



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 승 민 교수 지도
석사학위 청구논문

한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련
지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성

2019

성신여자대학교 대학원
식품영양학과
송 영 주

한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련
지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성

이 승 민 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2018년 11월

성신여자대학교 대학원

식품영양학과

송 영 주

인 준 서

송영주의 석사학위 논문으로 인준함

2018년 11월

심사위원장 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

성신여자대학교 대학원

논문 개요

본 연구는 질병관리본부의 한국인유전체역학조사사업(Korean Genome and Epidemiology Study)의 지역사회기반코호트 2001년 1기 기반조사부터 2014년 7기 조사 자료를 이용하여 한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성을 살펴보았다.

나트륨 섭취 수준은 기반조사에서의 반정량 식품섭취빈도조사(semi-quantitative food frequency questionnaire, FFQ) 결과로부터의 나트륨 섭취량(mg/일)과 Tanaka 공식을 이용한 24시간 추정 소변 나트륨 배설량(mmol/일)(이하 24시간 소변 나트륨 배설량)으로 평가하였다. 비만관련 지표로는 체중과 키를 이용한 체질량지수(body mass index, BMI, kg/m²)와 허리둘레(cm), 제지방량(kg) 및 체지방량(kg)과 각각의 추적기간 동안의 변화량이다.

연구대상자는 지역사회기반코호트 2001년 1기 기반조사에 참여한 40~69세 성인 10,030명 중 만성질환 및 중양질환 등 과거력 및 총 섭취 열량 이상치(500kcal 미만, 5000kcal 이상)를 가진 대상자와 최종 추적 완료 시점까지 중도 탈락된 대상자를 제외하였다. 또한 FFQ로부터의 나트륨 섭취량 및 24시간 소변 나트륨 배설량 결측값인 대상자를 제외하였다. FFQ 나트륨 섭취량 대상자는 총 2,593명(남성:1,269명, 여성 1,324명)이고, 24시간 소변 나트륨 배설량 대상자는 총 1,344명(남성:561명, 여성 783명)이었다.

통계 분석은 SAS Version 9.4(Statistic Analysis System, SAS Institute, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하였다. 모든 통계적 검정은 유의수준 $p < 0.05$ 에서 실시하였다. 두 군간 비교는 카이제곱 검정(chi-square test) 또는 독립표본 t-검정으로 군간 자료 분포 평균의 차이 여부를 평가하였다.

나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 연관성은 피어슨 상관분석 및 부분 피어슨 상관분석과 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 로지스틱 분석으로 나트륨 섭취 위험도에 대한 오즈비(odds ratio, OR)와 이에 대한 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)으로 나타내어 비교하였다. 비만 판정은 아시아 태평양 비만 진단기준인 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 이상으로 적용하였다. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 전향적 연관성은 다중선형회귀분석(multiple linear regression analysis)을 이용하여 분석하였다. 보정변수로는 나이, 총 섭취열량, 교육 수준, 소득 수준, 신체활동, 흡연, 음주를 포함되었다.

성별에 따라 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 피어슨 상관분석 결과, FFQ로부터의 나트륨 섭취량은 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 제지방량, 체지방량 중 허리둘레에서만 유의한 결과가 나타났다(남성: $r=0.068$, $p=0.016$; 여성: $r=0.089$, $p=0.001$). 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량은 피어슨 상관분석 및 부분 피어슨 상관분석을 살펴본 결과, 남녀 모두 모든 비만관련 지표와 유의한 상관성을 가지는 것으로 나타났다($p<0.001$).

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량 4분위별 비만 유병률을 살펴본 결과, 여성에서만 보정 변수를 포함하지 않았을 때 FFQ로부터의 나트륨 섭취량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 증가하였다(Crude: p for trend= 0.014). 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만 유병률을 살펴본 결과, 남녀 모두 보정변수를 포함한 경우 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 유의하게 증가하였다($p<0.001$).

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량 4분위별 비만관련 지표의 추적기간 동안의 변화량을 살펴본 결과, 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 제지방, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 BMI, 허리둘레, 체지방 변화량의 유의

한 차이가 관찰되지 않았다. 반면, 체지방의 변화량에서는 24시간 소변 나트륨 농도가 증가함에 따라 유의하게 감소되었다(Model 2:p for trend=0.034). 여성에서는 BMI(Crude:p for trend=0.010, Model 1:p for trend=0.048)와 체지방의 변화량은 유의하게 감소되었고(Model 2:p for trend<0.001), 허리둘레의 변화량은 유의하게 증가되었다(Model 2:p for trend=0.031).

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량이 1,000mg/일 증가할 때마다 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서는 모든 비만관련 지표의 변화량에 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 반면 여성에서는 FFQ로부터의 나트륨 섭취량이 1,000mg/일 증가할 때마다 체지방량이 유의하게 0.108kg(Model 2:p=0.029) 증가하였다. 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol(≒2,300mg)/일씩 증가함에 따라 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서 BMI와 체지방량은 각 - 0.69kg/m²(Model 2:p=0.037), - 1.41kg(Model 2:p=0.002) 유의하게 감소하였다. 여성에서 보정변수를 포함하였을 때 BMI와 체지방량은 각 - 0.75kg/m²(Model 2:p=0.014), -1.17kg(Model 2:0.004) 유의하게 감소하였다. 허리둘레는 보정변수를 포함하지 않았을 때 2.60cm(Crude:p=0.032) 유의하게 증가하였다.

본 연구의 횡단적 분석에서 24시간 소변 나트륨 배설량은 모든 비만관련 지표와 유의한 상관성을 나타냈고, 보정변수를 포함한 경우 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 유의하게 증가하였다. 반면 전향적 분석에서 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 남성의 체지방의 변화량이 유의하게 감소되었으며, 여성의 BMI, 체지방의 변화량은 유의하게 감소되었고 허리둘레는 유의하게 증가되었다. 또한 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol/일 증가함에 따라 보정변수를 포함하지 않았을 경우 여성에서만 허리둘레가 증가되었고, 보정변수를 포함한 경우 남녀 모두 BMI와 체지방량은 감소되었다. 그러므로 본 연구의 결과를 종합적으로 볼 때, 한국

성인에게서 나트륨 과잉 섭취가 허리둘레 증가와 체지방 감소에 횡단적 및 전향적 연관성이 있음을 확인하였다.

본 연구는 한국 성인의 나트륨 섭취와 비만 관련 지표 간의 상관성과 인과 관계에 대한 근거를 제시하고 비만 예방 및 관리에 필요한 기초자료를 제공한다. 향후 우리나라 보건의료 정책 수립 및 건강 증진 전략에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

목 차

논문개요

I. 서론	1
II. 연구 방법	6
1. 연구 자료	6
1) 설문조사	7
2) 식사조사	7
3) 신체계측 및 검진	8
4) 임상검사	8
2. 연구 대상자	10
3. 통계 분석 방법	12
III. 연구 결과	14
1. 연구 대상자 특성	14
1) 일반적 특성	14
2) 신체계측 및 생화학적 지표	16
3) 나트륨 섭취 수준 비교	18
4) 비만관련 지표의 평균 변화량 비교	19
2. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 연관성	20
1) 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 상관관계	20
2) 나트륨 섭취 수준에 따른 비만 유병률	23

3. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 전향적 연관성 26
1) 나트륨 섭취 수준과 비만관련 지표 변화량의 연관성 26
2) 나트륨 섭취에 따른 비만관련 지표의 변화량 간의 연관성 31
IV. 고찰 34
V. 결론 및 요약 38

참고문헌

ABSTRACT

List of tables

Table 1. Summary of cohort study results on association between sodium intake and obesity-related variables	5
Table 2. Contents of questionnaire survey	7
Table 3. General characteristics of subjects at baseline	15
Table 4. Anthropometric and biochemical variables at baseline by sex	17
Table 5. Comparison of variables for sodium intake at baseline by sex	18
Table 6. Longitudinal mean changes in obesity-related variables by sex	19
Table 7. Pearson correlation coefficients between FFQ sodium intake and obesity-related variables at baseline by sex	21
Table 8. Partial correlation coefficients adjusted for age(years) and energy intake(kcal) between FFQ sodium intake and obesity-related variables at baseline by sex	21

Table 9. Odds ratios for obesity prevalence according to FFQ sodium intake at baseline by sex	24
Table 10. Odds ratios for obesity prevalence according to 24-hour urinary sodium excretion at baseline by sex	25
Table 11. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related anthropometric variables across quartiles of FFQ sodium intake in men	27
Table 12. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of FFQ sodium intake in women ..	28
Table 13. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of 24-hour urinary sodium excretion in men	29
Table 14. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of 24-hour urinary sodium excretion in women	30
Table 15. Longitudinal mean changes in obesity-related variables per 1,000mg/d increase in FFQ sodium intake by sex	32

Table 16. Longitudinal mean changes in obesity-related variables per
100mmol(=2,300mg)/d increase in 24-hour urinary sodium
excretion by sex 33

List of figures

- Figure 1. Flow chart of subject selection process 11
- Figure 2. Correlation coefficients between 24-hour urinary sodium excretion and obesity-related variables at baseline by sex .. 22

I. 서론

1. 연구 필요성

한국인의 나트륨 1일 평균 섭취량은 2014~2016년 각각 3,744.2mg/일, 3,874.2mg/일, 3,666.2mg/일으로, 이는 2,000mg/일인 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 나트륨 섭취 권장수준보다 높은 수준이다 (Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2016). 나트륨은 삼투압 유지, 산 염기 평형, 근육 자극 반응과 신경자극 전달에 중요한 역할을 하는 무기질이지만, 과잉 섭취 시 고혈압, 심혈관계 질환, 당뇨병, 위암 발생 등 각종 만성질환과의 연관성이 보고된 바 있다.

WHO에 따르면 비만은 ‘건강을 해칠 정도로 지방조직에 비정상적인 또는 과도한 지방질이 축적되어 있는 상태’로 정의된다. 2016년 국민건강통계에 의하면 비만 유병률은 지속적으로 증가하여, 2016년 성인 남성의 유병률은 41.8%로 10명중 4명에 해당 될 정도로 높은 수준이다. 특히 연령대 별 비만 유병률을 살펴본 결과, 남성의 경우 40대에서, 여성의 경우 70대 이상에서 높게 나타났다. 비만은 고혈압, 제 2형 당뇨병, 심혈관계 질환, 대사증후군 유병률, 사망률 등과 연관성이 있는 것으로 보고된 바 있다. 비만 발생의 정확한 원인은 밝혀지지 않았으나, 유전적 요인, 염증작용, 식이요인, 신체활동의 부족 등 생활습관을 포함한 다양한 요인들에 의해 발생하는 것으로 예상된다. 특히 비만은 식이요인 중 나트륨 섭취와 독립적으로 연관성이 있을 것으로 보여지는데, 나트륨 섭취와 비만과의 인과관계 가설은 다음과 같다.

첫째, 소금민감성 유전자로 인한 비만 발생이다. Lee 등(2014)에 따르면 ‘소금 민감성’의 표준화된 국제적 정의가 설립되어 있지 않지만, 나트륨 섭취의

변화에 따라 혈압이 5~10% 변화되는 경우 혹은 저염 식사(10mM)을 한 후 측정된 아침혈압 대비 생리적 식염수 2L를 섭취한 후 측정된 평균 혈압이 10mmHg이상 증가한 경우를 말한다. 이에 소금민감성을 높이는 변이 유전자는 혈액 내 삼투압 작용으로 인해 혈액량이 늘고, 고혈압의 발생 위험이 있다. Lee 등(2014)의 연구에 따르면 소금민감성을 유발한다고 밝혀진 GRK4A486V, ACE, SLC12A3 변이 유전자가 나트륨 섭취가 증가함에 따라 비만 위험이 각 7.06, 16.8, 46.09배 증가한 것으로 보고하였다. 이는 소금 민감 유전자가 직접적으로 비만과 연관이 있지는 않지만 혈압과 관계없이, 소금민감성 유전자로 인한 인슐린 저항성이 비만 발생에 영향을 미쳤을 것으로 주장하였다. 둘째, 염증으로 인한 비만 발생이다. 비만은 낮은 수준의 만성 염증으로 간주될 수 있으며, 나트륨 과잉 섭취는 염증반응과 연관성이 있고 이로 인해 비만이 발생된다는 연구가 보고된 바 있다. Zu 등(2014)에 따르면 미국 14~18세 766명 청소년을 대상으로 한 연구에서 고 나트륨 섭취는 체중($r=0.23$, $p<0.01$), 체질량지수(body mass index, BMI($r=0.23$, $p<0.01$), 허리둘레($r=0.23$, $p<0.01$), 체지방률($r=0.17$, $p=0.03$), 체지방량($r=0.23$, $p<0.01$), 피하복부둘레($r=0.25$, $p=0.02$), 렙틴($r=0.20$, $p<0.01$) 그리고 염증 지표 중 하나인 TNF- α ($r=0.61$, $p=0.02$)와 관련되고 있다고 주장하였다. 이 가설 또한 지방세포에서 분비되는 유리지방산 및 염증성 Cytokine이 인슐린 작용을 저해하여, 인슐린 민감성이 낮아지고, 인슐린 저항성이 높아지면서 비만이 유발되는 것으로 보여진다. 세 번째, 렙틴 호르몬으로 인한 비만 발생이다. Miriam 등(2007)에 따르면 고 나트륨 식이의 쥐로부터 고배설량의 혈청 렙틴과 지방세포 증대를 보고하였다. 이는 고 나트륨 섭취가 지방조직에서 분비되어 체지방을 일정하게 유지하는 호르몬 '렙틴'과 지방생합성에 관여하는 효소들의 활성을 높이게 되어, 지방세포의 비대와 내장지방의 크기를 증가시켜 비만을 유도시키는 것으로 보여진다고 주장하였다.

네 번째로, 교감신경계 작용 활성화로 인한 비만 발생이다. Cocores 등 (2009)에 따르면 고 나트륨 섭취는 도파민 수용체가 뇌의 보상 및 쾌락 중추(reward and pleasure centers)를 자극하여 계속해서 짠 음식을 섭취하도록 중독 증세를 일으키고, 과식을 유발하여 비만으로 이어지는 것으로 보여진다고 주장하였다.

이런 가설을 바탕으로 현재까지 나트륨과 비만 및 비만관련 지표와의 연관성은 다수의 횡단연구에서 보고된 바 있다. Hoffmann 등(2009)에 따르면 소변 나트륨 배설량을 4분위로 나누어 BMI와의 구간 평균의 차이를 로지스틱 분석으로 살펴본 결과, 소변 나트륨 배설량이 높을수록 BMI 값이 유의하게 증가하였다($p<0.001$). 또한, Yuan 등(2015)에 따르면 어린이와 성인에서, 보정변수를 포함하였을 때 24시간 소변 나트륨에 의한 소금섭취량이 높은 군이 낮은 군에 비해 과체중과 비만의 위험에 각각 28%, 26% 연관성이 있음을 주장하였다.

또한 나트륨과 비만관련 지표와의 연관성은 다수의 코호트 연구에서도 보고된 바 있는데, 다음 Table 1은 국외 나트륨과 비만 및 비만 관련 지표 간의 연관성 코호트 연구를 요약한 표이다. Libuda 등(2011)에 따르면 시간변수를 포함하였을 때 기반조사에서의 이들의 24시간 소변 나트륨 배설량은 BMI와 체지방비율과 연관성이 있음을 주장하였다($p<0.001$). 또한 Larsen 등(2013)에 따르면 24시간 소변 나트륨 배설량과 체중, 허리둘레, 체지방, 체지방의 변화량 간의 연관성을 살펴 본 결과, 보정변수를 포함하였을 때 소변 나트륨 배설량이 100mmol/일 증가할 때마다 체지방은 0.24kg($p=0.015$) 증가하였고, 체지방량은 0.21kg($p=0.04$) 감소하였다.

국외 연구들과 비교하여 국내 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 연관성을 규명하는 전향적 연구는 전무하다. 그러므로 국내 코호트 연구를 통한 한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성 연구를

수행할 필요성이 있다. 그러므로 본 연구에서는 식사조사와 임상검사를 이용하여 나트륨 섭취 수준을 FFQ에서의 나트륨 섭취량(mg/일)과 Tanaka 공식을 이용한 24시간 추정 소변 나트륨 배설량(mmol/일)(이하 24시간 소변 나트륨 배설량)으로 평가하고, 비만관련 지표로는 체중과 키를 이용한 BMI(body mass index, kg/m²)와 허리둘레(cm), 체지방량(kg) 및 체지방량(kg)과 각각의 추적기간 동안의 변화량을 이용하여 나트륨 섭취 수준과 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성을 살펴보았다.

전향적 연구(Prospective study)는 잠재적 위험요인에 대한 정보를 현재 시점에서 습득하여 장기간 추적 연구를 통해 위험요인에 따른 질병의 발생 및 인과관계를 추적하는 연구의 방법으로, 횡단적 연구(Cross-sectional study)를 통해 얻어진 가설을 검증할 수 있는 연구 결과의 타당성이 뛰어난 역학조사의 방법이다. 따라서 본 연구에서는 지역사회기반코호트를 바탕으로 한국 성인의 나트륨 섭취 수준과 비만 및 비만관련 지표의 연관성에 대한 근거를 제시하고 비만 예방 및 관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

Table 1. Summary of cohort study results on association between sodium intake and obesity-related variables

Authors	Year	Sodium intake measurement	Outcome measurement	Key results	Subjects (n)	Age (years)	Follow-up (years)	Country
G. Hu et al	2005	24h Na	BMI	There was a significantly increasing trend in the mean values of 24h potassium excretion, BMI, diastolic blood pressure and daily coffee consumption and in the prevalence of obesity and hypertension by increasing sodium intake.	M : 932 W : 1,003	35~64	18.1	Finland
A Venezia et al	2010	24h Na	BMI	Significantly higher urinary sodium excretion was observed in overweight, obese and untreated hypertensive participants in comparison to normal-weight and treated hypertensive individuals, respectively.	M : 940	25~75	30	Italy
L Libuda et al	2011	Two 24h Na Two Dietary Records	BMI TBPF	Baseline excretion of urinary sodium excretion was positively associated with BMI and TBPF at baseline in the crude and adjusted model.	364	3~18	7	Germany
Sofus Larsen et al	2013	24h Na	BW WC FM FFM	There is a positive association between 24h urinary sodium and subsequent gain in FM and loss in FFM.	215	30~60	6	Denmark
N Jain et al	2014	Spot Na (in morning)	TBPF	Urinary sodium-to-potassium was independently associated with TBPF.	M : 1,242 W : 1,540	30~65	-	US

Abbreviations: 24h Na, 24h urinary sodium excretion; BMI, body mass index; BW, body weight; WC, waist circumference; WHtR, waist-height ratio; TBPF, total body percentage fatness; FM, fat mass; FFM, free fat mass; Spot Na, spot urinary sodium

II. 연구 방법

1. 연구 자료

KoGES는 한국인의 만성질환과 유전적 및 환경적인 요인 등의 연관성을 규명하고 40세 이상 일반 인구집단을 장기 추적하는 전향적 코호트이다.(Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2014) 세부 코호트로는 지역사회기반코호트, 도시기반코호트, 농촌기반코호트 등의 일반인 기반코호트와 쌍둥이 및 가족코호트, 국제협력코호트, 국내이주자코호트 등의 유전-환경모델코호트로 구성되어 있다. 이 중 지역사회기반코호트는 2001년 서울 근교 중소도시인 안산 지역과 농촌 지역인 안성 지역의 40~69세 거주자 10,030명(남성 4,758명, 여성 5,272명)을 대상으로 2년 주기의 반복 추적 조사를 시행되고 있다. 지역사회기반코호트에서는 건강 및 생활습관 관련 설문조사, 식사조사, 신체계측 및 검진, 임상검사로부터 역학 자료와 혈액, 소변 등의 인체자원을 수집한다.

본 연구는 지역사회기반코호트를 이용하여 한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성을 살펴보았다. 횡단적 연관성은 지역사회기반코호트의 2001년 1기 기반조사 자료를 이용하였으며, 전향적 연관성은 지역사회기반코호트의 2001년 1기 기반조사부터 2014년 7기 조사까지 총 14년 자료(평균 추적 기간:11.7±0.3년)를 이용하였다. 본 연구의 프로토콜은 성신여자대학교 생명윤리심의위원회로부터 심의 면제 받았다. (SSWUIRB 2018-025)

1) 설문조사

설문조사 항목은 기본정보, 일반사항, 과거 질병력, 흡연 및 음주, 신체활동으로 구성되었다.(Table 2)

Table 2. Contents of questionnaire survey

항목	내용
기본정보	성별, 나이, 조사일
일반사항	학력, 수입
과거력	고혈압, 당뇨병, 심근경색, 울혈성 심부전, 관상동맥질환, 고지혈증, 말초혈관질환, 신장질환, 중앙질환
흡연 및 음주	흡연력, 음주력
신체활동	강도별 하루 일과 중 육체적 활동 시간

2) 식사조사

본 연구의 식사조사는 기반조사에서의 초판 FFQ 결과(2001)를 사용하였다. FFQ 조사지는 총 106개 식품의 식품별 섭취빈도(9단계)와 섭취분량(3단계) 순으로 이루어졌으며 Ahn 등(2003)에 의하여 타당성이 검증되었다.

섭취 빈도는 지난 1년간 평균 섭취 빈도(거의 안먹음, 월1회/2~3회, 주 1~2회/3~4회/5~6회, 일 1회/2회/3회)로 제시하였다. 2개 이상의 식품목록 중 한 가지라도 먹는다고 응답하였을 경우, 섭취한 것으로 간주하였으며, 여러 식품을 섭취하는 경우에는 각 해당 식품의 섭취빈도를 모두 합하여 계산하였다.

섭취 분량은 평균 1회 섭취 분량(소·중·대)으로 제시하였다. 평균 1회 섭취 분량은 우리나라 성인(40~69세)이 실제로 섭취하는 식품·음식 별 평균 1회 섭취 분량을 기준(중)으로 하며, 기준의 0.5배 분량을 '소', 1.5배 분량을 '대'으로 제시되었다. 각 식품의 눈 대증량은 사진을 이용하여 추정하였다.

영양소 섭취량은 각 식품별 1일 평균 섭취량의 식품성분표에서의 100g당 23개의 영양소 합량(The Korean Society of Nutrition 2000)을 근거로 환산

하였다. 1일 평균 섭취량으로는 106개 식품의 1일 평균 섭취빈도와 1회 섭취 분량을 곱하여 계산한 값이다.

3) 신체계측 및 검진

신장 및 체중 측정은 대상자의 머리를 정면으로 보게 하고, 수평면에 곧바로 세운 뒤 대상자의 양팔은 자연스럽게 늘어뜨리고, 숨을 깊게 들이 마신 상태에서 기계의 수평판을 머리의 정점에 닿게 하였다. 신장은 cm단위로, 체중은 kg단위로, 소수점 한 자리까지 표기하였다.

허리둘레 측정은 줄자를 이용하여 대상자의 가장 아래에 위치한 갈비뼈와 장골능선 사이의 중간 부위인 둘레를 수평으로 유지한 상태로 3회 측정하였다. 허리둘레는 cm단위로, 소수점 한자리까지 표기하였다.

체지방량 및 제지방량 측정은 대상자의 손에 전해질 티슈로 손바닥과 발바닥을 충분히 닦게 한 후 발판에 올라서게 하였다. 대상자는 양팔을 자연스럽게 편 상태에서 30도 가량 벌린 자세를 유지하였다. 체지방량 및 제지방량은 kg단위로, 소수점 한자리까지 표기하였다.

혈압 측정은 앉은 상태에서 대상자의 팔을 심장 높이에 두고서 혈압을 측정하였다. 수은혈압계를 이용하여 측정하며 최소 1분 이상 지난 후 2차 측정하였으며, 2번 측정된 혈압이 5mmHg 이상 차이가 나거나 재측정 하였다. 혈압은 mmHg단위로, 소수점 한자리까지 표기하였다.

4) 임상검사

혈액 채취는 대상자가 8시간 금식 후 공복상태에서 Vacutainer™ needle(2~23 gauge)을 이용하여 채혈하였다. 채혈 후 튜브는 제조사의 프로토콜과 전처리 방법에 따라 처리하여 냉장보관 후 시료 분석을 통해 혈중 혈당, HDL-콜레스테롤, 중성지방을 측정하였다.

소변은 대상자가 전날 저녁 식사 이후 공복 8~14시간 지난 상태에서 오전 중으로 중간뇨 20mL를 수집하여 분석하였다. 소변 나트륨 배설량 검사는 Integra 800 (Roche) 장비를 이용하여 이온 선택성 전극(Ion Selective Electrode) 방법을 시행하였다. 24시간 소변 나트륨 배설량(mmol/일)은 대상자의 나이, 체중, 신장, 단회뇨 나트륨 농도 및 크레아티닌 양을 이용한 Tanaka 공식으로 환산하여 분석하였다.¹⁾

1) 24-hour urinary sodium excretion (mmol/d)=21.98×[Na⁺(mmol/L)+Cr(mg/L)×(-2.04×나이+14.89×체중(kg)+16.14×신장(cm)-2,244.45)]^{0.392}

2. 연구대상자

본 연구는 2001년 1기 기반조사부터 2014년 7기 조사까지 시행된 지역사회 기반코호트 자료를 사용하였다. 연구 대상자는 비만 발생에 영향을 미칠 수 있는 만성질환과 총 섭취 열량 이상치를 갖고 있지 않으며 최종 조사기간까지 추적된 대상으로 선별하였다. 그러므로 1기 기반조사 10,030명 중 만성질환자(고혈압, 당뇨병, 심근경색, 울혈성 심부전, 관상동맥질환, 고지혈증, 말초혈관질환, 신장질환, 중앙질환)와(n=4,144), 기반조사에서의 총 섭취 열량이 500kcal 미만이거나 5,000kcal 이상인 대상자를(n=47) 제외하였다. 또한, 최종 추적완료 시점까지 중도 탈락된 대상자를(n=3,189) 제외하였다. 본 연구에서 나트륨 섭취의 평가는 FFQ로부터의 나트륨 섭취량(mg/일)과 24시간 추정 소변 나트륨 배설량(mmol/일)을 이용하였다. FFQ 나트륨 섭취 분석 대상자는 총 2,593명(남성:1,269명, 여성:1,324명)이었고, 소변 나트륨 배설량 분석 대상자는 총 1,344명(남성:561명, 여성:783명)이었다. 다음 Figure 1에서는 본 연구의 대상자 선정 과정을 요약하였다.

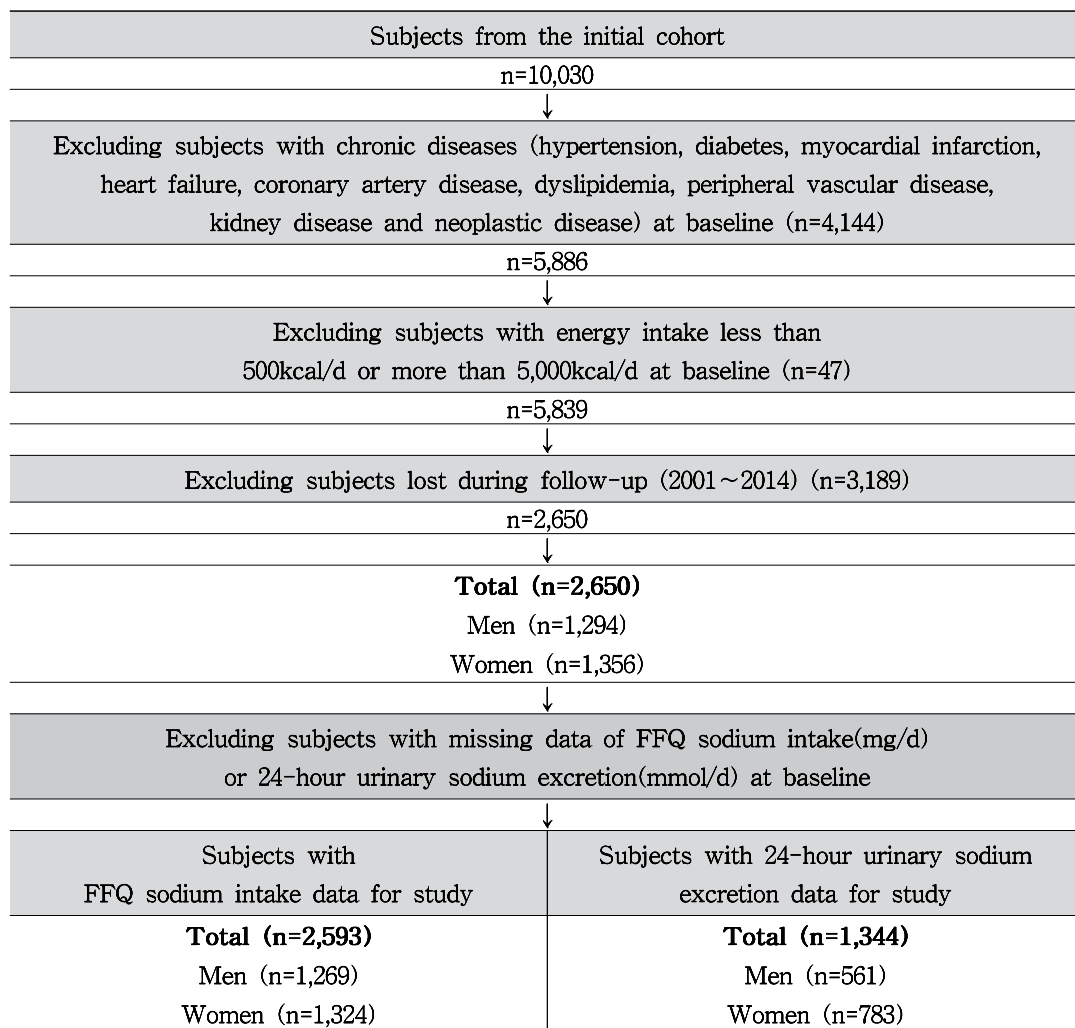


Figure 1. Flow chart of subject selection process

3. 통계 분석 방법

본 연구의 통계 분석은 SAS Version 9.4(Statistic Analysis System, SAS Institute, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하였고, 모든 통계적 검정은 유의 수준 $p < 0.05$ 에서 실시하였다.

나트륨 섭취 수준은 FFQ 결과에서의 나트륨 섭취량(mg/일)과 24시간 추정 소변 나트륨 배설량(mmol/일)로 평가하였다. 비만관련 지표는 체중과 키를 이용한 체질량지수(body mass index, BMI, kg/m^2)와 허리둘레(cm), 체지방량(kg) 및 체지방률(kg)과 각각의 추적기간 동안의 변화량으로 평가하였다. 흡연 수준은 '누적 흡연량'(Pack-years)을 이용하여 '하루 흡연량(개비/20)×총 누적 흡연기간(년)'으로 계산한 값으로 평가하였고, 1년 동안 하루 1갑씩 담배를 피웠음을 의미한다. 신체활동 수준은 국제신체활동설문(International Physical Activity Questionnaire)의 점수 환산법을 이용하여 신체활동 유형에 따른 1일 시간당 대사당량(metabolic equivalent tasks-hours/d, METs-h/d)로 평가하였다. 1 METs-h/일은 1일 중 휴식 시 안정 상태를 유지하는데 필요한 산소량으로 강도별 운동 및 활동의 산소 소비량의 배수와 하루 소요 시간을 곱한 값이다.

일반적 특성의 연속형 자료는 평균±표준편차로, 범주형 자료는 빈도와 백분율로 기술하였다. 두 군간 비교는 카이제곱 검정(chi-square test) 또는 독립표본 t-검정으로 군간 자료 분포 평균의 차이 여부를 평가하였다. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 연관성은 피어슨 상관분석과 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 로지스틱 분석으로 나트륨 섭취 위험도에 대한 오즈비(odds ratio, OR)와 이에 대한 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)으로 나타내어 비교하였다. 비만 판정은 아시아 태평양 비만 진단기준인 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 이상으로 적용하였다. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 전향적

연관성은 다중선형회귀분석(multiple linear regression analysis)을 이용하여 분석하였다. 보정 변수로는 나이(세), 총 섭취 열량(kcal/일), 소득수준(월 100만원 미만, 100~199만원, 200~399만원), 교육수준(초등학교 졸업 이하, 중학교 졸업, 고등학교 졸업, 전문대 졸업 이상), 흡연수준(Pack-years), 음주수준(음주자, 비음주자), 신체활동(METs-h/d) 변수가 포함하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구대상자 특성

1) 일반적 특성

연구 대상자의 일반사항 분포는 Table 3과 같다. 본 연구의 대상자는 총 2,650명으로, 남성은 1,294명, 여성은 1,356명으로 비슷한 비율을 차지하였으며, 평균 연령은 남녀 각각 49.9±7.8세, 50.0±8.2세였다. 전체 연령대는 40대가 가장 많았으며(58.2%) 50대, 60대 순으로 나타났다. 교육 수준은 남성의 경우 고등학교 졸업이 41.7%으로 가장 높았고 초등학교 졸업 이하가 13.2%로 가장 낮았으며, 여성의 경우 남성과 마찬가지로 고등학교 졸업이 33.7%로 가장 높았지만, 대학교 졸업 이상은 7.7%로 가장 낮았다.($p<0.001$) 수입 수준은 남성의 경우 400만원/월 미만이 38.0%로 가장 높았으며, 여성의 경우 200만원/월 미만이 31.4%로 가장 높았다.($p<0.001$) 음주 수준은 남성의 경우 현재 음주자가 74.5%인 반면, 여성의 경우 음주자가 29.3%로 유의한 차이가 나타났다.($p<0.001$) 흡연 수준은 남성의 경우 흡연자가 44.3%, 여성의 경우 흡연자가 2.4%로 유의한 차이가 나타났다.($p<0.001$) 이 중 남성에서 누적 흡연량이 11~20 Pack-years인 경우가 30.0%로 가장 많았으며, 여성의 경우 10 Pack-years 미만인 경우가 76.9%로 가장 많았다.($p<0.001$) 신체활동 수준은 남녀의 경우 METs-h/일 값이 각각 23.7±19.4, 23.8±18.4로 유의한 차이를 보이지 않았다.($p=0.889$)

Table 3. General characteristics of subjects at baseline

Characteristics	Total (n=2,650)	Men (n=1,294)	Women (n=1,356)	<i>p-value</i> ⁴⁾
	n(%)	n(%)	n(%)	
Age (years)	49.9±8.0 ¹⁾	49.9±7.8	50.0±8.2	0.829
40~49	1,543(58.2)	760(58.7)	783(57.7)	0.548
50~59	674(25.4)	333(25.7)	341(25.2)	
60~69	433(16.3)	201(15.5)	232(17.1)	
Education				
≤Elementary school graduate	619(25.9)	170(13.2)	449(33.3)	<0.001***
Middle school graduate	605(23.0)	264(20.5)	341(25.3)	
High school graduate	991(37.6)	537(41.7)	454(33.7)	
≥College graduate	421(16.0)	317(24.6)	104(7.7)	
Household income (10,000won/mon)				
<100	676(25.9)	263(20.5)	413(31.1)	<0.001***
<200	804(30.8)	387(30.2)	417(31.4)	
<400	890(34.1)	488(38.0)	402(30.3)	
≥400	241(9.2)	145(11.3)	96(7.2)	
Drinking status				
Non-drinker	1,277(48.6)	328(25.5)	949(70.7)	<0.001***
Drinker	1,353(51.4)	959(74.5)	394(29.3)	
Smoking status				
Non-smoker	2,017(77.0)	718(55.7)	1,299(97.6)	<0.001***
Smoker	604(23.0)	572(44.3)	32(2.4)	
Pack-years ²⁾				
≤10	268(27.2)	238(25.1)	30(76.9)	<0.001***
11~20	292(30.0)	284(30.0)	8(20.5)	
21~30	233(23.6)	232(24.5)	1(2.6)	
31~40	85(8.6)	85(9.0)	0(0.0)	
≥41	109(11.0)	109(11.5)	0(0.0)	
Physical activity METs-h/d ³⁾	23.7±18.9	23.7±19.4	23.8±18.4	0.890

The total subject number for some variable was less than the total sample size due to missing data

1) Mean±standard deviation

2) Pack-years : (cigarette/20)*total accumulated smoking years

3) Mets-h/d : metabolic equivalents tasks-hours/day

4) By t-test or chi-square test

*** : $P < 0.001$

2) 신체계측 및 생화학적 지표

연구 대상자의 신체 계측 및 생화학적 지표는 Table 4와 같다. BMI(남성 24.3±2.8, 여성 24.6±3.1, $p=0.024$)와 허리둘레(남성 83.2±7.4cm, 여성 80.1±9.1cm, $p<0.001$)는 성별 간 유의한 차이를 나타냈다. 수축기 혈압(남성 113.9±14.7mmHg, 여성 111.9±16.2mmHg, $p<0.001$). 이완기 혈압(남성 74.9±10.6mmHg, 여성 71.1±10.4mmHg, $p<0.001$), 공복 혈당(남성 87.4±16.6mg/dL, 여성 82.1±11.8mg/dL, $p<0.001$), 중성지방(남성 174.4±116.2mg/dL, 여성 134.6±75.4mg/dL, $p<0.001$), 총 콜레스테롤(남성 193.6±33.8mg/dL, 여성 187.0±34.3mg/dL, $p<0.001$)은 모두 유의하게 여성보다 남성의 수치가 더 높았다. 반면, HDL-콜레스테롤(남성 43.5±9.7mg/dL, 여성 46.4±9.7mg/dL, $p<0.001$)은 유의하게 남성보다 여성의 수치가 높았다.

Table 4. Anthropometric and biochemical variables at baseline by sex

Variables	Total (n=2,650)	Men (n=1,294)	Women (n=1,356)	<i>p-value</i> ²⁾
	Mean±SD ¹⁾	Mean±SD	Mean±SD	
Body mass index (kg/m ²)	24.4±3.0	24.3±2.8	24.6±3.1	0.024*
Waist circumference (cm)	81.6±8.5	83.2±7.4	80.1±9.1	<0.001***
Systolic blood pressure (mmHg)	112.9±5.5	113.9±14.7	111.9±16.2	<0.001***
Diastolic blood pressure (mmHg)	73.0±10.7	74.9±10.6	71.1±10.4	<0.001***
Fasting serum glucose (mg/dL)	84.6±14.6	87.4±16.6	82.1±11.8	<0.001***
Triglyceride (mg/dL)	154.1±99.5	174.4±116.2	134.6±75.4	<0.001***
Total cholesterol (mg/dL)	190.2±34.2	193.6±33.8	187.0±34.3	<0.001***
HDL-cholesterol (mg/dL)	45.0±9.8	43.5±9.7	46.4±9.7	<0.001***

1) Mean±standard deviation

2) By t-test

* : $P < 0.05$, *** : $P < 0.001$

3) 나트륨 섭취 수준 비교

연구 대상자의 나트륨 섭취 수준은 Table 5와 같다. FFQ로부터의 나트륨 섭취량은 $3,138.77 \pm 1,553.10 \text{mg/일}$ 이며, 남성은 $3,313.15 \pm 1,570.41 \text{mg/일}$, 여성은 $2,971.64 \pm 1,518.23 \text{mg/일}$ 으로 남성의 나트륨 평균 섭취량이 여성의 나트륨 평균 섭취량보다 유의하게 높았다. ($p < 0.001$) 또한, 성별에 따라 24시간 추정 소변 나트륨 평균 배설량을 살펴본 결과, 남성은 $125.90 \pm 20.70 \text{mmol}$ ($\approx 2,895.7 \text{mg}$)/일, 여성은 $117.88 \pm 21.11 \text{mmol}$ ($\approx 2,711.24 \text{mg}$)/일로, 남성의 소변 나트륨 평균 배설량 수치가 여성보다 유의하게 높았다. ($p < 0.001$)

Table 5. Comparison of variables for sodium intake at baseline by sex

Variables	Total	Men	Women	<i>p-value</i> ²⁾
FFQ sodium intake (mg/d)	(n=2,593) $3,138.77 \pm 1,553.10$ ¹⁾	(n=1,269) $3,313.15 \pm 1,570.41$	(n=1,324) $2,971.64 \pm 1,518.23$	< 0.001 ^{***}
24-hour urinary sodium excretion (mmol/d)	(n=1,344) 121.23 ± 21.31 ($\approx 2,788.29 \text{mg}$)	(n=561) 125.90 ± 20.70 ($\approx 2,895.7 \text{mg}$)	(n=783) 117.88 ± 21.11 ($\approx 2,711.24 \text{mg}$)	< 0.001 ^{***}

The total subject number for some variable was less than the total sample size due to missing data

Abbreviations : FFQ, food frequency questionnaire

1) Mean \pm standard deviation

2) By t-test

*** : $P < 0.001$

4) 비만관련 지표의 평균 변화량 비교

연구 대상자의 비만관련 지표 평균 변화량은 Table 6과 같다. 성별에 따라 비만관련 지표의 추적기간 동안의 변화량을 살펴본 결과, 남녀 모두 BMI는 감소하였고, 체지방량은 증가하였으며, 남녀 간 유의한 차이는 없었다. 허리둘레의 변화량은 남녀 각각 3.2±5.5cm, 3.8±6.5cm로 여성의 허리둘레 증가량이 남성보다 유의하게 높았고($p<0.008$), 체지방의 변화량은 남녀 각각 -1.6±2.4kg, -1.8±2.1kg으로 여성의 감소량이 남성보다 유의하게 높았다($p<0.009$).

Table 6. Longitudinal mean changes in obesity-related variables by sex

Variables	Men	Women	<i>p-value</i> ²⁾
	(n=1,269)	(n=1,324)	
	Mean±SD ¹⁾	Mean±SD	
ΔBody mass index (kg/m ²)	-0.1±1.5	-0.1±1.6	0.971
ΔWaist circumference (cm)	3.2±5.5	3.8±6.5	0.008*
ΔFree fat mass (kg)	-1.6±2.4	-1.8±2.1	0.010**
ΔFat mass (kg)	1.1±3.4	1.2±3.4	0.612

The total subject number for some variable was less than the total sample size due to missing data

1) Mean±standard deviation

2) By t-test

* : $P<0.05$, ** : $P<0.01$

2. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 연관성

1) 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 상관관계

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량(mg/일)과 기반조사에서의 비만관련 지표 간의 피어슨 상관분석을 실시한 결과, 남녀 모두 허리둘레에서 만 유의한 양의 상관성을 나타냈다.(남성:r=0.068, $p=0.016$, 여성:r=0.089, $p=0.001$)(Table 7)

나이와 총 섭취 열량을 보정하여 FFQ로부터의 나트륨 섭취량과 기반조사에서의 비만관련 지표 간의 부분 피어슨 상관분석을 실시한 결과, 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 체지방량, 체지방량 등의 모든 비만관련 지표에서 유의한 상관성이 보이지 않았다.(Table 8)

성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량(mmol/일)과 기반조사에서의 비만관련 지표 간의 피어슨 상관분석을 실시한 결과, 남녀 모두 BMI(남성:r=0.254, $p<0.001$, 여성:r=0.303, $p<0.001$), 허리둘레(남성:r=0.268, $p<0.001$, 여성:r=0.169, $p<0.001$), 체지방(남성:r=0.299, $p<0.001$, 여성:r=0.410, $p<0.001$), 체지방(남성:r=0.237, $p<0.001$, 여성:r=0.322, $p<0.001$) 지표에서 유의한 양의 상관성을 나타냈다. 또한 나이와 총 섭취 열량을 보정하여 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량과 비만관련 지표 간의 부분 피어슨 상관분석을 실시한 결과, 남녀 모두 BMI(남성:r=0.248, $p<0.001$, 여성:r=0.305, $p<0.001$), 허리둘레(남성:r=0.262, $p<0.001$, 여성:r=0.215, $p<0.001$), 체지방량(남성:r=0.303, $p<0.001$, 여성:r=0.391, $p<0.001$), 체지방량(남성:r=0.236, $p<0.001$, 여성:r=0.323, $p<0.001$)지표에서 유의한 양의 상관성을 보였다.(Figure 2)

Table 7. Pearson correlation coefficients between FFQ sodium intake and obesity-related variables at baseline by sex

Variables	Men (n=1,269)	Women (n=1,324)
	r(p)	r(p)
Body mass index (kg/m ³)	0.025(0.373)	0.054(0.051)
Waist circumference (cm)	0.068(0.016*)	0.089(0.001***)
fat-free mass (kg)	0.048(0.089)	0.013(0.637)
Fat mass (kg)	0.032(0.260)	0.054(0.050)

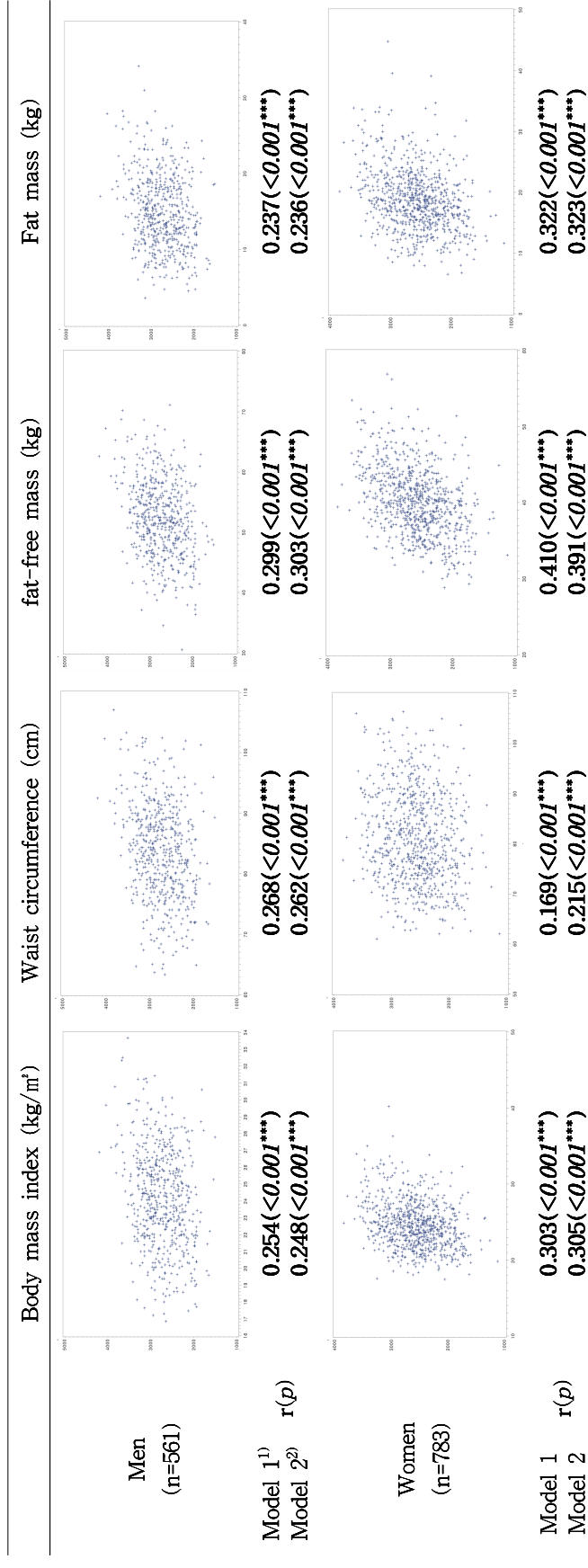
Abbreviations : FFQ, food frequency questionnaire

* : $P < 0.05$, *** : $P < 0.001$

Table 8. Partial correlation coefficients adjusted for age(years) and energy intake(kcal) between FFQ sodium intake and obesity-related variables at baseline by sex

Variables	Men (n=1,269)	Women (n=1,324)
	r(p)	r(p)
Body mass index (kg/m ³)	-0.023(0.423)	0.017(0.525)
Waist circumference (cm)	0.002(0.937)	0.020(0.468)
fat-free mass (kg)	-0.020(0.477)	-0.008(0.771)
Fat mass (kg)	0.003(0.990)	0.019(0.497)

Abbreviations : FFQ, food frequency questionnaire



1) Model 1 : by Pearson correlation

2) Model 2 : by partial Pearson correlation adjusted for age(years), energy intake(kcal)

*** : $P < 0.001$

Figure 2. Correlation coefficients between 24-hour urinary sodium excretion and obesity-related variables at baseline by sex

2) 나트륨 섭취 수준에 따른 비만 유병률

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량(mg/일) 4분위별 비만 유병률을 살펴본 결과, 여성에서만 FFQ로부터의 나트륨 섭취량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 증가하였다(Crude:*p for trend*=0.014). 그러나 이러한 유의한 연관성을 보정변수를 추가한 분석에서 유지되지 않았다.(Table 9)

성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량(mmol/일) 4분위수의 비만 유병률을 살펴본 결과, 남녀 모두 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 유의하게 증가하였다(*p for trend*<0.001).(Table 10)

Table 9. Odds ratios for obesity prevalence according to FFQ sodium intake at baseline by sex

Sex	FFQ Sodium intake (mg/d)	Crude OR(95% CI)	Model 1 ¹ OR(95% CI)	Model 2 ² OR(95% CI)
Men				
(n=1,269)	Quartile1 256.20~2,238.45	1	1	1
	Quartile2 2,238.68~3,034.98	1.16(0.84-1.60)	1.09(0.78-1.51)	1.06(0.76-1.49)
	Quartile3 3,037.33~4,070.06	1.48(1.07-2.03)	1.24(0.88-1.74)	1.21(0.86-1.71)
	Quartile4 4,074.50~14,308.29	1.19(0.86-1.64)	0.99(0.68-1.44)	0.99(0.68-1.45)
	<i>p for trend</i>	<i>0.118</i>	<i>0.472</i>	<i>0.605</i>
Women				
(n=1,324)	Quartile1 99.86~1,938.65	1	1	1
	Quartile2 1,947.66~2,739.56	1.17(0.85-1.60)	1.15(0.83-1.59)	1.17(0.84-1.63)
	Quartile3 2,745.93~3,577.99	1.23(0.90-1.68)	1.16(0.83-1.62)	1.16(0.83-1.63)
	Quartile4 3,578.89~13,354.62	1.65(1.21-2.26)	1.46(1.01-2.09)	1.48(1.02-2.15)
	<i>p for trend</i>	<i>0.014*</i>	<i>0.170</i>	<i>0.228</i>

Abbreviations : FFQ, food frequency questionnaire

1) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

2) Model 2 : Model 1 + education level(≤ elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥ college graduate), household income level(10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity(metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

* : $P < 0.05$

Table 10. Odds ratios for obesity prevalence according to 24-hour urinary sodium excretion at baseline by sex

Sex	24-hour urinary sodium excretion (mmol/d)	Crude OR(95% CI)	Model 1 ¹⁾ OR(95% CI)	Model 2 ²⁾ OR(95% CI)
Men (n=561)	Quartile1	69.36~110.61	1	1
	Quartile2	110.63~126.03	1.76(1.06-2.93)	1.74(1.03-2.94)
	Quartile3	126.28~140.86	1.85(1.11-3.07)	1.80(1.06-3.03)
	Quartile4	144.45~192.69	3.24(1.96-5.36)	3.24(1.93-5.46)
		<i>p for trend</i>	<0.001***	<0.001***
Women (n=783)	Quartile1	51.59~103.36	1	1
	Quartile2	103.37~117.79	1.29(0.84-1.97)	1.29(0.82-2.01)
	Quartile3	117.81~132.45	1.89(1.25-2.88)	1.93(1.25-3.00)
	Quartile4	132.69~176.28	2.85(1.88-4.33)	3.20(2.07-4.96)
		<i>p for trend</i>	<0.001***	<0.001***

1) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

2) Model 2 : Model 1 + education level(\leq elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, \geq college graduate), household income level(10,000won/month)(<100 , <200 , <400 , ≥ 400), physical activity(metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

*** : $P < 0.001$

3. 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 전향적 연관성

1) 나트륨 섭취 수준과 비만관련 지표 변화량의 연관성

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량 4분위별 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 체지방, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다.(Table 11, Table 12)

성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 BMI, 허리둘레, 체지방 변화량의 유의한 차이가 관찰되지 않았다.(Table 13) 반면, 체지방의 변화량에서는 24시간 소변 나트륨 농도가 증가함에 따라 유의하게 감소되었다(Crude:*p for trend*=0.032, Model 1:*p for trend*=0.006, Model 2:*p for trend*=0.034). 여성에서는 BMI(Crude:*p for trend*=0.010, Model 1:*p for trend*=0.048)와 체지방(Crude:*p for trend*=0.009, Model 1:*p for trend*<0.001, Model 2:*p for trend*<0.001)의 변화량은 유의하게 감소되었고, 허리둘레(Crude:*p for trend*=0.004, Model 1:*p for trend*=0.017, Model 2:*p for trend*=0.031)의 변화량은 유의하게 증가되었다.(Table 14)

Table 11. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of FFQ sodium intake in men

Variables		Quartile1	Quartile2	Quartile3	Quartile4	<i>p for trend</i>
		256.20 ~2,238.45 (mg/d)	2,238.68 ~3,034.98 (mg/d)	3,037.33 ~4,070.06 (mg/d)	4,074.50 ~14,308.29 (mg/d)	
		Mean±SE ¹⁾	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
ΔBMI (kg/m ²)	Crude	-0.23±0.08	-0.04±0.08	-0.10±0.08	-0.08±0.08	0.406
	Model 1 ²⁾	-0.18±0.09	-0.02±0.08	-0.14±0.08	-0.11±0.09	0.581
	Model 2 ³⁾	-0.18±0.09	-0.01±0.08	-0.12±0.08	-0.12±0.09	0.507
ΔWC (cm)	Crude	3.42±0.31	3.08±0.31	2.89±0.31	3.23±0.31	0.662
	Model 1	3.43±0.33	3.08±0.31	2.89±0.31	3.21±0.34	0.679
	Model 2	3.42±0.33	3.13±0.32	3.07±0.31	2.95±0.34	0.807
ΔFFM (kg)	Crude	-1.75±0.14	-1.58±0.13	-1.55±0.13	-1.57±0.13	0.710
	Model 1	-1.64±0.14	-1.55±0.13	-1.68±0.13	-1.59±0.14	0.909
	Model 2	-1.64±0.14	-1.54±0.13	-1.69±0.13	-1.52±0.14	0.766
ΔFM (kg)	Crude	1.01±0.19	1.31±0.19	1.18±0.19	1.04±0.19	0.654
	Model 1	1.06±0.21	1.34±0.19	1.17±0.19	0.98±0.21	0.612
	Model 2	1.07±0.21	1.37±0.20	1.24±0.19	0.86±0.21	0.319

Abbreviations: BMI,body mass index; WC,waist circumference; FFM,fat-free mass;

FM,fat mass; FFQ,food frequency questionnaire

1) Mean±standard error

2) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

3) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

Table 12. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of FFQ sodium intake in women

Variables		Quartile1	Quartile2	Quartile3	Quartile4	<i>p for trend</i>
		99.86 ~1938.65 (mg/d)	1,947.66 ~2,739.56 (mg/d)	2,745.93 ~3,577.99 (mg/d)	3,578.89 ~13,354.62 (mg/d)	
		Mean±SE ¹⁾	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
ΔBMI (kg/m ²)	Crude	-0.09±0.09	-0.17±0.09	-0.10±0.09	-0.09±0.09	0.920
	Model 1 ²⁾	-0.11±0.09	-0.19±0.09	-0.12±0.09	-0.03±0.10	0.719
	Model 2 ³⁾	-0.11±0.10	-0.19±0.09	-0.15±0.09	-0.02±0.10	0.675
ΔWC (cm)	Crude	3.78±0.36	3.57±0.36	4.12±0.36	3.67±0.36	0.726
	Model 1	3.67±0.38	3.51±0.36	4.11±0.36	3.86±0.39	0.689
	Model 2	3.73±0.39	3.56±0.37	4.03±0.37	3.71±0.41	0.840
ΔFFM (kg)	Crude	-1.82±0.12	-1.88±0.12	-1.80±0.12	-1.88±0.12	0.942
	Model 1	-1.85±0.12	-1.94±0.11	-1.85±0.11	-1.74±0.12	0.715
	Model 2	-1.90±0.12	-1.96±0.12	-1.84±0.12	-1.71±0.13	0.567
ΔFM (kg)	Crude	1.26±0.19	1.10±0.19	1.20±0.19	1.27±0.19	0.918
	Model 1	1.27±0.20	1.08±0.19	1.17±0.19	1.30±0.21	0.844
	Model 2	1.31±0.20	1.08±0.19	1.10±0.19	1.28±0.21	0.768

Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; FFM, fat-free mass;

FM, fat mass; FFQ, food frequency questionnaire

1) Mean±standard error

2) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

3) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

Table 13. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of 24-hour urinary sodium excretion in men

Variables		Quartile1	Quartile2	Quartile3	Quartile4	<i>p for trend</i>
		69.36 ~110.61 (mmol/d)	110.621 ~126.03 (mmol/d)	126.27 ~140.85 (mmol/d)	140.87 ~192.69 (mmol/d)	
		Mean±SE ¹⁾	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
ΔBMI (kg/m ²)	Crude	0.11±0.13	0.02±0.13	-0.22±0.13	-0.14±0.13	0.290
	Model 1 ²⁾	0.11±0.13	-0.02±0.13	-0.26±0.13	-0.15±0.13	0.230
	Model 2 ³⁾	0.13±0.14	0.06±0.13	-0.32±0.14	-0.15±0.14	0.092
ΔWC (cm)	Crude	2.38±0.47	2.62±0.47	2.44±0.47	2.37±0.47	0.980
	Model 1	2.29±0.48	2.41±0.49	2.27±0.49	2.36±0.49	0.997
	Model 2	2.53±0.50	2.67±0.49	1.82±0.50	2.16±0.549	0.626
ΔFFM (kg)	Crude	-0.62±0.19	-0.69±0.19	-1.21±0.19	-1.23±0.19	0.032*
	Model 1	-0.53±0.18	-0.64±0.18	-1.23±0.18	-1.25±0.18	0.006**
	Model 2	-0.52±0.19	-0.58±0.19	-1.11±0.19	-1.13±0.19	0.034**
ΔFM (kg)	Crude	0.79±0.28	0.53±0.28	0.36±0.28	0.61±0.28	0.743
	Model 1	0.73±0.28	0.43±0.28	0.25±0.29	0.59±0.28	0.659
	Model 2	0.80±0.29	0.59±0.28	-0.03±0.29	0.50±0.28	0.225

Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; FFM, fat-free mass; FM, fat mass

1) Mean±standard error

2) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

3) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

** : $P < 0.01$

Table 14. Comparison of longitudinal mean changes in obesity-related variables across quartiles of 24-hour urinary sodium excretion in women

Variables		Quartile1	Quartile2	Quartile3	Quartile4	<i>p for trend</i>
		51.58 ~103.36 (mmol/d)	103.37 ~117.78 (mmol/d)	117.81 ~132.44 (mmol/d)	132.69 ~176.27 (mmol/d)	
		Mean±SE ¹⁾	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
ΔBMI (kg/m ²)	Crude	0.12±0.12	-0.14±0.12	-0.28±0.12	-0.21±0.12	0.010**
	Model 1 ²⁾	0.15±0.12	-0.13±0.12	-0.27±0.12	-0.27±0.12	0.048*
	Model 2 ³⁾	0.16±0.13	-0.12±0.13	-0.24±0.13	-0.29±0.13	0.064
ΔWC (cm)	Crude	1.83±0.51	2.29±0.51	1.64±0.51	3.99±0.51	0.004**
	Model 1	2.02±0.52	2.31±0.51	1.77±0.52	3.92±0.52	0.017*
	Model 2	1.91±0.54	2.24±0.55	1.69±0.56	3.77±0.54	0.031*
ΔFFM (kg)	Crude	-0.85±0.14	-0.92±0.14	-1.34±0.14	-1.39±0.14	0.009**
	Model 1	-0.79±0.13	-0.87±0.13	-1.27±0.13	-1.51±0.13	<0.001***
	Model 2	-0.75±0.14	-0.89±0.14	-1.28±0.14	-1.44±0.14	<0.001***
ΔFM (kg)	Crude	0.62±0.24	0.35±0.24	0.38±0.24	0.67±0.24	0.699
	Model 1	0.69±0.24	0.35±0.24	0.40±0.24	0.52±0.24	0.766
	Model 2	0.64±0.25	0.37±0.25	0.51±0.26	0.41±0.25	0.870

Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; FFM, fat-free mass;

FM, fat mass

1) Mean±standard error

2) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

3) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

* : $P<0.05$, ** : $P<0.01$, *** : $P<0.001$

2) 나트륨 섭취에 따른 비만관련 지표의 변화량 간의 연관성

성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취가 1,000mg/일 증가함에 따른 비만 관련 지표의 변화량 간의 연관성을 살펴본 결과, 남성에서는 BMI, 허리둘레, 체지방, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 여성에서는 BMI, 허리둘레, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았지만, 체지방의 변화량은 0.108kg(Model 2: $p=0.029$) 유의하게 증가하였다.(Table 15)

성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol($\approx 2,300$ mg)/일씩 증가함에 따라 비만관련 지표의 변화량 간의 연관성을 살펴본 결과, 남성에서 BMI와 체지방량이 각각 -0.69kg/m^2 (Model 2: $p=0.037$), -1.41kg (Model 2: $p=0.002$) 유의하게 감소하였다. 여성에서 BMI와 체지방량이 각각 -0.75kg/m^2 (Model 2: $p=0.014$), -1.17kg (Model 2: $p=0.004$) 유의하게 감소하였다. 허리둘레는 보정변수를 포함하지 않았을 때 2.60cm(Crude: $p=0.032$) 유의하게 증가하였다.(Table 16)

Table 15. Longitudinal mean changes in obesity-related variables per 1,000mg/d increase in FFQ sodium intake by sex

Sex	Variables	Crude	Model 1 ¹⁾	Model 2 ²⁾
		r(p)	r(p)	r(p)
Men				
(n=1,269)	ΔBody mass index (kg/m ²)	0.035(0.189)	0.022(0.480)	0.011(0.645)
	ΔWaist circumference (cm)	-0.002(0.980)	-0.003(0.980)	-0.093(0.477)
	ΔFat-free mass (kg)	0.065(0.131)	0.057(0.239)	0.065(0.190)
	ΔFat mass (kg)	-0.019(0.756)	-0.052(0.469)	-0.099(0.220)
Women				
(n=1,324)	ΔBody mass index (kg/m ²)	0.027(0.362)	0.061(0.086)	0.075(0.074)
	ΔWaist circumference (cm)	-0.002(0.985)	0.079(0.584)	0.065(0.772)
	ΔFat-free mass (kg)	0.020(0.603)	0.085(0.059)	0.108(0.029*)
	ΔFat mass (kg)	0.036(0.560)	0.053(0.477)	0.057(0.546)

Abbreviations : FFQ, food frequency questionnaire

1) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

2) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

* : $P < 0.05$

Table 16. Longitudinal mean changes in obesity-related variables per 100mmol(≈2,300mg)/d increase in 24-hour urinary sodium excretion by sex

Sex	Variables	Crude	Model 1 ¹⁾	Model 2 ²⁾
		r(p)	r(p)	r(p)
Men				
(n=561)	ΔBody mass index (kg/m ²)	-0.58(0.069)	-0.63(0.051)	-0.69(0.037*)
	ΔWaist circumference (cm)	0.42(0.712)	0.43(0.714)	-0.63(0.595)
	ΔFat-free mass (kg)	-1.35(0.004**)	-1.59(<0.001***)	-1.41(0.002*)
	ΔFat mass (kg)	-0.48(0.474)	-0.45(0.512)	-0.83(0.232)
Women				
(n=783)	ΔBody mass index (kg/m ²)	-5.88(0.037*)	-0.75(0.009**)	-0.75(0.014*)
	ΔWaist circumference (cm)	2.60(0.032*)	2.20(0.076)	2.18(0.091)
	ΔFat-free mass (kg)	-0.95(0.005**)	-1.26(<0.001***)	-1.17(0.004**)
	ΔFat mass (kg)	-0.10(0.863)	-0.46(0.421)	-4.53(0.442)

1) Model 1 : adjusted for age(years), energy intake(kcal)

2) Model 2 : Model 1 + education level(≤elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, ≥college graduate), household income level (10,000won/month)(<100, <200, <400, ≥400), physical activity (metabolic equivalents tasks-hours/d), drinking(no drinking, current drinking), smoking(no smoking, current smoking)

* : $P<0.05$, ** : $P<0.01$, *** : $P<0.001$

IV. 고찰

한국의 나트륨 평균 섭취량은 WHO의 권고 기준보다 높은 수준이며 Powles 등(2013)에 따르면 한국을 포함한 아시아·태평양 국가의 평균 나트륨 섭취량은 5.00(95% CI, 4.85-5.10)g/d로, 전 세계 국가 중에서 나트륨 섭취량으로 상위권을 차지하고 있다. 또한 나트륨 과잉 섭취는 비만, 심혈관계 질환, 당뇨병 등의 만성질환 발병 위험을 높인다는 연구 결과가 국내외에서 지속적으로 보고됨을 고려할 때 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 연관성에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구의 횡단적 연관성 분석에서 남녀 모두 24시간 소변 나트륨 배설량과 모든 비만관련 지표와 유의한 양의 상관성을 보였다. 이는 Jo 등(2018)에 따르면 24시간 소변 나트륨 배설량과 BMI($p=0.009$), 허리둘레($p=0.031$), 체지방량($p=0.015$)과 유의한 상관성이 있음을 밝혀 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 본 연구에서 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 증가하는 경향을 보였는데(p for trend <0.001), 이는 Kim 등(2015)의 24시간 회상법을 통한 연구 결과와 비슷하였다. Kim 등(2015)의 연구 결과에 따르면 남성의 경우 나이와 총 섭취 열량을 보정한 경우 하루 나트륨 섭취량이 2~4g, 4~6g, 6~8g, 8g 이상을 섭취하는 군은 OR이 각각 1.27(95% CI, 0.96-1.59), 1.45(95% CI, 1.13-1.87), 1.42(95% CI, 1.08-1.86), 1.72(95% CI, 1.30-2.27)로 증가하는 경향을 보였다(p for trend <0.001). 이러한 경향은 나이, 총 섭취 열량, 만성질환 및 생활습관, 학력과 경제수준을 보정한 경우에서도 유지되었다. 반면 여성의 경우 나이와 총 섭취 열량을 보정한 경우 2g 미만인 군과 비교해서 8g 이상 나트륨을 섭취하는 군만 비만에 대한 교차비가 1.26(95% CI, 1.01-1.58)로 유의한 차이를 나타냈지만,

나트륨 섭취량에 따른 경향성은 보이지 않았고(p for trend=0.249), 나이, 총 섭취 열량, 만성질환 및 생활습관, 학력과 경제수준을 보정한 경우에서도 유지되었다. 이러한 결과는 선행연구의 24시간 회상법을 통한 나트륨 섭취량(남성:2,373.70±12.33mg/일; 여성:1,705.92±7.02mg/일)이 본 연구의 24시간 소변 나트륨 농도를 통한 나트륨 섭취량 추정(남성:약 2,895.7mg/일; 여성:약 2,711.24mg/일)보다 과소 추정되어 비만 유병 위험도에 영향을 주었을 것으로 사료된다.

본 연구의 전향적 연관성 분석에서 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만 유병률을 살펴보았을 때, 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가할수록 남성에서는 제지방량은 유의하게 감소하였고(Model 2: p for trend=0.034), 여성에서는 허리둘레가 유의하게 증가하였고(Model 2: p for trend=0.031), 제지방량은 유의하게 감소하였다(Model 2: p for trend<0.001). 또한 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol(≈2,300mg)/일씩 증가함에 따라 비만관련 지표의 변화량 간의 연관성을 살펴본 결과, 남성에서 BMI와 제지방량이 각각 -0.69kg/m²(Model 2: p =0.037), -1.41kg(Model 2: p =0.002) 유의하게 감소하였다. 여성에서 BMI와 제지방량이 각각 -0.75kg/m²(Model 2: p =0.014), -1.17kg(Model 2: p for trend=0.004) 유의하게 감소하였다. 이는 Larsen 등(2013)의 연구결과와 비슷하였는데, 연구에 따르면 6년간 262명의 대상자의 24시간 소변 나트륨 배설량에 따라 체중, 허리둘레, 체지방, 제지방의 변화량을 추적한 결과, 나이, 성별, 교육수준, 흡연수준, 신체활동, 알코올 섭취, 폐경 여부(여성), 신장, 체중변화량을 보정하였을 때, 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol/일이 증가됨에 따라 체지방의 변화량은 0.24kg(95% CI, 0.05-0.43, p =0.015) 증가하였고, 제지방의 변화량은 -0.21kg(95% CI, -0.40-0.01, p =0.041) 감소하여 본 연구의 제지방 변화량 결과와 일치하였다.

따라서 성별에 따라 나트륨 섭취 수준과 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성을 살펴본 결과, 본 연구는 나트륨 과잉 섭취가 허리둘레 증가와 체지방량 감소에 연관성이 있음을 도출하였다.

본 연구의 제한점으로는 나트륨 섭취 측정의 오류이다. Willet (2001)에 따르면 모든 식사 조사는 불완전한데, 나트륨은 단일 영양소로, 식품 자체에 함유된 것 이외에도 조리나 식사 시 배제되는 소금으로 인한 섭취가 있기 때문에 정확한 나트륨의 섭취량을 추정에 어려움이 있다. 특히 FFQ로부터의 나트륨 섭취가 24시간 소변 배설량에 비해 결과가 뚜렷이 보이지 않는 이유는 FFQ에서의 나트륨 섭취 측정의 어려움이 반영된 것으로 사료된다. Son 등(2005)에 따르면 식품섭취빈도조사지로 나트륨 섭취량을 추정하면 나트륨 급원을 쉽게 파악할 수 있지만 대상자가 제공된 음식의 기준량에 대한 양적 개념의 부족으로 잘못 응답할 가능성이 있다고 주장하였다. 음식 항목만으로는 조리 시에 첨가되는 소금을 추정하기가 어렵고, 나트륨 섭취량을 계산할 경우 표준 레시피를 이용해야하나 대상자가 표준 레시피와 다르게 먹었을 가능성이 높기 때문에 본 연구에서의 FFQ로 인한 나트륨 섭취량을 추정하기에는 한계가 있다고 사료된다. 또한 본 연구에서 단회뇨(spot urine)로부터의 나트륨 배설량을 이용하여 24시간 소변 나트륨 배설량을 추정하는 방법을 사용하였으나, 나트륨 배설량은 일반 인구 집단에서 수집하는 것이 어렵고 참여자 부담이 크다는 단점이 있고, 개인별 수분 섭취량에 영향을 받기 쉽기 때문에 24시간 소변 나트륨 배설량도 나트륨 섭취 측정에 한계가 있다. 그러나 WHO에 따르면 24시간 소변 나트륨 배설량은 하루 동안 섭취한 나트륨의 85~95%가 소변을 통해 배설되므로 나트륨 섭취 평가에 가장 적합한 기준('gold standard')으로 알려져 있다. 질병관리본부의 보고서(2018)에 따르면 단회뇨 혹은 야간뇨를 이용한 나트륨 섭취량 추정치의 국외 타당도 분석 결과를 살펴본 결과, 대부분의 연구에서 단회뇨는 24시간

소변과 상관성이 0.28~0.86으로 높은 상관성을 보였다. 특히 본 연구에서 이용된 Tanaka 공식은 단회뇨의 나트륨 배설량과 24시간 소변 나트륨 배설량과의 상관성이 0.54으로, 상당히 높은 상관성을 나타내고 있다. 또 다른 제한점으로는, 본 연구는 전향적 연구로서 나트륨과 비만과의 명확한 기전을 밝히기 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구의 한계 보완점으로 Willet (2001)에 따르면 식사 기록(dietary record)은 대상자의 기억에 의존하지 않고 그들이 실제로 섭취한 식품의 양을 양적으로 즉시 기록할 수 있기 때문에 추후 연구에서 식사 기록을 통한 나트륨 섭취량 측정에 보완될 수 있을 것으로 사료된다.

이러한 한계에도 불구하고 첫째, 장기간에 걸친 전향적 연구 자료를 통해 기존의 횡단조사 자료를 이용한 연구들이 가지는 연관성 규명의 한계나 인과관계의 불명확성을 극복하였다. 이에 본 연구는 국내 연구에서 최초로 나트륨과 비만관련 지표 간의 전향적 연관성을 밝혀내고자 하였고, 나트륨 과잉 섭취는 허리둘레 증가와 체지방량 감소에 영향을 미치는 것을 밝혔다.

본 연구를 통해 허리둘레 증가와 체지방 감소 위험을 낮추기 위해 나트륨 섭취 감소에 지속적인 노력이 필요할 것으로 사료된다. 또한 향후 식사기록 혹은 실제 식사를 대상으로 식품 내 나트륨 함량을 분석하여 보다 정확한 나트륨 섭취 수준을 파악하고, 중재연구 및 체계적 문헌고찰을 통한 고 나트륨 섭취가 비만관련 지표에 부정적인 영향을 끼치는지에 대해 명확한 근거 성립이 필요하다. 본 연구를 통해 나트륨 섭취 수준과 비만 발생의 위험 연관성이 한국 성인의 비만 예방을 위한 건강증진 전략에 활용되는 기초자료가 되기를 기대한다.

V. 결론 및 요약

본 연구에서는 지역사회기반코호트 자료를 이용하여 한국 성인의 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 횡단적 및 전향적 연관성을 분석하였다. 본 연구에서는 나트륨 섭취 수준을 FFQ로부터의 나트륨 섭취량(mg/일)의 성인 2,593명과 24시간 추정 소변 나트륨 배설량(mmol/일)의 성인 1,344명의 자료로 나트륨 섭취를 평가했으며, 비만관련 지표로는 체질량지수(body mass index, BMI, kg/m²), 허리둘레(cm), 제지방량(kg), 체지방량(kg)과 추적기간 동안의 각 지표의 변화량으로 평가하였다. 나이, 총 섭취 열량을 보정한 Model 1과 나이, 총 섭취 열량, 교육 수준, 소득 수준, 신체활동, 흡연, 음주, 혈압, 중성지방, 공복혈당, 총 콜레스테롤 요인을 보정한 Model 2에 따라 나트륨 섭취와 비만관련 지표 간의 연관성을 비교 분석하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 평균 섭취량을 살펴본 결과, 남성은 3313.15±1,570.41mg/일, 여성은 2971.64±1,518.23mg/일이며, 남성의 나트륨 섭취량이 여성보다 유의하게 높았다.($p<0.001$) 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 평균 배설량을 살펴본 결과, 남성은 125.90±21.31mmol(≈2,895.7mg)/일, 여성은 117.88±21.11mmol(≈2,711.24mg)/일로, 남성의 소변 나트륨 배설량이 여성보다 유의하게 높았다.($p<0.001$)
2. 성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량과 기반조사에서의 비만관련 지표 간의 피어슨 상관분석을 한 결과, 남녀 모두 허리둘레에서만 유의한 양의 상관성을 나타냈다(남성:r=0.068, $p=0.016$, 여성:r=0.089, $p<0.001$). 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량과 비만관련 지표 간의 피어슨 상관분석 및 부분 피어슨 상관분석을 한 결과, 보정 변수를 포함한 경우 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 제지방량, 체지방량에 유의한 양의 상관성이 나타났다.($p<0.001$)
3. 성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량을 4분위별 비만 유병률을 살펴본 결과, 여성에서만 FFQ로부터의 나트륨 섭취량이 증가함에 따라 비만 유병 위

험도가 증가하였다(Crude:*p for trend*=0.014). 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만 유병률을 살펴본 결과, 남녀 모두 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 유의하게 증가하였다 ($p<0.001$).

4. 성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취량 4분위별 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남녀 모두 BMI, 허리둘레, 체지방, 체지방의 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 체지방의 변화량에서만 유의하게 감소되었다(Crude:*p for trend*=0.032, Model 1:*p for trend*=0.006) 여성에서는 BMI(Crude:*p for trend*=0.010, Model 1:*p for trend*=0.048)와 체지방(Model 2:*p for trend*<0.001)의 변화량은 유의하게 감소되었고, 허리둘레(Model 2:*p for trend*=0.031)의 변화량은 유의하게 증가되었다.
5. 성별에 따라 FFQ로부터의 나트륨 섭취가 1,000mg/일 증가함에 따른 비만관련 지표의 변화량을 살펴본 결과, 남성에서는 BMI, 허리둘레, 체지방, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 여성에서는 BMI, 허리둘레, 체지방 변화량의 유의한 차이는 관찰되지 않았지만, 체지방의 변화량은 0.108kg(Model 2:*p*=0.029) 유의하게 증가하였다. 성별에 따라 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol(≒2,300mg)/일씩 증가함에 따라 비만관련 지표의 변화량을 비교한 결과, 남성에서 BMI와 체지방량이 각각 -0.69kg/m²(Model 2:*p*=0.037), -1.41kg(Model 2:*p*=0.002) 유의하게 감소하였다. 여성에서 BMI와 체지방량이 각각 -0.75kg/m²(Model 2:*p*=0.014), -1.17kg(Model 2:*p for trend*=0.004) 감소하였다. 허리둘레는 보정변수를 포함하지 않았을 때 2.60cm(Crude:*p*=0.032) 증가하였다.

본 연구의 횡단적 분석에서 24시간 소변 나트륨 배설량은 모든 비만관련 지표와 유의한 상관성을 나타냈고, 보정변수를 포함한 경우 24시간 소변 나트륨 배설량이 증가함에 따라 비만 유병 위험도가 유의하게 증가하였다. 반면 전향적 분석

에서 24시간 소변 나트륨 배설량 4분위별 남성의 제지방의 변화량이 유의하게 감소되었으며, 여성의 BMI, 제지방의 변화량은 유의하게 감소되었고 허리둘레는 유의하게 증가되었다. 또한 24시간 소변 나트륨 배설량이 100mmol/일 증가함에 따라 보정변수를 포함하지 않았을 경우 여성에서만 허리둘레가 증가되었고, 보정변수를 포함한 경우 남녀 모두 BMI와 제지방은 감소되었다.

그러므로 위 결과를 종합적으로 볼 때, 나트륨 과잉 섭취는 허리둘레 증가와 제지방 감소에 영향이 있는 것으로 사료된다. 따라서 비만 발생 위험을 낮추기 위해 나트륨 섭취 감소에 지속적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- A Venezia, G Barba, O Russo, C Capasso, V De Luca et al (2010). Dietary sodium intake in a sample of adult male population in Southern Italy: results of the Olive Heart Study. *European Journal of Clinical Nutrition* 64:518-524.
- Y Ahn, JE Lee, HY Paik, HK Lee, Jo I(2003). Development of a semi-quantitative food frequency questionnaire based on dietary data from the Korea national health and nutrition examination survey. *Nutr Sci* 6(3):173-184.
- EK Shin, HJ Lee, JJ Lee, MY Ahn, SM Son et al (2010). Estimation of sodium intake of adult female by 24-hour urine analysis, dietary records and dish frequency questionnaire (DFQ 55). *Korean J Nutr* 43(1):79-85.
- G. Hu, P. Jousilahti, M. Peltonen, J. Lindstrom, J. Tuomilehto (2005). Urinary sodium and potassium excretion and the risk of type 2 diabetes: a prospective study in Finland. *Diabetologia* 48:1477-1483.
- Haidong Zu, Norman K. Pollock, Ishita Kotak, Bernard Gutin, Xiaoling Wang et al (2014). Dietary sodium, adiposity, and inflammation in healthy adolescents. *Pediatrics* 133(3):e635-e642.

HJ Kim. Sodium intake status in Korea and plan for improvement of sodium intake estimation in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey(KNHANES) [Internet]. Korean Centers for Disease Control and Prevention; 2018 [cited 2018 August 21]. Available from : http://www.cdc.go.kr/CDC/cms/content/mobile/11/26511_view.html

HS Min, YJ Kim. Quantification of physical activity using epidemiologic questionnaire data in Korea [Internet]. Korean Centers for Disease Control and Prevention; 2018 [cited 2018 March 21]. Available from : http://www.cdc.go.kr/CDC/cms/content/mobile/12/17412_view.html

HY Oh, MK Kim, M Lee, YO Kim (2013). Macronutrient composition and sodium intake of diet are associated with risk of metabolic syndrome and hypertension in Korean women. *PLOS one* 8(10):1-8.

International Physical Activity Questionnaire Research Committee. Guidelines for data processing and analysis of the international physical activity questionnaire. 3rd revision. International Physical Activity Questionnaire (2005). p1-15.

Irene S. Hoffmann, Luigi X. Cubeddu (2009). Salt and the metabolic syndrome. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular disease* 19:123-128.

James A. Cocores, Mark S. Gold (2009). The salted food addiction hypothesis may explain overeating and the obesity epidemic. *Medical Hypothesis* 73:892-899.

JH Kim, GE Lim, SY Kang, KY Lee, TJ Park et al (2015). The relationship between daily sodium intake and obesity in Korean adults. *Korean J Health Promot* 15(4):175-184.

JH Park, CK Kwok (2015). Sodium intake and prevalence of hypertension, coronary heart disease, and stroke in Korean adults. *J Ethn Foods* 2:92-96.

John Powles, Saman Fahmi, Renata Micha, Shahab Khatibzadeh, Peilin Shi et al (2013). Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: a systematic analysis of 24h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ Open* 3:e003733.

Korean Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2016: Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Seoul: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2016.

Korean Centers for Disease Control and Prevention. 신체계측과 검사 [Internet]. Korean Centers for Disease Control and Prevention; 2018 [cited 2018 May 12]. Available from :

[http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606
&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU12
23-MNU1348.](http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU1223-MNU1348)

Korean Centers for Disease Control and Prevention. 영양조사방법 [Internet]. Korean Centers for Disease Control and Prevention; 2018 [cited 2018 May 12]. Available from : [http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606
&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU12
23-MNU1348.](http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU1223-MNU1348)

Korean Centers for Disease Control and Prevention. 조사 및 자료 표준화 현황 [Internet]. Korean Centers for Disease Control and Prevention; 2018 [cited 2018 May 12]. Available from : [http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606
&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU12
23-MNU1348.](http://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=24606&viewType=CDC&menuIds=HOME001-MNU1136-MNU2530-MNU1223-MNU1348)

L Libuda, M Kersting, U Alexy (2011). Consumption of dietary salt measured by urinary sodium excretion and its association with body weight status in healthy children and adolescents. *Public Health Nutrition* 15(3):433-441.

Mirian H. Fonseca-Alaniz, Luciana C. Brito, Cristina N. Borges-Silva, Julie Takada, Sandra Andreotti et al (2007). High dietary sodium

intake increases white adipose tissue mass and plasma leptin in rats. *Obesity* 15(9):2200-2208.

MJ Jo, YR Heo (2018). Association between sodium excretion and obesity of adults in Gwangju. *Korean J Community Nutr* 23(1):38-47.

MY Rhee (2015). High sodium intake : review of recent issues on its association with cardiovascular events and measurement methods. *Korean Circ J* 45(3):175-183.

Nishank Jain, Abu T Minhajuddin, Ian J Neeland, Essam F Elsayed, Gloria L Vega et al (2014). Association of urinary sodium-to-potassium ratio with obesity in a multiethnic cohort. *Am J Clin Nutr* 99:992-998.

Peter T Katzmarzyk, Tiago V Barreira, Stephanie T Broyles, Catherine M Champagne, Jean-Philippe Chaput et al (2013). The International study of childhood obesity, lifestyle and the environment (ISCOLE): design and methods. *BMC Public health* 13:900.

Rachael M. McLean (2014). Measuring population sodium intake: a review of methods. *Nutrients* 6:4651-4662.

Scott M. Grundy (2004). Obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *The journal of clinical endocrinology & metabolism* 89(6):2595-2600.

Shu-Zong Jiang, Wen Lu, Xue-Feng Zong, Hong-Yun Ruan, Yi Liu (2016). Obesity and hypertension. *Experimental and therapeutic medicine* 12: 2395-2399.

SM Son, GY Huh, HS Lee (2005). Development and evaluation of validity of dish frequency questionnaire (DFQ) and short DFQ using Na index for estimation of habitual sodium intake. *Korean J Community Nutrition* 10(5):677-692.

Sofus C. Larsen, Lars Angquist, Thorkild I. A. Sorensen, Berit L. Heitmann (2013). 24h urinary sodium excretion and subsequent change in weight, waist circumference and body composition. *PLOS one* 8(7):1-6.

T Tanaka, T Okmura, K Miura, T Kadowaki, H Ueshima et al (2002). A simple method to estimate populational 24-h urinary sodium and potassium excretion using a casual urine sample. *Journal of Human Hypertension* 16:97-103.

Walter Willett (2001). Invited commentary : A further look at dietary questionnaire validation. *American Journal of Epidemiology*

154(12):1100-1101.

Wikipedia. Metabolic equivalent [Internet]. Wikipedia; 2018 [cited 2018 July 27]. Available from :
https://en.wikipedia.org/wiki/Metabolic_equivalent.

Wikipedia. Pack-year [Internet]. Wikipedia; 2018 [cited 2018 July 27]. Available from : <https://en.wikipedia.org/wiki/Pack-year>.

World Health Organization (2012). Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva, World Health Organization (WHO), 2012.

YP Cheon, M Lee (2017). Salt-sensitive genes and their relation to obesity. *J Nutr Health* 50(3):217-224.

YS Yoon, SW Oh (2013). Sodium density and obesity; the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007-2010. *European Journal of Clinical Nutrition* 67:141-146.

Yuan Ma, Feng J. He, Graham A. MacGregor (2015). High salt intake; Independent risk factor for obesity?. *HYPERTENSION* 66:843-849.

ABSTRACT

Association between sodium intake and obesity-related variables among Korean adults.

Song, Young Ju
Department of Food &
Nutrition
Graduate School of
Sungshin University

A few studies have suggested that excess sodium intake may be associated with obesity and obesity-related variables. The purpose of this study is to investigate the cross-sectional and longitudinal association between sodium intake and obesity-related variables among Korean adults.

We conducted a longitudinal population study based on the Korean Genome Epidemiology study(KoGES) is an ongoing cohort study providing evidence for the prevention of major chronic diseases in Korea. Since 2001, the community-based cohort is one of the representative cohorts in the KoGES and recruited about 10,030 participants(40~69 years) to undergo a comprehensive health examination biennially.

Sodium intake level is assessed through semi-quantitative food

frequency questionnaire(FFQ, mg/d) and 24-hour urinary sodium excretion(mmol/d). Obesity-related factors including BMI(body mass index, kg/m²), waist circumference(cm), fat-free mass(kg), fat mass(kg) were assessed. Therefore, the study population is composed of 2,593(men:1,269, women:1,324) for FFQ sodium intake and 1,344(men:561, women:783) for 24-hour urinary sodium excretion of baseline cohort.

Multivariate adjusting for age(years), energy intake(kcal), education level(\geq elementary school graduate, middle school graduate, high school graduate, \geq college graduate) household income level(\leq 100, <200, <400, \geq 400)(10,000won/month), physical activity(metabolic equivalent tasks-hours/day), smoking(current smoking, past smoking), fat-free mass were found to be significantly decreased per 100mmol/d increase in 24-hour urinary sodium excretion level. In addition, adjusting for age, energy intake, waist circumference in highest 24-hour urinary sodium excretion group were found significantly higher than in the lowest 24-hour urinary sodium excretion group.

Our results suggest that a high intake of sodium could have a negative impact on increased waist circumference and decreased fat-free mass. Therefore we need to have sustained efforts on reducing sodium intake level to reduce the risk of obesity and obesity-related factor.

KEY WORDS Sodium, Obesity, Longitudinal study