222.3	0.645	0.802
Na (mg)	3,776.2 ±	1,890.4	3,906.2 ±	1,786.0	3,841.2 ±	1,828.4	0.753	0.634
K (mg)	2,680.1 ±	1,031.5	2,712.3 ±	879.1	2,696.2 ±	952.4	0.881	0.011
Na/k intake ratio	1.6 ±	1.1	1.4 ±	0.5	1.5 ±	0.8	0.570	0.008
Na density (mg/1000 kcal)	2,003.0 ±	842.3	2,064.9 ±	606.0	2,034.0 ±	729.8	0.707	0.503

1) LSE: low 24-urinary sodium excretion group (≤ 141.75 mmol/dL), HSE: high 24-urinary sodium excretion group (> 141.75 mmol/dL)

2) By t-test analysis. A value of $p < 0.05$ was accepted as significant.

3) By t-test analysis adjusted for age, sex, smoking history and income. A value of $p < 0.05$ was accepted as significant.

4) Values are presented as mean \pm standard deviation.

3. 나트륨 배설량에 따른 에너지 및 영양소 섭취량

연구대상자의 에너지 및 영양소의 섭취량은 Table 5와 같다. 두 군 간의 에너지 섭취량, 탄수화물 섭취량, 식이섬유 섭취량, 단백질 섭취량, 지방 섭취량, 콜레스테롤 섭취량, 수분 섭취량, Na 섭취량, 칼륨 섭취량, Na/K intake ratio, 섭취량 중 Na 밀도는 두 군 간의 유의한 차이가 없었다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과 LSE군이 HSE군에 비해 지방 섭취량($p=0.001$), Na/K intake ratio($p=0.008$)이 유의하게 높았으며, HSE군이 LSE군에 비해 식이섬유 섭취량($p=0.001$), 칼륨 섭취량($p=0.011$)이 유의하게 높았다.

4. 나트륨 배설량과 변수들의 연관성

연구대상자의 24시간 소변 중 Na 배설량과 변수들 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 상관관계는 에너지 및 영양소 섭취량을 제외한 연속형 변수들은 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정하고 분석하였다. 그 결과 체중($r=0.286$, $p=0.013$), 허리둘레($r=0.249$, $p=0.031$), 엉덩이둘레($r=0.351$, $p=0.002$), BMI($r=0.301$, $p=0.009$), 체지방량($r=0.279$, $p=0.015$), 체지방률($r=0.244$, $p=0.035$), 24시간 소변 중 K 배설량($r=0.432$, $p<0.001$)과 양의 상관관계를 보여주었다.

5. 나트륨 배설량과 비만의 연관성

연구대상자의 Na 배설량과 비만의 연관성을 분석한 결과는 Table 7과 같다. Na 배설량에 따라 3분위(Lower tertile; T1, Middle tertile; T2, Upper tertile; T3)로 나누었고, 비만 판정은 아시아태평양지침(2000)의 BMI를 기준으로 과체중과 비만을 분류하였다. 보정하지 않은

Table 6. Correlation between 24-hour urinary sodium excretion and variables

Variables	Coefficients	p ¹⁾
Height (cm)	0.001	0.995
Weight (kg)	0.286	0.013
Waist circumference (cm)	0.249	0.031
Hip circumference (cm)	0.351	0.002
WHR	0.076	0.519
BMI (kg/m ²)	0.301	0.009
Skeletal muscle mass (kg)	0.178	0.127
Body fat mass (kg)	0.279	0.015
Percent body fat (%)	0.244	0.035
Visceral fat area (cm ²)	0.148	0.204
Serum Na (mmol/dL)	-0.099	0.397
Serum K (mmol/dL)	-0.103	0.378
Serum Na/K (mmol/dL)	0.081	0.492
Energy intake (kcal)	0.072	0.523
Carbohydrate intake (g)	0.023	0.841
Fat intake (g)	0.009	0.936
Cholesterol intake (mg)	0.059	0.601
Protein intake (g)	0.114	0.313
Fiber intake (g)	0.071	0.531
Water intake (g)	0.071	0.534
Na intake (mg)	0.138	0.223
K intake (mg)	0.056	0.624
Na/k intake ratio	0.008	0.994
Na density (mg/1000 kcal)	0.104	0.358
Urine K (mmol/dL)	0.447	<0.001
Urine Na/K Ratio	0.084	0.472

1) Anthropometric, Na and K level in serum and urine were adjusted for age, sex, smoking history and income by Partial correlation coefficients.

Energy and nutrients intake by Pearson's correlation coefficients. A value of $P < 0.05$ was accepted as significant.

BMI: Body Mass Index, WHR: Waist-Hip Circumference Ratio

Table 7. Association between obesity and sodium excretion according to 24-hour urinary sodium excretion

	24-hour urinary sodium excretion				
	T1 ¹⁾	T2		T3	
	Reference	Odds ratio (95% CI)	p ⁵⁾	Odds ratio (95% CI)	p
overweight/obesity					
Model-1 ²⁾	1.00	3.57 (1.13 – 11.25)	0.030	3.33 (1.05 – 10.59)	0.041
Model-2 ³⁾	1.00	4.23 (1.11 – 16.06)	0.034	2.41 (0.64 – 9.08)	0.195
Model-3 ⁴⁾	1.00	6.81 (1.44 – 32.19)	0.015	1.47 (0.33 – 6.63)	0.613

1) T1: Lower tertile of 24-hour urinary sodium excretion, T2: Middle tertile of 24-hour urinary sodium excretion, T3: Upper tertile of 24-hour urinary sodium excretion

2) Model-1: unadjusted

3) Model-2: adjusted for age and sex

4) Model-3: adjusted for age, sex, smoking history and income

5) By multiple logistic regression analysis. A value of $p < 0.05$ was accepted as significant

Model-1, 성별과 나이를 보정한 Model-2, 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 Model-3으로 분석하였다.

Na 배설량이 증가함에 따라 Na 배설량 낮은 분위인 T1을 기준으로 보정하지 않은 Model-1에서 T2의 비만 위험률은 3.57배(95% CI: 1.13–11.25, $p=0.030$), T3의 비만 위험률은 3.33배(95% CI: 1.05–10.59 $p=0.041$)로 유의하게 위험률이 증가하였다. 성별과 나이를 보정한 Model-2에서 T2의 비만 위험률은 4.23배(95% CI: 1.11–16.06 $p=0.034$)로 유의하게 증가하였다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 Model-3에서 T2의 비만 위험률은 6.81배(95% CI: 1.44–32.19 $p=0.015$)로 비만 위험률이 유의하게 증가하였다.

고 찰

Na 배설량의 참고치가 존재하지 않기 때문에 중위수에 따라 LSE군 (≤ 141.75 mmol/dL, $n=40$)과 HSE군 (> 141.75 mmol/dL, $n=40$)으로 연구대상자를 나누어 비교분석하였다. 두 군을 비교한 결과 HSE군의 평균 연령이 높았고, 남성의 비율과 흡연경력자의 비율이 높았다. Na 배설량을 조사한 선행연구에서 Na 배설량이 높은 분위일수록 평균연령이 높았고, 남성의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 흡연경력자의 비율도 높은 것으로 나타났다[34]. 한국인 중장년층을 대상으로 진행한 연구에서 흡연하는 사람이 짭짤을 선호하고 Na 섭취량이 높다고 보고되었다[35]. 이는 나이가 들수록 미각의 감도가 감소하여 짭짤에 대한 기호가 증가하는 경향을 보이며 [36–40], 흡연이 미각의 예민도를 저하시켜 식품선택에 영향을 주기 때문인 것으로 사료된다[40].

HSE군에서 체중, BMI, 골격근량, 내장지방면적(VFA), 허리둘레와 엉덩이둘레, 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR)가 유의하게 높았다. 성별, 나이, 흡연경력, 월평균수입을 보정하고 비교한 결과, HSE군이 신장, 체중, BMI, 골격근량, 체

지방량, 체지방률, 내장지방면적(VFA), 허리둘레와 엉덩이둘레, 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR)가 유의하게 높았다. 우리나라 성인을 대상으로 조사한 선행연구[41]에서는 Na 배설량이 가장 높은 군이 나트륨 배설량이 낮은 다른 군에 비해 허리둘레 수치가 유의하게 높았고, 국외에서 보고된 선행연구[42]에서도 Na 배설량이 많을수록 BMI, 허리둘레, 엉덩이둘레, 엉덩이둘레, 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR), 허리/신장비(Waist to height ratio; WHtR)가 증가하는 경향을 보여주었다. 독일과 미국에서 보고된 결과에서도 Na 배설량이 많을수록 체중, BMI, 체지방률과 허리둘레가 높았다 [13, 14].

혈청 Na, K 농도, Na/K ratio는 두 간의 유의한 차이는 없었으며, 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과에서도 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 소변 중 Na, K 농도, Na/K ratio는 HSE군이 유의하게 높았으며, 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과에서도 소변 중 Na과 K 농도, Na/K ratio가 HSE군에서 유의하게 높았다. 건강한 성인을 대상으로 한 선행연구에서는 혈중 Na과 K 농도는 두 군 간의 차이가 없으나, 체외로 배설되는 Na과 K 농도에 유의한 차이를 보이는 것은 체내 항상성 유지를 위한 조절이 적절하게 이루어진 결과로 보고하였다[43]. 체내 Na 농도의 조절 및 배설은 K이 부신피질 호르몬의 분비를 감소시켜 Na의 재흡수를 저해하고, Na/K 프름펌 활성화하여 혈관을 확장시켜 Na을 체외로 배설되도록 하는 역할을 한다[44]. 건강한 성인에서 Na 섭취량이 많은 경우 신장에서 여과한 Na의 99.9%가 배설되어 Na 섭취량이 많을수록 배설량이 증가하고 [22, 45], 체내 항상성 유지를 위해 Na의 배설과 함께 K의 배설이 발생하기 때문에 Na 배설량이 높을수록 K의 배설량이 증가하게 된다[44].

에너지 및 영양소 섭취량은 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과 LSE군이 HSE군에 비해 지방 섭취량, Na/K의 섭취 비율이 유의하게

높았으며, HSE군이 LSE군에 비해 식이섬유 섭취량, 칼륨 섭취량이 유의하게 높았다. 부산지역의 일부 성인을 대상으로 Na 배설량에 따라 4분위로 나누어 에너지 및 영양소 섭취량을 비교한 결과 Na 섭취량, Na/K의 섭취 비율, 섭취량 중 Na 밀도에서 유의한 차이를 보였으나 에너지 및 Na를 제외한 다른 영양소 섭취량에서는 차이가 없어 본 연구 결과와 일부 일치하는 부분이 있었다[46]. Na의 섭취량에 대한 상반된 결과가 나온 이유는 우리나라의 주요 식사 패턴과 Na 섭취의 주요 공급원은 김치, 국, 찌개 등으로 개인 간의 소금 염미도나 조리 시 첨가량, 조리 방법에 따라 차이가 커질 수 있음에도 표준요리법에 의한 식품재료량을 적용하여 산출하기 때문에 파악하기 어렵기 때문이다[48]. Na이 비만을 일으키는 기전은 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만, 선행연구에서는 Na이 많이 함유된 식품의 경우 에너지 밀도가 높은 경우가 많기 때문에 전체적인 에너지 섭취량을 높여 비만하게 된다는 의견이 있다[24, 25]. 또한 Na의 섭취가 과도하면 갈증을 불러일으켜 이러한 갈증으로 당첨가 음료(sugar-sweetened beverage)의 섭취가 증가하게 되어 총 에너지 섭취량이 증가하여 비만을 일으킨다고 보고되었다[11, 12, 44]. 하지만 이에 대한 상반된 연구결과도 보고되어 비만을 일으키는 기전으로 설명하기에 역부족하다[13, 26]. 일각에서는 Na이 중독을 일으키는 물질로 작용하여 쾌락을 느끼는 오피오이드 수용체를 자극하게 되어 찌릿함에 대한 중독과 내성으로 인해 에너지 섭취량을 증가시켜 비만을 일으킨다는 의견도 제시하였다[47]. 따라서 Na의 섭취가 에너지 및 영양소의 섭취와의 상관성을 밝히기 위해서는 에너지와 영양소 섭취량에 대한 정확한 조사가 이루어져야 한다.

Na 배설량과 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, BMI, 체지방량, 체지방률, 소변 중 K 배설량에서 양의 상관관계가 나타났으며, 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과, Na 배설량이 증가함에 따라 Na 배설량 낮은 분위인 T1을 기준으로 보정하지 않은 Model-1에서 T2의 비만 위험률은 3.57배, T3의 비만 위험률은 3.33배로 유의하게 위험률이 증가하였다. 성과 나이를 보정한 Model-2에서 T2의 비만 위험률은 4.23배로 유의하게 증가하였으며, T3의 비만 위험률은 2.41배 증가하였으나 유의한 차이는 없었다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 Model-3에서 T2의 비만 위험률은 6.81배로 비만위험률이 유의하게 증가하였다. 하지만 T3의 비만 위험률은 유의한 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 T3의 비만 위험률이 T2와 달리 Model-2와 Model-3에서 유의성이 없어진 것은 흥미로운 결과이다. 이러한 결과는 본 연구에서 보정하지 않은 다른 요인, 즉 에너지와 당 섭취와 같은 영양소와 식이 섭취 요인 및 교육수준과 신체활동과 같은

인자의 영향이 크게 작용했을 가능성이 있으며 이에 대한 추후 연구가 필요한 것으로 생각된다. 선행연구들에 따르면 영국에서 어린이와 성인을 대상으로 Na 배설량에 따라 3분위로 나누어 비만 위험률이 당첨가 음료 섭취와 에너지섭취를 보정한 후에도 아이들에게서 1.30배, 성인에서 1.19배 증가한다고 보고되었다[15]. 우리나라 성인을 대상으로 Na 배설량과 비만 위험률을 분석한 결과 남성의 경우 2.68배, 여성의 경우 3.60배 증가하였으며, 성별, 흡연 상태, 신체활동 정도, 월평균수입, 교육수준, 하루 에너지 섭취량을 보정한 후의 결과에서 남성은 2.86배, 여성은 3.41배 증가하였다[32]. 우리나라 2010년~2014년 국민건강영양조사를 분석한 결과 성인 남성의 경우 에너지 밀도를 보정한 모델에서 Na를 2000 mg 이하, 2000~4000 mg 정도 섭취한 군에 비해 4000 mg 이상으로 과도하게 섭취할수록 BMI가 1.29~1.65배가 증가하는 것으로 보고되었다[10]. 위의 결과로 살펴본 바, Na 배설량이 많은 군에서 비만 지표의 수치가 유의하게 높았고, 양의 상관관계를 나타냈으며, 비만의 위험률 또한 증가하여 Na 배설량이 비만과 연관성이 있음을 유추해 볼 수 있다.

본 연구는 지역이 광주로 한정되어 있어 지역적 제한이 있으며, 대상자들이 모든 인간에 대한 대표성을 지니기 힘들다는 점, 단면연구 특성상 Na의 섭취와 비만과 직접적인 영향을 주는 주요 인자나 기전을 규명하기 어렵다는 한계점이 있다. 따라서 장기간의 추적관찰 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그러나 연구대상자를 성별, 연령별 층화표본 추출로 대상자를 모집하여 변수들의 영향력을 최대한 배제하여 연구를 진행하였고, Na의 상태를 반영할 수 있는 섭취량, 혈액내 함량, 배설량을 모두 측정하였다. 또한 배설량 측정에는 가장 신뢰도가 높은 24시간 소변 수집법을 이용하였다. 비만과의 정확한 연관성을 파악하고자 본 연구과제에서 보고된 선행연구[40]에 추가로 체지방량, 체지방률, 내장지방면적(VFA)를 제시하여 건강한 성인을 대상으로 Na 배설량과 비만과 연관성을 분석했다.

우리나라의 경우 절임류, 김치류, 찌개 등 전반적인 일상적으로 섭취하는 식사에서 Na 섭취 수준이 높은 점을 감안할 때, 그로 인한 비만이 다양한 관련 질환을 유발할 수 있는 환경에 쉽게 노출 될 수 있으므로, 향후 지속적인 국가적 차원의 Na 섭취 저감화 방안이 필요할 것으로 생각된다.

요약 및 결론

Na의 섭취와 비만과의 직접적인 연관성에 대해서는 아직 논란의 여지가 많다. 본 연구는 광주광역시에 거주하는 건강

한 성인을 대상으로 Na 배설량과 비만과의 연관성을 비교분석하고자 하였다. 연구 대상자는 성별, 연령별로 층화표본추출하여 선정, 모집하였으며, 고혈압, 신장질환 등이 없는 건강한 성인 만 19~69세의 남녀 80명이 참여하였다. 모든 대상자의 신체계측, 혈액검사, 식사섭취조사, 24시간 소변 수집을 진행하였다. 연구대상자는 Na배설량에 따라 중위수 (141.75 mmol/dL)를 기준으로 나트륨 배설량이 낮은 LSE군과 나트륨 배설량이 많은 HSE군, 2군으로 나누어 비교분석하였다.

HSE군이 LSE군에 비하여 평균 연령이 높았고, 남성의 비율과 흡연경력자의 비율이 높았으며, 두 군 간의 월평균수입에 따른 대상자의 분포가 유의하게 차이가 있었다. HSE군이 LSE군에 비하여 체중, BMI, 골격근량, 내장지방면적(VFA), 허리둘레와 엉덩이둘레, 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR)가 유의하게 높았다. 성별, 나이, 흡연경력, 월평균수입을 보정한 결과에서 HSE군이 신장, 체중, BMI, 골격근량, 체지방량, 체지방률, 내장지방면적(VFA), 허리둘레와 엉덩이둘레, 허리둘레/엉덩이둘레비(WHR)가 유의하게 높았다. 혈청 Na, K 농도, Na/K ratio는 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 전과 후의 결과에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 소변 중 Na 농도, K 농도와 Na/K ratio는 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 전과 후의 결과에서 LSE군에 비해 HSE군에서 유의하게 높았다. 에너지 및 영양소 섭취량은 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 결과 LSE군이 HSE군에 비해 지방 섭취량과 Na/K 섭취 비율이 유의하게 높았으며, HSE군이 LSE군에 비해 식이섬유 섭취량과 칼륨 섭취량이 유의하게 높았다. 연구대상자의 Na 배설량과 Na 배설량과 비만의 연관성을 Na 배설량에 따라 3분위로 나누어 비교분석하였다. Na 배설량이 증가함에 따라 Na 배설량이 낮은 분위를 기준으로 보정하지 않은 Model-1에서 Na 배설량의 중간 분위 그룹에서 비만 위험률은 3.57배, Na 배설량이 높은 분위 그룹에서 비만 위험률은 3.33배 유의하게 위험률이 증가하였다. 성별과 나이를 보정한 Model-2에서 T2의 비만 위험률은 4.23배 유의하게 증가하였다. 성별, 나이, 흡연경력, 수입을 보정한 Model-3에서 T2의 비만 위험률은 6.81배로 비만위험률이 유의하게 증가하였다.

본 연구는 우리나라 건강한 성인을 대상으로 Na 배설량과 비만과의 연관성을 보고자 하였다. 위의 결과로 미루어, 광주광역시 건강한 성인에서 Na 섭취는 비만과 상관성이 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구는 단면연구로서 Na과 비만과의 명확한 기전을 밝히기 어려운 제한점이 있으며, Na과 비만의 정확한 연관성을 밝히기 위한 추후 연구가 필요하다.

References

1. Song HJ, Cho YG, Lee HJ. Dietary sodium intake and prevalence of overweight in adults. *Metabolism* 2013; 62(5): 703-708.
2. Kang JS, Kim HS. A study on the evaluation of a nutritional education program for the middle aged obese women. *Korean J Food Nutr* 2004; 17(4): 356-367.
3. WHO. Fact sheets in obesity [Internet]. WHO; 2014 [cited 2017 Oct 15]. Available from: <http://www.wpro.who.int/mediacentre/factsheets/obesity/en/>.
4. Prevalence of obesity [Internet]. Ministry of Health & Welfare; 2016 [cited 2017 Oct 15]. Available from: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2705.
5. Lew EA, AM F. Mortality and weight: insured lives and the American Cancer Society studies. *Women* 1985; 80(1.20): 1-19.
6. Hida K, Wada J, Eguchi J, Zhang H, Baba M, Seida A et al. Visceral adipose tissue-derived serine protease inhibitor: a unique insulin-sensitizing adipocytokine in obesity. *Proc Natl Acad Sci USA* 2005; 102(30): 10610-10615.
7. Kunitomi M, Wada J, Takahashi K, Tsuchiyama Y, Mimura Y, Hida K et al. Relationship between reduced serum IGF-I levels and accumulation of visceral fat in Japanese men. *Int J Obes* 2002; 26(3): 361-369.
8. Flachs P, Mohamed-Ali V, Horakova O, Rossmeisl M, Hosseinzadeh-Attar MJ, Hensler M et al. Polyunsaturated fatty acids of marine origin induce adiponectin in mice fed a high-fat diet. *Diabetologia* 2006; 49(2): 394-397.
9. Park JA, Yoon JS. Dietary behaviors and status of nutrient intakes by the obesity levels of housewives in Daegu. *Korean J Community Nutr* 2005; 10(5): 623-632.
10. Cheon SY, Wang HW, Lee HJ, Hwang KM, Yoon HS, Kang YJ. Relationship of sodium consumption with obesity in Korean adults based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2010~2014. *J Nutr Health* 2017; 50(1): 64-73.
11. He FJ, Marrero NM, MacGregor GA. Salt intake is related to soft drink consumption in children and adolescents a link to obesity? *Hypertension* 2008; 51(3): 629-634.
12. Grimes CA, Riddell LJ, Campbell KJ, Nowson CA. Dietary salt intake, sugar-sweetened beverage consumption, and obesity risk. *Pediatrics* 2013; 131(1): 14-21.
13. Libuda L, Kersting M, Alexy U. Consumption of dietary salt measured by urinary sodium excretion and its association with body weight status in healthy children and adolescents. *Public Health Nutr* 2012; 15(3): 433-441.
14. Hoffmann IS, Cubeddu LX. Salt and the metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2009; 19(2): 123-128.
15. Ma Y, He FJ, MacGregor GA. High salt intake independent risk factor for obesity? *Hypertension* 2015; 66(4): 843-849.
16. Choi HM, Kim JH, Lee JH, Kim CI, Song GH, Jang GJ et al. *Nutrition*. 4th ed. Paju: Kyomunsa; 2012. p. 316-317.
17. Simon G. Experimental evidence for blood pressure-independent vascular effects of high sodium diet. *Am J hypertension* 2003; 16(12): 1074-1078.

18. de Wardener HE, MacGregor GA. Harmful effects of dietary salt in addition to hypertension. *J Hum Hypertens* 2002; 16(4): 213-223.
19. Nagata C, Takatsuka N, Shimizu N, Shimizu H. Sodium intake and risk of death from stroke in Japanese men and women. *Stroke* 2004; 35(7): 1543-1547.
20. Tsugane S. Salt, salted food intake, and risk of gastric cancer: Epidemiologic evidence. *Cancer Sci* 2005; 96(1): 1-6.
21. Itoh R, Suyama Y, Oguma Y, Yokota F. Dietary sodium, an independent determinant for urinary deoxypyridinoline in elderly women. A cross-sectional study on the effect of dietary factors on deoxypyridinoline excretion in 24-h urine specimens from 763 free-living healthy Japanese. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53(11): 886-890.
22. Yoon JS, Lee MJ. Calcium status and bone mineral density by the level of sodium intake in young women. *Korean J Community Nutr* 2013; 18(2): 125-133.
23. He FJ, Marrero N, MacGregor GA. Salt intake is related to soft drink consumption in children and adolescents: a link to obesity? *Hypertension* 2008; 51(3): 629-634.
24. Larsen SC, Ångquist L, Sørensen TI, Heitmann BL. 24h urinary sodium excretion and subsequent change in weight, waist circumference and body composition. *PloS one* 2013; 8(7): e69689.
25. Yoon YS, Oh SW. Sodium density and obesity: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007-2010. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(2): 141-146.
26. Gibson S, Neate D. Sugar intake, soft drink consumption and body weight among British children: further analysis of National Diet and Nutrition Survey data with adjustment for under-reporting and physical activity. *Int J Food Sci Nutr* 2007; 58(6): 445-460.
27. Kim HH, Lee YK. Analysis of presumed sodium intake of office workers using 24-hour urine analysis and correlation matrix between variables. *Korean J Nutr* 2013; 46(1): 26-33.
28. Seo JS, Lee JH, Yoon JS, Cho SH, Choi YS. Nutritional Assessment. 3rd ed. Goyang: Powerbook; 2011. p. 101-135.
29. Bailey RL, Mitchell DC, Miller C, Smiciklas-Wright H. Assessing the effect of underreporting energy intake on dietary patterns and weight status. *J Am Diet Assoc* 2007; 107(1): 64-71.
30. Tanaka T, Okamura T, Miura K, Kadowaki T, Ueshima H, Nakagawa H, Hashimoto T. A simple method to estimate populational 24 hour urinary sodium and potassium excretion using a casual urine specimen. *J Hum Hypertens* 2002; 16(2): 97-103.
31. Kirkendall WM, Connor WE, Abboud F, Rastogi SP, Anderson TA, Fry M. The effect of dietary sodium chloride on blood pressure, body fluids, electrolytes, renal function, and serum lipids of normotensive man. *J Lab Clin Med* 1976; 87(3): 411-434.
32. Espeland MA, Kumanyika S, Wilson AC, Reboussin DM, Easter L, Self M. Statistical issues in analyzing 24-hour dietary recall and 24-hour urine collection data for sodium and potassium intakes. *Am J Epidemiol* 2001; 153(10): 996-1006.
33. Blackburn GL, Bistrian BR, Maini BS, Schlamm HT, Smith MF. Nutritional and metabolic assessment of the hospitalized patient. *J Parenter Enteral Nutr* 1977; 1(1): 11-21.
34. Nam GE, Kim SM, Choi MK, Heo YR, Hyun TS, Lyu ES et al. Association between 24-hour urinary sodium excretion and obesity in Korean adults: a multi-center study. *Nutrition* 2017; 41: 113-119.
35. Park NY. Association of smoking with salt taste preference, sodium intake, and the risk of metabolic syndrome in Korean men: a community-based longitudinal study (2001~2010) [master's thesis]. Chungbuk National University; 2015.
36. Stevens JC, Cruz LA, Hoffman JM, Patterson MQ. Taste sensitivity and aging: high incidence of decline revealed by repeated threshold measures. *Chem Senses* 1995; 20(4): 451-459.
37. Nordin S, Razani LJ, Markison S, Murphy C. Age-associated increases in intensity discrimination for taste. *Exp Aging Res* 2003; 29(3): 371-381.
38. Kim MK, Han JI, Chung YJ. Dietary behavior related to salty food intake of adults living in a rural area according to saline sensitivity. *Korean J Nutr* 2011; 44(6): 537-550.
39. Lee MS. Association between preferences of salty food and acuity and preferences of taste of the elderly people living in rural area. *Korean J Community Nutr* 2013; 18(3): 223-232.
40. Kim MG, Kim KY, Nam HM, Hong NS, Lee YM. The relationship between lifestyle and sodium intake in Korean middle-aged workers. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 2014; 15(5): 2923-2929.
41. Oh HW, Kim HJ, Jun DW, Lee SM. Associations between 24-hour Urine sodium excretion level and obesity-related metabolic risk factors. *Korean J Community Nutr* 2015; 20(6): 460-467.
42. Park HS, Oh SW, Gang JH, Park YW, Choi JM, Kim YS et al. Prevalence and associated factors with metabolic syndrome in South Korea: from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 1998. *Korean J Obes* 2003; 12(1): 1-14.
43. Roos JC, Koomans HA, Dorhout-Mees EJ, Delawi IMK. Renal sodium handling in normal humans subjected to low, normal, and extremely high sodium supplies. *Am J Physiol* 1985; 249(6): F941-F947.
44. Park YH, Chung SJ. A comparison of sources of sodium and potassium intake by gender, age and regions in Koreans: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2010-2012. *Korean J Community Nutr* 2016; 21(6): 558-573.
45. Clark AJ, Mossholder S. Sodium and potassium intake measurements: dietary methodology problems. *Am J Clin Nutr* 1986; 43(3): 470-476.
46. Lim HJ. A study on the sodium and potassium intakes and urinary excretion of adults in Busan. *Korean J Community Nutr* 2012; 17(6): 737-751.
47. Cocores JA, Gold MS. The Salted Food Addiction Hypothesis may explain overeating and the obesity epidemic. *Med hypotheses* 2009; 73(6): 892-899.
48. Kim HJ. Sodium intake status in Korea and plan for improvement of sodium intake estimation in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Public Health Wkly Rep KCDC* 2014; 7(20): 425-430.