



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](#)

한국 성인에서 사구체여과율과 알부민뇨로 정의한 만성신질환과 비만의 연관성

-국민건강영양조사 제5기 2, 3차년도 (2011, 2012)와
제6기 1, 2차년도 (2013, 2014) 자료를 이용하여-

연세대학교 보건대학원
역학건강증진학과 역학전공
김 윤 지

한국 성인에서 사구체여과율과 알부민뇨로 정의한 만성신질환과 비만의 연관성

-국민건강영양조사 제5기 2, 3차년도 (2011, 2012)와
제6기 1, 2차년도 (2013, 2014) 자료를 이용하여-

지도 지 선 하 교수


이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함


2016년 6월 일


연세대학교 보건대학원
역학건강증진학과 역학전공

김 윤 지

김윤지의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 지 선 하 

심사위원 김 현 창 

심사위원 김 희 진 

연세대학교 보건대학원

2016년 6월 일

감사의 말씀

2년이라는 시간 동안 저에게는 많은 변화가 있었습니다. 그 중에서 가장 보람된 일 중 하나가 연세대학교 보건대학원생이 된 것입니다. 병원 일을 하면서 공부를 하는 것이 힘들 때도 있었지만, 여러 교수님들의 재미있는 강의를 들으며 제 자신이 성장해 나가는 것을 느낄 때 뿌듯하였고, 열정적이고 성실한 대학원 동기들과의 만남은 제 생활의 활력소가 되어주었습니다. 늦게 시작한 석사 과정이지만 여러 과목들을 배우면서 보건의료인으로서 알아야하고 공부해야 할 것이 많다는 것을 깨달았고 배움의 시간들이 무척 소중하고 즐거웠습니다. 아직도 배우고 싶은 것들이 많은데 졸업을 해야 한다는 것이 아쉽기도 합니다.

이 글을 쓰면서 제 인생에 도움을 주신 분들이 너무나 많다는 것을 새삼 깨닫습니다. 우선 역사 깊은 연세대학교 보건대학원에 입학할 수 있도록 논문이 완성되기까지 자상하게 지도해주신 지선하 교수님과 김희진 교수님께 깊은 감사의 말씀을 올립니다. 또한 친절히 논문을 지도해주신 김현창 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 가르침을 주신 모든 교수님들과 조교 선생님들께 감사드리며, 특히 인간미 넘치는 통계 강의를 해주셨던 남정모 교수님과 박소희 교수님께 진심으로 감사드립니다.

내분비내과를 전공할 수 있도록 해주시고 관심과 애정을 주셨던 김세화 교수님께 감사의 말씀을 올립니다. 전임의 시절에 대학원을 시작할 수 있도록 배려해 주시고 격려해 주신 장학철 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 부족한 저에게 다양한 연구의 기회와 가르침을 주신 임수 교수님, 최성희 교수님, 김경민 교수님께도 깊은 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 논문과 연구 활동을 많이 챙겨주셨던 조영민 교수님, 박수헌 교수님, 김정희 교수님께도 진심으로

감사의 말씀을 드리고 싶습니다. 그리고 병원 생활을 하면서 대학원 공부를 지속할 수 있도록 배려해 주신 이동엽 병원장님, 안풍기 대표원장님께도 감사의 말씀을 드립니다.

마지막으로 다 큰 딸을 아직까지도 걱정해 주시고 대학원 생활을 늘 격려해 주신 사랑하는 부모님과 같은 곳을 바라보며 용기를 잃지 않고 인생의 길을 걸어갈 수 있도록 도와주는 한결같은 남편, 언제나 밝고 씩씩한 딸에게 마음 깊이 사랑을 전합니다.

2016년 6월
김윤지 올림

차 례

국문요약	vi
I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적	4
II. 연구방법	5
1. 연구 모형	5
2. 연구대상 및 자료	6
3. 변수의 선정 및 정의	7
4. 분석 방법	12
III. 연구결과	14
1. 연구 대상자의 일반적 특성	14
2. 연구대상자의 BMI에 따른 일반적 특성	16
3. KDIGO 2012 지침에 따른 만성신질환 유병률	22
4. BMI 범주에 따른 사구체여과률로 분류한 만성신질환의 유병률	24
5. BMI 범주에 따른 ACR로 분류한 만성신질환 유병률	26
6. BMI 범주에 따른 GFR과 ACR로 평가된 CKD의 유병률	28
7. 사구체여과률로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석	30
8. ACR로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석	32

9. 사구체여과율과 ACR로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석	34
IV. 고찰	36
V. 결론	43
참고문헌	44
부 록	54
Abstract	60

표 차례

Table 1. GFR categories in CKD	8
Table 2. Albuminuria categories in CKD	9
Table 3. Prognosis of CKD by GFR and Albuminuria Categories	10
Table 4. Clinical characteristics of study participants	15
Table 5. Clinical characteristics of male participants according to BMI categories	18
Table 6. Clinical characteristics of male participants according to BMI categories	19
Table 7. Clinical characteristics of female participants according to BMI categories	20
Table 8. Clinical characteristics of female participants according to BMI categories	21
Table 9. Prevalence of CKD defined by eGFR and ACR in Korea population	23
Table 10. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by eGFR (CKD_{GFR})	31
Table 11. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by ACR (CKD_{ACR})	33
Table 12. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by eGFR and ACR (CKD_{Risk})	35

그림 차례

Figure 1. Research model of the study.	5
Figure 2. Flowchart of study participants.	6
Figure 3. Prevalence of CKD_{GFR} classified by eGFR according to BMI categories.	25
Figure 4. Prevalence of CKD_{ACR} classified by ACR according to BMI categories.	27
Figure 5. Prevalence of CKD_{Risk} classified by eGFR and ACR according to BMI categories.	29

부 록 차 례

Supplement 1. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for CKD defined by eGFR (CKD_{GFR})	54
Supplement 2. Multivariate-adjusted odds ratios BMI for CKD defined by ACR (CKD_{ACR})	55
Supplement 3. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for CKD defined by eGFR and ACR (CKD_{Risk})	56
Supplement 4. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD defined by eGFR (CKD_{GFR})	57
Supplement 5. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD defined by ACR (CKD_{ACR})	58
Supplement 6. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD classified by eGFR and ACR (CKD_{Risk})	59

국 문 요 약

한국 성인에서 사구체여과율과 알부민뇨로 정의한 만성신질환과 비만의 연관성

비만과 만성신질환 (CKD)은 전세계적으로 그 유병률이 증가하고 있는 중요한 공중보건학적 문제이다. 2012년 KDIGO 지침은 CKD를 정의할 때 원인, 사구체여과율 (GFR), 알부민뇨 (ACR)를 함께 평가할 것을 강조하고 있다. 하지만 비만과 CKD의 관련성을 본 대부분의 연구들은 CKD를 GFR 또는 단백뇨로 정의하고 있다. 따라서 본 연구는 GFR과 ACR로 CKD를 분류 및 정의하여 한국 성인에서의 비만과 CKD의 연관성을 알아보고자 하였다.

본 연구는 한국인의 특성을 대표하는 국민건강영양조사 제5기 (2011, 2012)와 제6기 (2013, 2014) 자료를 이용한 단면연구이다. 국민건강영양조사 원시자료는 복합표본설계 (complex sampling design)이므로 검진, 건강 설문 자료의 부문별 연관성 분석을 하였으며 기수간 통합가중치 산출방법을 사용하였다. estimated GFR (eGFR) 60 (mL/min/1.73m²) 미만으로 정의한 CKD를 CKD_{GFR}로 표기하였고, ACR 30 mg/g 이상으로 정의한 CKD를 CKD_{ACR}로 표기하였다. eGFR과 ACR 그룹으로 분류한 CKD 예후의 위험도 범주 상 중등도 이상의 위험을 CKD로 정의하고 CKD_{Risk}로 표기하였다. 비만과 CKD의 관련성을 다중 로지스틱 회귀분석 (Multivariate logistic regression analysis)을 통해 분석하였다.

분석대상자는 19세 이상 성인 중 임신, 암 유병력, 중증 간질환 혹은 간경변

의 병력, 필수 검사치의 결측이 있는 경우 등을 제외한 총 19,331명 (남자 8,709명, 여자 10,622명) 이었다.

분석 결과, 우리나라의 eGFR 60 (mL/min/1.73m²) 미만의 CKD 유병률은 2.2%였으며 Urine ACR ≥30 mg/g 이상의 CKD 유병률은 6.7%였다. CKD 예후의 중등도 이상 위험군의 유병률은 8.1%였다.

CKD_{GFR}에 대한 다중로지스틱 분석에서 나이, 흡연력, 음주력, 운동력, 수축기 혈압, 당화혈색소 (HbA1c), HDL 콜레스테롤, 중성지방을 보정한 후, 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m² 이상의 비만군은 CKD_{GFR}의 오즈비가 1.88배 (95% CI, 1.261-2.797; *p*-value = 0.002)로 유의하게 높았으며, 여자의 경우 BMI는 CKD_{GFR}과 관련있는 인자가 아니었다. 하지만 eGFR과 ACR로 정의한 CKD_{Risk}에 대한 다중로지스틱 분석에서 혼란변수들을 보정한 후, 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 비만군이 CKD_{Risk}의 오즈비가 1.65배 (95% CI, 1.289-2.115; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.38배 (95% CI, 1.088-1.754; *p*-value = 0.008)로 유의하게 높았다. 또한 남자의 경우 과체중군 (23 ≤ BMI (kg/m²) <25)은 정상체중군에 비해 CKD_{Risk}의 오즈비가 0.74배 (95% CI, 0.569-0.957; *p*-value = 0.022)로 유의하게 낮았다.

우리 연구에서 BMI 25 kg/m² 이상의 비만은 남녀 모두에서 정상 체중에 비해 CKD_{Risk} 위험도를 유의하게 높였으며, eGFR 과 ACR을 함께 사용하여 CKD를 평가할 때 여자에서 CKD의 위험인자인 비만을 과소평가하지 않을 수 있었다. 추후 종단적 연구 및 실험 연구를 통해 한국인 남성과 여성에서 CKD 진행에 대한 과체중과 비만의 역할을 연구할 필요가 있을 것으로 사료된다.

핵심어 : 비만, 만성신질환, 사구체여과율, 알부민뇨

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

만성신질환 (chronic kidney disease, 이하 CKD)은 전 세계적으로 그 사회 경제적 부담이 증가하고 있는 질환이며 (Levey AS, 2007), 우리나라 국민건강 영양조사 2007-2010년 보고에 따르면, 20세 이상 성인에서 CKD의 유병률은 2.6-7.7%로 알려져 있다 (Shin et al., 2014). 신기능이 지속적으로 감소하면 결국 투석이나 이식 등 신대치요법을 필요로 하는 말기신부전 (end stage renal disease, 이하 ESRD)으로 진행하며 심혈관 질환의 합병증 발생 위험이 높아지고 5년 생존률은 60~70%로 낮아진다. 특히 고령화와 당뇨병 환자의 증가로 인해 투석 환자의 수는 증가하는 추세이며, 2014년 국내 말기신부전 환자의 유병률은 80,674명에 이르렀으며 이는 미국의 ESRD 환자 유병률의 70%, 일본의 50% 정도의 수치이다 (Jin et al., 2015).

CKD의 정의와 분류 기준은 2002년도에 발표된 미국신장재단 (National Kidney Foundation, NKF)의 Kidney Dialysis Outcomes Quality Initiative (K/DOQI) 지침 (guideline)을 일반적으로 많이 따른다. 이 지침에 따라 CKD는 신장 손상의 지표들 하나 이상 가지고 있거나 사구체여과율 (glomerular filtration rate, 이하 GFR)이 $60 \text{ mL/min/1.73 m}^2$ 미만인 상태가 3개월 이상 지속되는 것으로 정의하고 있다 (2002 K/DOQI clinical practice guidelines). 하지만 2012년 세계신장학회의 임상진료지침개발기구인 Kidney Disease Improving Global Outcome (이하 KDIGO)는 CKD가 주요 질환들의 발생 및 사망률과 연관된 점을 고려하여 환자의 예후를 반영할 수 있도록 CKD의 분류 및 정의를 더욱 세분화하였다 (KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline).

KDIGO 지침은 1,555,332명을 포함한 45개 코호트를 배경으로 일반 인구에서 전체 사망률, 심혈관 사망률, 말기신부전, 급성 신손상, 만성신질환의 진행에 대한 상대위험도가 GFR과 요중 알부민-크레아티닌 비 (albumin-to-creatinine ratio, 이하 ACR)에 따라 차이를 보이는 것을 보고하였으며, CKD를 단순히 GFR만으로 정의하는 것에 대한 문제점을 제기하였다. 알부민뇨는 일반적으로 요소실률 (urine loss rate)로 표현되고 알부민 배출률 (albumin excretion rate, AER)이나 ACR로 측정되며, 당뇨병보다 사구체 투과성의 변화에 더 특이적이고 민감하다 (KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline). 여러 연구들은 알부민뇨가 CKD 예후와 관련됨을 보고한 바 있다 (Gansevoort et al., 2011; Matsushita et al., 2010; Hallan et al., 2009; Brantsma et al., 2008).

나이, 성별, 인종, 고혈압, 고혈당, 이상지질혈증, 흡연, 비만, 심혈관 병력 등은 만성신질환의 진행에 영향을 미치는 의미 있는 변수들로 알려져 있다 (Kidney Disease Improving Global Outcomes 2012 Clinical Practice Guideline). 특히, 비만은 고혈압, 당뇨병, 심혈관 질환등 만성 질환 및 사망률 증가의 원인이 된다 (Guh et al., 2009). 전 세계적으로 1980년 이후 비만 유병률은 2배 가까이 증가하였으며 (World Health Organization, 2016), 최근 20년 사이에 우리나라의 비만 유병률은 전체 성인 인구의 30~35%에 이를 정도로 (보건복지부, 2011-2020) 비만은 심각한 공중보건학적 문제이다.

또한 비만은 대사증후군의 주요 구성요소이기도 하며, 국내 단면적 연구와 추적 관찰 연구를 통해 대사증후군 환자에서 CKD 발생률이나 유병률이 건강인에 비해 높다고 보고된바 있다 (Song, Sung and Lee, 2015; Kang et al., 2014). 최근의 국내 코호트 연구 결과에 따르면, 대사적으로 건강하더라도 비만인 경우 CKD의 위험이 1.38배 더 높았으며 비만이 아니면서 대사적으로 이상이 있는 경우 그 위험도가 1.37배로 높았다 (Jung et al., 2015). Framingham

offspring study를 이용하여 신질환 발생의 예측인자를 보고자 했던 연구에서 신질환 발생에 대한 BMI의 오즈비는 1.23으로 유의하게 높았다 (Fox et al., 2004). 중국 코호트 연구에서는 과체중 혹은 비만 환자의 경우, 대사증후군 유무와 관계없이 CKD의 위험이 각각 1.31배, 2.39배로 더 높았다 (Cao et al., 2015).

하지만 대다수의 연구들은 CKD를 GFR 또는 단백뇨로 정의하고 있다. 따라서 본 연구는 2012년 KDIGO 지침에서 따라 GFR과 ACR를 함께 사용하여 CKD를 정의하고 한국 성인에서 비만과 CKD의 연관성을 알아보고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 한국인의 일반적 특성을 대표하는 국민건강영양조사 제5기 2차년도 (2011), 3차년도 (2012)와 제6기 1차년도 (2013), 2차년도 (2014) 자료를 이용하여 만 19세 이상 성인에서 비만과 만성신질환의 관련성을 파악하고자 한다.

첫째, 2012년 KDIGO 지침에 따라 사구체여과율과 알부민뇨로 분류하여 정의한 만성신질환과 비만의 연관성을 조사한다.

둘째, 사구체여과율과 알부민뇨의 범주에 따른 한국 성인의 만성신질환 유병률을 조사한다.

II. 연구방법

1. 연구 모형

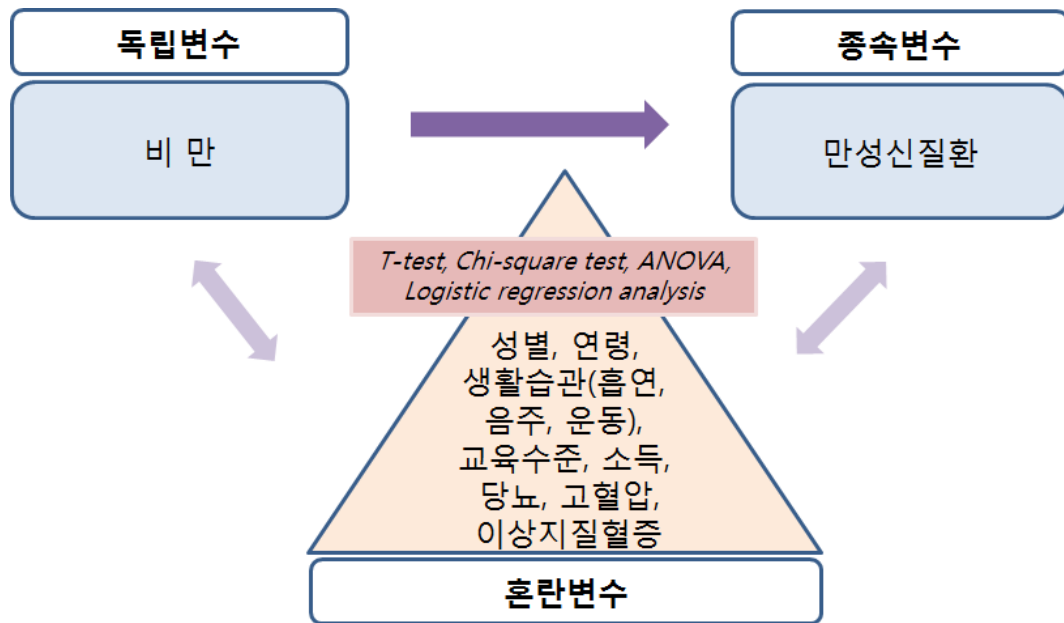


Figure 1. Research model of the study.

2. 연구대상 및 자료

국민건강영양조사 (Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 이하 KNHANES)는 국민의 건강행태, 만성질환 유병현황, 식품 및 영양섭취실태에 관한 법정 조사로서 1998년부터 시작되어 2007년 이후 매년 실시하고 있다. 본 연구는 미세알부민뇨가 측정된 제5기 2차년도 (2011), 3차년도 (2012)와 제6기 1차년도 (2013), 2차년도 (2014) 자료를 이용하여 만 19세 이상 성인을 대상으로 하였다. 임신 중이거나 암의 의사 진단 병력이 있는 경우, 간경변증, 중증 간질환인 경우는 제외하였다. 신장이나 체중, 혈중크레아티닌, 미세알부민이나 요중 크레아티닌의 결측치가 있는 경우도 제외하였다.

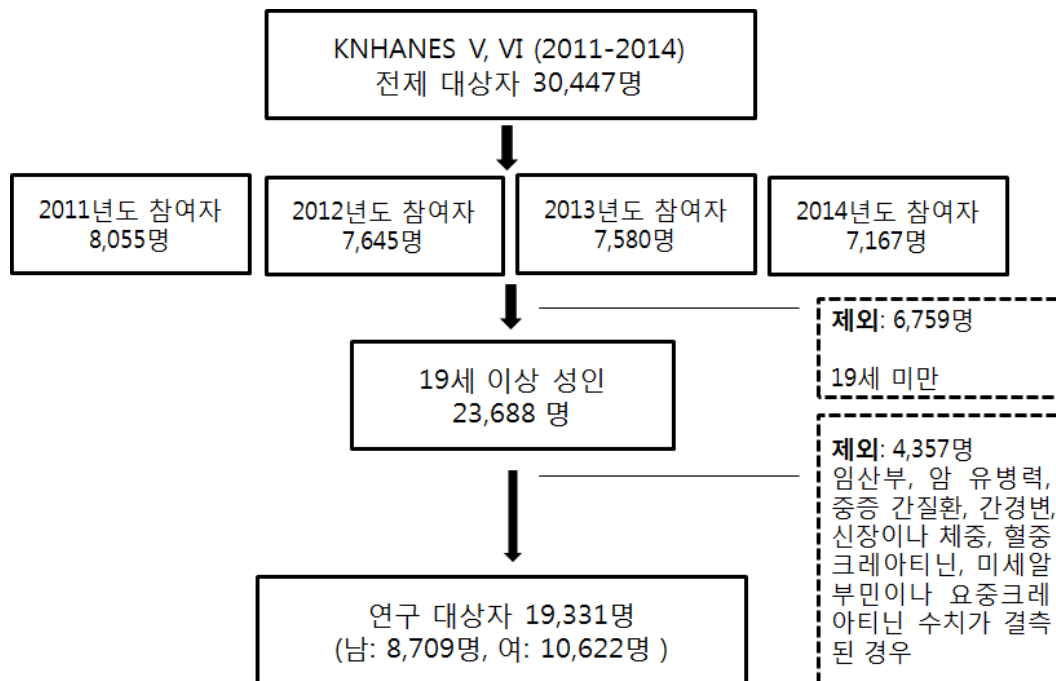


Figure 2. Flowchart of study participants.

3. 변수의 선정 및 정의

고혈압은 수축기혈압 140 mmHg 이상 또는 이완기혈압 90 mmHg 이상 또는 고혈압약 복용자 또는 의사진단자로 정의하였다. 정상과 고혈압 전단계를 고혈압 없음으로 정의하였다. 당뇨병은 공복시 혈당 126이상 또는 당뇨병약 복용 및 인슐린 주사 투여 또는 의사진단자로 정의하였으며 공복혈당장애는 당뇨 없음으로 정의하였다. 고콜레스테롤혈증은 총콜레스테롤이 240 mg/dL 이상이거나 콜레스테롤강화제를 복용하고 있는 사람으로 정의하였다. 흡연은 현재 흡연 여부에 따라 현재 피움, 가끔 피움은 '현재흡연', 과거에 피웠으나 현재 금연은 '과거흡연', 비해당은 '비흡연'의 3개의 그룹으로 분류하였다. 음주는 최근 1년간 주 2-3회 이상 술을 마신 경우를 음주함으로 정의하였다. 가계 소득수준은 4분위수에서 중하와 하를 저소득으로 정의하였다. 교육수준은 초졸 이하와 중졸은 낮은 수준으로 고졸과 대졸은 높은 수준으로 분류하였다. 신체활동은 1주일간 근력운동이나 유연성운동을 3일 이상 한 경우를 규칙적인 운동을 한 경우로 분류하였다.

본 연구에서는 우리나라 성인의 비만과 만성신질환의 연관성을 알아보고자 국민건강영양조사 측정항목에서 종속변수, 독립변수 그리고 혼란변수를 다음과 같이 선정하였다.

가. 종속변수

1) 사구체여과율 (GFR)로 정의한 만성신질환

2012년 KDIGO 지침에 소개된 estimated GFR (eGFR)에 의한 만성신질환 단계는 Table 1과 같다. 본 연구에서는 eGFR category상 G3a이하인 eGFR 60

(mL/min/1.73m²) 미만을 CKD로 정의하고 CKD_{GFR}로 표기하였다.

eGFR category	eGFR (mL/min/1.73m ²)	Terms
G1	≥90	Normal or high
G2	60–89	Mildly decreased
G3a	45–59	Mildly to moderately decreased
G3b	30–44	Moderately to severely decreased
G4	15–29	Severely decreased
G5	<15	Kidney failure

Table 1. GFR categories in CKD

*source: Kidney Disease Improving Global Outcomes 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of chronic kidney disease. Kidney Int Suppl 2013 (3).

기존의 MDRD (Modification of Diet in Renal Disease) 공식은 평균 eGFR 40 (mL/min/1.73m²)의 만성신질환 환자들을 대상으로 만들어진 것으로 정상 이거나 정상에 가까운 eGFR을 보이는 경우에는 정확도가 떨어질 수 있다 (Shin et al., 2014). 따라서 본 연구에서는 eGFR 측정을 위해 2012년 KDIGO에서 제시한 CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) 공식을 이용하였다.

● CKD-EPI 공식

- (1) 남성: $sCr \leq 0.9, 141 \times ((sCr/0.9)^{-0.411}) \times (0.993^{age})$
 $sCr > 0.9, 141 \times ((sCr/0.9)^{-1.209}) \times (0.993^{age})$
- (2) 여성: $sCr \leq 0.7, 144 \times ((sCr/0.7)^{-0.329}) \times (0.993^{age})$
 $sCr > 0.7, 144 \times ((sCr/0.7)^{-1.209}) \times (0.993^{age})$

2) 알부민뇨로 정의한 만성신질환

알부민뇨는 요중 알부민과 요중 크레아티닌의 비(urine albumin-creatinine ratio, urine ACR)로 정의하였으며, 단위는 mg/g으로 나타낸다. Urine ACR <30 mg/g인 경우가 정상이며, 30-300 mg/g 의 범위를 중등도 증가, >300 mg/g를 중증 증가로 분류한다. 본 연구에서는 ACR 30 mg/g 이상을 CKD로 정의하고 CKD_{ACR}로 표기하였다.

Category	AER (mg/24 hours)	ACR (approximate equivalent)		Terms
		(mg/mmol)	(mg/g)	
A1	<30	<3	<30	Normal to mildly increased
A2	30-300	3-30	30-300	Moderately increased
A3	>300	>30	>300	Severely increased

Table 2. Albuminuria categories in CKD

*source: Kidney Disease Improving Global Outcomes 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of chronic kidney disease. Kidney Int Suppl 2013 (3).

3) 사구체여과율과 ACR에 의한 만성신질환 예후의 위험도 분류 및 정의

2012년 KDIGO 지침에서는 만성신질환의 정의 및 분류가 환자의 예후를 반영할 수 있어야함을 강조하고 있으며, 주요 결과 변수들 (전체 사망률, 심혈관 사망률, 말기신부전, 급성 신손상, 만성신질환의 진행)에 대한 위험도를 저위험, 중등도위험, 고위험, 초고위험으로 분류하여 색깔을 나눈 Heat map을 제시하였다 (Table 3). 본 연구에서는 저위험군을 no CKD, 중등도 이상의 위험군을 CKD로 정의하고 CKD_{Risk}로 표기하였다.

따라서 CKD_{Risk}는 eGFR 60 (mL/min/1.73m²) 미만이거나 ACR 30 mg/g 이상인 경우를 포함한다.

Prognosis of CKD by GFR and Albuminuria Categories: KDIGO 2012

				Persistent albuminuria categories Description and range		
				A1	A2	A3
				Normal to mildly increased	Moderately increased	Severely increased
				<30 mg/g <3 mg/mmol	30-300 mg/g 3-30 mg/mmol	>300 mg/g >30 mg/mmol
GFR categories (ml/min/ 1.73 m ²) Description and range	G1	Normal or high	≥90			
	G2	Mildly decreased	60-89			
	G3a	Mildly to moderately decreased	45-59			
	G3b	Moderately to severely decreased	30-44			
	G4	Severely decreased	15-29			
	G5	Kidney failure	<15			

Green: low risk (if no other markers of kidney disease, no CKD); Yellow: moderately increased risk; Orange: high risk; Red, very high risk.

Table 3. Prognosis of CKD by GFR and Albuminuria Categories

*source: Kidney Disease Improving Global Outcomes 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of chronic kidney disease. Kidney Int Suppl 2013 (3).

나. 독립변수

체질량지수(body mass index, 이하 BMI)는 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나눈 값으로 아시아-태평양 기준을 사용하여 다음과 같이 분류하였다 (WHO expert consultation, 2004).

- BMI 범주에 따른 정의

저체중: BMI <18.5 kg/m²,

정상체중: 18.5 ≤ BMI <23 kg/m²

과체중: 23 ≤ BMI <25 kg/m²,

비만: BMI ≥ 25 kg/m²

다. 혼란변수

나이, 흡연력, 음주력, 신체 활동 (운동 습관), 수축기 혈압, 당화혈색소 (Hemoglobin A1c, 이하 HbA1c), 고밀도 지단백 콜레스테롤 (High density lipoprotein-cholesterol, 이하 HDL-C), 중성지방 (Triglyceride, 이하 TG)을 혼란변수로 사용하였다.

4. 분석 방법

국민건강영양조사 원시자료는 복합표본설계 (complex sampling design)이므로 자료의 통계처리 및 분석을 위해 층, 집락, 가중치를 고려하였다. 본 연구는 국민건강영양조사 제5기 중 2011년, 2012년 자료와 제6기 중 2013년, 2014년 자료를 활용하였으므로 기수간 통합가중치를 적용하였으며, 건강 설문과 검진 자료에 대한 연관성분석 가중치를 사용하였다. 층 변수는 분산추정을 위해 표본설계 시 구분된 층에서 조사구수가 1개인 일부 층을 통합한 것이고, 집락 변수는 1차 추출단위인 조사구이다. 따라서 집락추출 변수 (Psu), 분산추정 층 (Kstrata), 통합가중치를 이용한 Survey procedure를 통한 기술적 통계처리를 실시하였다.

본 연구 대상자의 인구학적, 사회경제학적 및 임상적 자료의 일반적 특성은 Proc Surveymeans를 이용한 기술통계량 (Mean \pm Standard error, N (%))으로 제시하였으며, 표준오차는 Taylor series의 linearization variance estimation method로 계산되었다. 연속형 변수의 분석시 두 집단 간의 차이는 T-test, 세 집단 이상 간의 차이는 분산분석 (ANOVA) 검정을 위해 Proc Surveyreg를 이용하였다. 범주형 변수는 Proc Surveyfreq를 이용하여 빈도수와 비율을 산출하였고, 빈도에 대한 유의성은 Rao-Scott chi-square 방법을 이용하여 검정하였다. BMI 범주에 따른 CKD의 오즈비 (Odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간 (confidence interval, CI)을 평가하고자 Proc Surveylogistic을 이용하여 혼란변수들을 보정한 다중 로지스틱 회귀분석 (Multivariate logistic regression analysis)을 실행하였다. 공복혈당, HbA1c, TG, AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase), Urine ACR은 왜곡된 분포 (skewed distribution)를 보여서 로그 변환하여 *p*-value를 산출하였다.

자료 분석은 SAS 9.2 version (SAS Institute Lnc, Vary, Nc, USA)을 사용하였으며 통계적 유의성 검정은 유의수준 0.05를 기준으로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

우리나라 성인의 비만과 만성신질환 (CKD)의 관련성 연구 대상자의 일반적 특성을 Table 4에 제시하였다. 분석 대상자는 총 19,331명으로 남자는 8,709명, 여자는 1,806명 이었다.

남자는 평균 44.07세, 여자는 평균 46.97세로 남자가 여자에 비해 2.90세 더 어렸다 ($p < 0.001$). 키는 남자가 여자에 비해 13.72 cm 더 컸으며, 체중은 남자가 13.39 kg 더 많았다 (각 $p < 0.001$). 체질량지수는 남자가 여자에 비해 0.92 kg/m^2 더 높았다 ($p < 0.001$). 허리둘레는 남녀 각각 84.21 cm, 77.81 cm로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.001$). 남자의 수축기와 이완기 혈압은 여자에 비해 각각 4.52 mmHg, 5.23 mmHg 더 높았다 ($p < 0.001$). 혈중 대사적 지표를 분석한 결과, 혈중 총콜레스테롤, LDL 콜레스테롤은 여자에서 유의하게 높았으며 중성지방은 남자에서 더 높았다. AST, ALT, 헤모글로빈, 백혈구와 비타민 D 수치는 모두 남자에서 더 높았다 ($p < 0.001$). CKD-EPI 공식에 의한 eGFR은 남자의 경우 여자보다 $3.88 \text{ mL/min/1.73m}^2$ 더 낮은 수치를 보였다 ($p < 0.001$). Urine ACR는 여자의 경우 남자보다 0.42 mg/g 더 높았다 ($p < 0.001$). 당뇨병, 고혈압 유병율은 남자의 경우 각각 9.82%, 27.25%로 여자에 비해 유의하게 높았다. 심근경색 혹은 허혈성 심질환의 유병률은 남녀 차이가 없었다. 고콜레스테롤혈증은 남자에 비해 여자에서 3.72% 더 높았다. 흡연력과 음주력은 남자에서 유의하게 높았으며, 남자가 여자에 비해 주 3회 이상 규칙적으로 운동하는 경우가 7.59% 많았다. 가계 소득 및 교육 수준은 남자가 여자에 비해 유의하게 높았다.

Table 4. Clinical characteristics of study participants

Variables	Men (N = 8,709)	Women (N = 10,622)	<i>p</i> -value
Age (years)	44.07 ± 0.23	46.97 ± 0.24	<0.001
Height (cm)	171.11 ± 0.10	157.39 ± 0.09	<0.001
Weight (kg)	71.09 ± 0.16	57.70 ± 0.13	<0.001
Body mass index (kg/m ²)	24.23 ± 0.05	23.31 ± 0.05	<0.001
Waist circumference (cm)	84.21 ± 0.14	77.81 ± 0.15	<0.001
Systolic BP (mmHg)	119.31 ± 0.21	114.79 ± 0.24	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	78.33 ± 0.16	73.10 ± 0.14	<0.001
Fasting glucose (mg/dL)	99.42 ± 0.28	96.29 ± 0.27	<0.001
HbA1c (%)	5.75 ± 0.10	5.72 ± 0.01	0.011
Total cholesterol (mg/dL)	187.43 ± 0.52	189.61 ± 0.44	0.001
Triglyceride (mg/dL)	158.32 ± 1.68	114.04 ± 1.19	<0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	49.18 ± 0.16	55.66 ± 0.16	<0.001
LDL-cholesterol (mg/dL)	108.38 ± 0.44	111.49 ± 0.37	<0.001
AST (IU/L)	24.03 ± 0.17	20.15 ± 0.11	<0.001
ALT (IU/L)	26.53 ± 0.30	17.69 ± 0.17	<0.001
Hemoglobin (g/dL)	15.40 ± 0.02	13.13 ± 0.01	<0.001
WBC (thous/ μ L)	6.52 ± 0.02	5.83 ± 0.02	<0.001
Vitamin D (ng/mL)	17.63 ± 0.14	16.12 ± 0.12	<0.001
BUN (mg/dL)	14.69 ± 0.05	13.45 ± 0.05	<0.001
Creatinine (mg/dL)	0.97 ± 0.00	0.72 ± 0.00	<0.001
eGFR (mL/min/1.73m ²)	95.06 ± 0.22	98.95 ± 0.24	<0.001
Urine ACR (mg/g)	17.39 ± 1.45	17.81 ± 1.45	<0.001
Diabetes mellitus (%)	1,025 (9.82)	952 (7.82)	<0.001
Hypertension (%)	2,774 (27.25)	2,916 (22.99)	<0.001
Cardiovascular disease (%)	232 (3.46)	233 (3.38)	0.842
Hypercholesterolemia (%)	1,052 (11.41)	1,811 (15.13)	<0.001
Current/ex-/non-smoker (%)	43.97/29.17/23.86	6.08/3.99/89.93	<0.001
Alcohol (\geq 2-3/wk, %)	38.68	12.27	<0.001
Regular exercise (\geq 3/wk %)	41.30	33.71	<0.001
Family income (low, %)	37.80	44.07	<0.001
Education (low, %)	19.89	33.57	<0.001

Data, mean \pm standard error or n (%).

BP, blood pressure; AST and ALT, aspartate and alanine aminotransferase; ACR, albumin creatinine ratio.

2. 연구대상자의 BMI에 따른 일반적 특성

(1) 남자

남자 대상자의 BMI에 따른 일반적 특성은 Table 5, 6에 제시하였다. BMI 범주에 따른 일반적 특성의 경향성을 p for Trend로 제시하였고, 정상체중군을 기준집단으로 하여 각 군 간의 유의한 차이를 세부적(*)으로 표시하였다.

나이는 정상체중군에 비해 과체중군에서 2.43세 더 많았으며 BMI에 따른 경향성은 유의하지 않았다. 허리둘레, 혈압, 공복혈당과 HbA1c, 총콜레스테롤, 중성지방, LDL 콜레스테롤, AST, ALT, Hb, WBC, urine ACR은 BMI 범주가 높아짐에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). HDL 콜레스테롤과 eGFR은 BMI 범주가 높아질수록 감소하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). 비타민 D 수치는 BMI 범주에 따라 유의한 경향성을 보이지 않았다 (p for Trend = 0.419).

당뇨병, 고혈압, 고콜레스테롤혈증의 유병률은 BMI 범주가 따라 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). 심근경색 혹은 허혈성 심질환의 유병률은 BMI 범주에 따른 유의한 경향성을 보이지 않았다 (p for Trend = 0.173). 저체중군에서 현재 흡연자의 비율이 가장 높았다. 1주일에 2~3회 이상 술을 마시는 빈도는 BMI 범주가 높아질수록 유의하게 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). 저체중군에서 규칙적으로 운동하는 비율이 가장 낮았으나 BMI 범주에 따른 경향성을 보이지는 않았다. 가계 소득은 BMI 범주가 높아질수록 저소득층 비율이 낮아지는 경향성을 보였다 (p for Trend <0.001). 비만군에서 저교육층 비율이 가장 낮았으나 BMI 범주에 따른 경향성은 유의하지 않았다 (p for Trend = 0.133).

(2) 여자

여자 대상자의 BMI에 따른 일반적 특성은 Table 7, 8에 제시하였다. BMI 범주에 따른 일반적 특성의 경향성을 p for Trend로 제시하였고, 정상체중군을 기준집단으로 하여 각 군 간의 유의한 차이를 세부적(*)으로 표시하였다.

정상체중군과 비교하여 저체중군의 나이가 10세 더 어렸으며 BMI 범주가 높아질수록 나이가 증가하는 경향성을 보였다 (p for Trend <0.001). 허리둘레, 혈압, 공복혈당과 HbA1c, 총콜레스테롤, 중성지방, LDL 콜레스테롤, AST, ALT, Hb, WBC, urine ACR은 BMI 범주가 높아짐에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). HDL 콜레스테롤과 eGFR은 BMI 범주가 높아질수록 감소하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). 비타민 D 수치는 BMI 범주가 높아짐에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend = 0.000).

당뇨병, 고혈압, 고콜레스테롤혈증, 심근경색 혹은 허혈성 심질환의 유병률은 BMI가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다 (p for Trend <0.001). 흡연력과 음주력은 BMI에 따른 유의한 경향성을 보이지 않았다. 저체중군에서 규칙적으로 운동하는 비율이 가장 낮았다. 저소득층과 저교육층은 BMI 범주가 높아질수록 증가하는 경향성을 보였다 (p for Trend <0.001).

Table 5. Clinical characteristics of male participants according to BMI categories

Variables	BMI (kg/m ²) category				<i>p</i> for Trend
	<18.5 (N = 219)	18.5–22.9 (N = 3,008)	23.0–24.9 (N = 2,309)	≥25.0 (N = 3,173)	
Age (years)	41.67 ± 1.55	43.38 ± 0.38	45.81 ± 0.37*	43.68 ± 0.30	0.243
Waist circumference (cm)	66.90 ± 0.40*	77.09 ± 0.12	83.92 ± 0.14*	92.20 ± 0.17*	<0.001
Systolic BP(mmHg)	112.23 ± 1.04*	116.15 ± 0.31	119.25 ± 0.39*	122.77 ± 0.30*	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	72.24 ± 0.78*	75.07 ± 0.23	78.24 ± 0.26*	81.83 ± 0.23*	<0.001
Fasting glucose (mg/dL)	91.20 ± 1.17*	96.52 ± 0.48	99.44 ± 0.45*	102.66 ± 0.44*	<0.001
HbA1c(%)	5.52 ± 0.04*	5.66 ± 0.02	5.75 ± 0.02*	5.84 ± 0.02*	<0.001
Total cholesterol (mg/dL)	161.88 ± 2.06*	179.67 ± 0.80	188.89 ± 0.85*	195.37 ± 0.82*	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	87.11 ± 3.51*	120.71 ± 2.01	161.65 ± 3.18*	195.81 ± 3.16*	<0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	55.79 ± 1.03*	52.87 ± 0.28	48.54 ± 0.25*	45.73 ± 0.21*	<0.001
LDL-cholesterol (mg/dL)	88.66 ± 1.94*	103.35 ± 0.69	110.19 ± 0.78*	113.16 ± 0.71*	<0.001
AST (IU/L)	21.09 ± 0.77*	22.67 ± 0.32	23.27 ± 0.29*	26.01 ± 0.27*	<0.001
ALT (IU/L)	15.45 ± 0.64*	20.76 ± 0.31	24.31 ± 0.35*	34.19 ± 0.66*	<0.001
Hemoglobin (g/dL)	14.85 ± 0.11*	15.20 ± 0.03	15.39 ± 0.03*	15.63 ± 0.02*	<0.001
WBC (thous/μL)	5.99 ± 0.14*	6.32 ± 0.04	6.43 ± 0.04*	6.81 ± 0.04*	<0.001
Vitamin D (ng/mL)	16.47 ± 0.62*	17.73 ± 0.20	17.97 ± 0.20	17.37 ± 0.17	0.419
eGFR (mL/min/1.73m ²)	101.50 ± 1.50*	96.63 ± 0.36	93.81 ± 0.38*	94.03 ± 0.33*	<0.001
Urine ACR (mg/g)	16.15 ± 4.55	15.45 ± 2.61	13.62 ± 2.21	21.90 ± 2.64*	<0.001

**p*-value <0.05 vs Normal weight

Table 6. Clinical characteristics of male participants according to BMI categories

Variables	BMI (kg/m ²) category				<i>p</i> for Trend
	<18.5 (N = 219)	18.5–22.9 (N = 3,008)	23.0–24.9 (N = 2,309)	≥25.0 (N = 3,173)	
Diabetes mellitus (%)	2.42	8.17	9.85	11.88	<0.001
Hypertension (%)	9.90	17.95	25.83	38.18	<0.001
Cardiovascular disease (%)	3.17	2.78	3.93	3.77	0.173
Hypercholesterolemia (%)	2.61	7.16	10.81	16.47	<0.001
Smoking (%)					
Non-smoker	29.63	29.75	25.76	24.73	
Ex-smoker	18.60	25.68	32.82	30.63	
Current-smoker	51.77	44.57	41.42	44.64	<0.001
Alcohol (≥ 2-3/wk, %)	29.69	35.46	38.91	42.14	<0.001
Regular exercise (≥ 3/wk %)	27.72	42.14	43.51	40.81	0.335
Family income (low)	48.79	40.93	37.22	34.56	<0.001
Education (low)	22.58	19.57	22.53	18.17	0.133

Table 7. Clinical characteristics of female participants according to BMI categories

Variables	BMI (kg/m ²) category				<i>p</i> for Trend
	<18.5 (N = 550)	18.5–22.9 (N = 4,552)	23.0–24.9 (N = 2,359)	≥25.0 (N = 3,161)	
Age (years)	33.66 ± 0.69*	44.07 ± 0.30	50.85 ± 0.40*	51.62 ± 0.37*	<0.001
Waist circumference (cm)	63.73 ± 0.20*	72.16 ± 0.12	79.63 ± 0.15*	88.49 ± 0.19*	<0.001
Systolic BP(mmHg)	105.72 ± 0.61*	111.09 ± 0.31	116.96 ± 0.43*	121.03 ± 0.40*	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	69.52 ± 0.39*	71.50 ± 0.19	73.66 ± 0.24*	76.00 ± 0.24*	<0.001
Fasting glucose (mg/dL)	88.05 ± 0.51*	92.29 ± 0.27	98.03 ± 0.63*	103.12 ± 0.57*	<0.001
HbA1c (%)	5.41 ± 0.02*	5.57 ± 0.01	5.76 ± 0.02*	5.98 ± 0.02*	<0.001
Total cholesterol (mg/dL)	170.27 ± 1.60*	185.31 ± 0.59	193.60 ± 0.84*	197.74 ± 0.84*	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	78.06 ± 2.26*	95.33 ± 1.06	120.96 ± 2.02*	146.36 ± 3.23*	<0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	61.51 ± 0.58*	58.29 ± 0.24	54.01 ± 0.31*	51.43 ± 0.26*	<0.001
LDL-cholesterol (mg/dL)	93.24 ± 1.38*	108.10 ± 0.51	115.72 ± 0.76*	117.76 ± 0.69*	<0.001
AST (IU/L)	17.85 ± 0.24*	18.91 ± 0.14	20.49 ± 0.23*	22.35 ± 0.24*	<0.001
ALT (IU/L)	12.85 ± 0.34*	14.96 ± 0.19	18.22 ± 0.39*	22.67 ± 0.40*	<0.001
Hemoglobin (g/dL)	13.04 ± 0.05	13.04 ± 0.02	13.15 ± 0.03*	13.27 ± 0.03*	<0.001
WBC (thous/μL)	5.66 ± 0.08	5.66 ± 0.03	5.77 ± 0.04*	6.18 ± 0.04*	<0.001
Vitamin D (ng/mL)	14.91 ± 0.31*	15.95 ± 0.15	16.65 ± 0.20*	16.26 ± 0.16	0.000
eGFR (mL/min/1.73m ²)	108.78 ± 0.81*	101.47 ± 0.33	95.81 ± 0.42*	95.10 ± 0.39*	<0.001
Urine ACR (mg/g)	24.67 ± 15.91*	11.37 ± 0.77	17.57 ± 2.16*	26.62 ± 3.10*	<0.001

**p*-value <0.05 vs Normal weight

Table 8. Clinical characteristics of female participants according to BMI categories

Variables	BMI (kg/m ²) category				<i>p</i> for Trend
	<18.5 (N = 550)	18.5–22.9 (N = 4,552)	23.0–24.9 (N = 2,359)	≥25.0 (N = 3,161)	
Diabetes mellitus (%)	1.20	4.47	7.86	14.46	<0.001
Hypertension (%)	4.09	14.35	26.68	38.21	<0.001
Cardiovascular disease (%)	0.43	1.72	4.16	6.30	<0.001
Hypercholesterolemia (%)	3.11	10.27	17.56	23.79	<0.001
Smoking (%)					
Non-smoker	86.82	89.91	90.68	90.12	
Ex-smoker	4.86	3.91	4.07	3.86	
Current smoker	8.32	6.18	5.25	6.02	0.232
Alcohol (≥2-3/wk, %)	11.33	13.27	9.61	12.84	0.700
Regular exercise (≥3/wk %)	20.68	34.35	36.30	33.70	0.013
Family income (low)	36.59	38.88	46.86	51.84	<0.001
Education (low)	10.07	24.21	41.09	48.11	<0.001

3. KDIGO 2012 지침에 따른 만성신질환 유병률

Table 9은 2012년 KDIGO에서 발표한 eGFR과 ACR에 의한 CKD 예후 분류표를 바탕으로 본 연구의 분석대상자 19,331 명의 CKD 유병률을 나타낸 것이다. 우리나라의 eGFR로 분류한 stage 3 이하의 CKD 유병률은 2.2%였으며 Urine ACR 30mg/g 이상의 CKD 유병률은 6.7%였다.

CKD 예후의 위험도 분류상 저위험군, 중등도위험군, 고위험군, 초고위험군의 비율은 각각 91.9%, 6.5%, 1.2%, 0.4%였다. 따라서 eGFR 60 mL/min/1.73m² 미만 혹은 ACR 30mg/g 이상의 중등도위험군 이상에 해당하는 CKD의 유병률은 8.1%였다.

Table 9. Prevalence of CKD defined by eGFR and ACR in Korea population

		Albuminuria categories				
		(ACR, mg/g)				
		<30	30-300	>300		
GFR categories (mL/min/1.73m ²)	G1	≥90	65.3 ^a	3.0 ^b	0.3 ^c	68.6
	G2	60-89	26.6 ^a	2.3 ^b	0.3 ^c	29.2
	G3a	45-59	1.2 ^b	0.4 ^c	0.1 ^d	1.7
	G3b	30-44	0.2 ^c	0.1 ^d	0.1 ^d	0.4
	G4	15-29	0.0 ^d	0.1 ^d	0.0 ^d	0.1
	G5	<15	0.0 ^d	0.0 ^d	0.0 ^d	0.0
			93.3	5.9	0.8	100.0

^aLow risk (if no other markers of kidney disease, no CKD); ^bModerately increased risk;

^cHigh risk; ^dVery high risk.

Gray color represents CKD defined by eGFR and ACR.

4. BMI 범주에 따른 사구체여과률로 분류한 만성신질환의 유병률

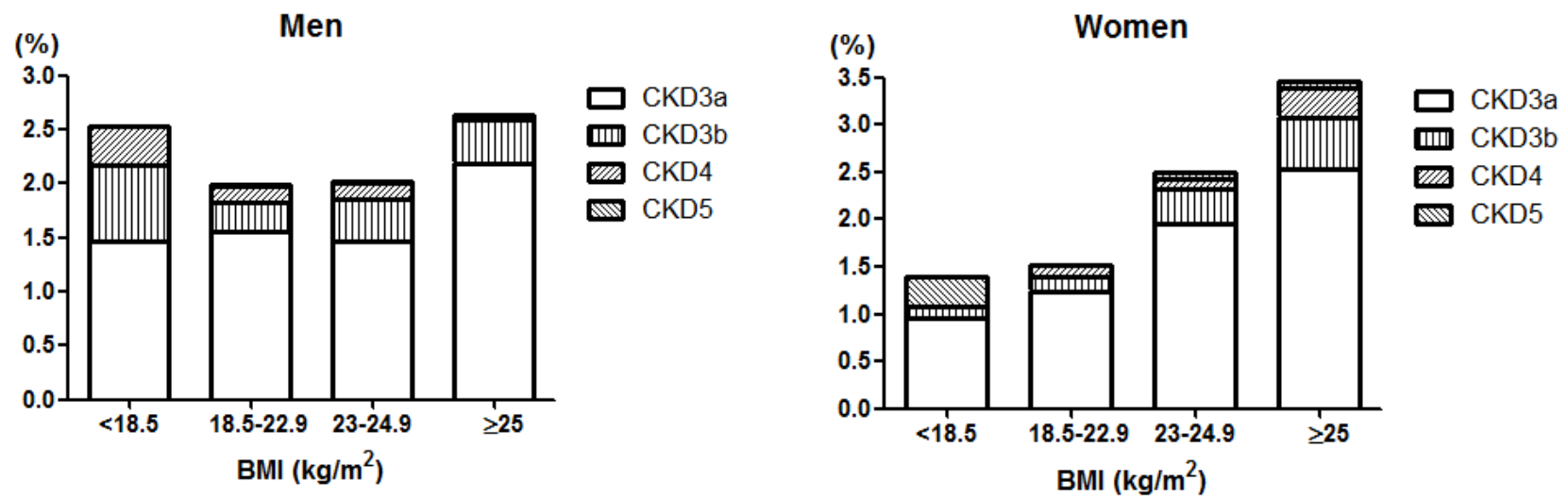
(1) 남자

저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 eGFR 60 mL/min/1.73m² 미만의 CKD_{GFR} 유병률은 각각 2.53%, 1.99%, 2.02%, 2.64%로 저체중군과 비만군에서 상대적으로 그 값이 높은 U자 형태를 보였다. CKD stage 3b와 4의 비율은 저체중군에서 가장 높았다 (Figure 3).

(2) 여자

저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 eGFR 60 mL/min/1.73m² 미만의 CKD_{GFR} 유병률은 각각 1.40%, 1.52%, 2.49%, 3.45%로 BMI 범주가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다. CKD stage 5의 비율은 저체중군에서 0.31%로 가장 높았다 (Figure 3).

Figure 3. Prevalence of CKD_{GFR} classified by eGFR according to BMI categories.



5. BMI 범주에 따른 ACR로 분류한 만성신질환 유병률

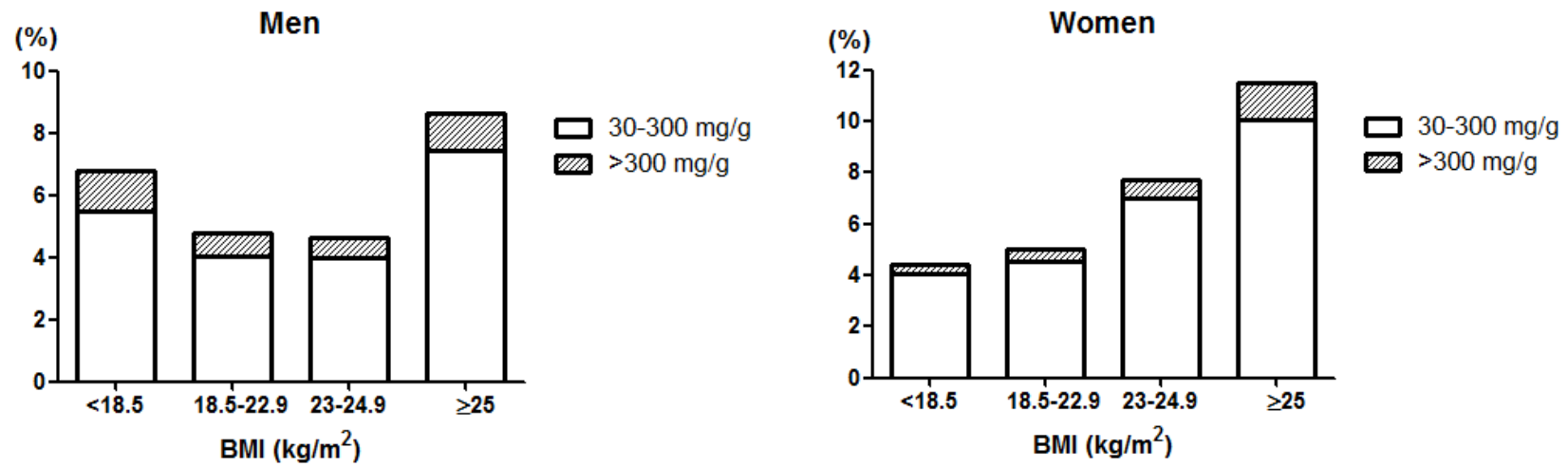
(1) 남자

ACR 30 mg/g 이상의 CKD_{ACR} 유병률은 저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 각각 6.78%, 4.80%, 4.64%, 8.63%로 저체중군과 비만군에서 상대적으로 높았다. (Figure 4).

(2) 여자

ACR 30 mg/g 이상의 CKD_{ACR} 유병률은 저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 각각 4.40%, 5.0%, 7.74%, 11.51%로 BMI 범주가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다 (Figure 4).

Figure 4. Prevalence of CKD_{ACR} classified by ACR according to BMI categories.



6. BMI 범주에 따른 GFR과 ACR로 평가된 CKD의 유병률

우리 연구는 2012년 KDIGO 지침에 따라 eGFR과 ACR로 분류한 CKD 예후의 위험도 분류상 증등도 이상의 위험군을 CKD로 정의하고 CKD_{Risk}로 표기하였다. Figure 5는 CKD_{Risk}에서 증등도위험군, 고위험군, 초고위험군의 분율을 BMI 범주에 따라 나타낸 것이다.

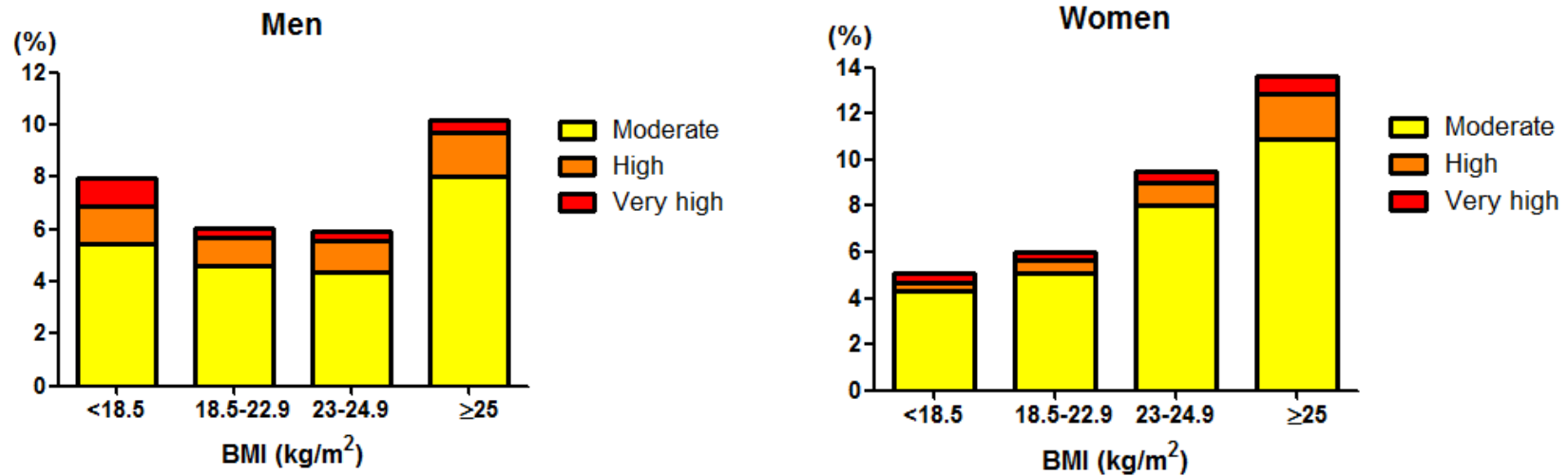
(1) 남자

저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 CKD_{Risk} 유병률은 각각 7.95%, 6.05%, 5.93%, 10.19%로 저체중군과 비만군에서 상대적으로 높았다. 저체중군에서 초고위험군의 분율이 1.06%로 가장 높았다.

(2) 여자

저체중군, 정상체중군, 과체중군, 비만군에서 CKD_{Risk} 유병률은 각각 5.07%, 5.97%, 9.47%, 13.61%로 BMI 범주가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다.

Figure 5. Prevalence of CKD_{Risk} classified by eGFR and ACR according to BMI categories.



7. 사구체여과률로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석

본 연구에서는 eGFR 60 (mL/min/1.73m²) 미만으로 정의한 CKD를 CKD_{GFR}로 표기하였다. BMI (kg/m²)가 18.5이상 23미만인 정상체중을 기준 집단으로 하여 BMI 범주와 CKD_{GFR}의 연관성을 보고자 다중 로지스틱 회귀분석 (Multivariate logistic regression analysis)을 하였다 (Table 10).

나으로 보정하였을 때 (Model 1), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m² 이상의 비만군은 CKD_{GFR}의 오즈비가 2.36배 (95% CI, 1.674-3.329; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.59배 (95% CI, 1.171-2.153; *p*-value = 0.003)로 유의하게 높았다. Model 1에 생활습관 (흡연력, 음주력, 규칙적인 운동여부)을 추가로 보정하였을 때 (Model 2), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 비만군은 CKD_{GFR}의 오즈비가 2.29배 (95% CI, 1.566-3.335; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.56배 (95% CI, 1.039-2.344; *p*-value = 0.032)로 유의하게 높았다. Model 2에서 추가로 수축기 혈압, HbA1c, HDL-C, TG를 보정하였을 때 (Model 3), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 비만군이 CKD_{GFR}의 오즈비가 1.88배 (95% CI, 1.261-2.797; *p*-value = 0.002)로 유의하게 높았으며, 여자의 경우 BMI는 CKD_{GFR}과 관련성 있는 인자가 아니었다.

Table 10. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by eGFR (CKD_{GFR})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
BMI (kg/m ²)	<18.5	0.770 (0.370–1.601)	1.835 (0.694–4.849)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	1.156 (0.798–1.673)	1.186 (0.834–1.686)	
	≥25	2.360* (1.674–3.329)	1.588* (1.171–2.153)	
Model 2				
BMI (kg/m ²)	<18.5	0.476 (0.172–1.319)	2.144 (0.580–7.921)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.969 (0.651–1.442)	0.764 (0.464–1.257)	
	≥25	2.285* (1.566–3.335)	1.560* (1.039–2.344)	
Model 3				
BMI (kg/m ²)	<18.5	0.620 (0.218–1.766)	2.388 (0.613–9.301)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.868 (0.575–1.312)	0.693 (0.415–1.156)	
	≥25	1.878* (1.261–2.797)	1.372 (0.904–2.084)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG).

8. ACR로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석

ACR 30 mg/g 이상인 경우를 만성신질환 (CKD)으로 정의하였으며 CKD_{ACR} 로 표기하였다. BMI (kg/m^2)가 18.5이상 23미만인 정상체중을 기준 집단으로 하여 BMI 범주와 CKD_{ACR} 의 연관성을 보고자 다중 로지스틱 회귀분석을 하였다 (Table 11).

나으로 보정하였을 때 (Model 1), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 BMI $25 kg/m^2$ 이상의 비만군이 CKD_{ACR} 의 오즈비가 2.12배 (95% CI, 1.683-2.669; p -value <0.001), 여자의 경우 1.94배 (95% CI, 1.554-2.418; p -value <0.001)로 유의하게 높았다. Model 1에서 여자의 경우 과체중 ($23 \leq$ BMI (kg/m^2) <25)군에서 정상군에 비해 CKD_{ACR} 의 오즈비가 1.28배 (95% CI, 1.011-1.610; p -value = 0.040)로 유의하게 높았다. Model 1에 추가로 생활습관 (흡연력, 음주력, 규칙적인 운동여부)을 보정하였을 때 (Model 2), 남자의 경우 정상체중군에 비해 비만군이 CKD_{ACR} 의 오즈비가 1.99배 (95% CI, 1.553-2.541; p -value <0.001), 여자의 경우 1.91배 (95% CI, 1.476-2.475; p -value <0.001)로 유의하게 높았다. Model 2에서 추가로 수축기 혈압, HbA1c, HDL-C, TG를 보정하였을 때 (Model 3), 남자의 경우 정상체중군에 비해 비만군이 CKD_{ACR} 의 오즈비가 1.58배 (95% CI, 1.207-2.069; p -value = 0.001), 여자의 경우 1.40배 (95% CI, 1.082-1.814; p -value = 0.011)로 유의하게 높았다. 남자의 경우 과체중군에서 CKD_{ACR} 의 오즈비가 0.74배 (95% CI, 0.551-0.994; p -value = 0.045)로 유의하게 낮았다.

Table 11. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by ACR (CKD_{ACR})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.368 (0.720–2.599)	1.301 (0.819–2.066)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.919 (0.708–1.192)	1.276* (1.011–1.610)	
	≥25	2.120* (1.683–2.669)	1.939* (1.554–2.418)	
Model 2				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.303 (0.614–2.766)	1.064 (0.595–1.901)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.808 (0.608–1.073)	1.273 (0.955–1.697)	
	≥25	1.986* (1.553–2.541)	1.911* (1.476–2.475)	
Model 3				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.922 (0.862–4.285)	1.133 (0.632–2.033)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.740* (0.551–0.994)	1.088 (0.815–1.453)	
	≥25	1.580* (1.207–2.069)	1.401* (1.082–1.814)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG).

9. 사구체여과율과 ACR로 정의한 만성신질환에 대한 로지스틱분석

우리 연구는 2012년 KDIGO 지침에 따라 GFR과 ACR로 분류한 CKD 예후의 위험도 분류상 증등도 이상의 위험군을 CKD로 정의하고 CKD_{Risk}로 표기하였다. BMI (kg/m²)가 18.5이상 23미만인 정상체중을 기준 집단으로 하여 BMI 범주와 CKD_{Risk}의 연관성을 알아보하고자 다중 로지스틱 회귀분석을 하였다 (Table 12).

나이를 보정하였을 때 (Model 1), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m² 이상의 비만군이 CKD_{Risk}의 오즈비가 2.16배 (95% CI, 1.741-2.689; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.82배 (95% CI, 1.492-2.224; *p*-value <0.001)로 유의하게 높았다. 여자의 경우 과체중군 (23 ≤ BMI (kg/m²) <25)은 정상체중군과 비교하여 CKD_{Risk}의 오즈비가 1.24배 (95% CI, 1.001-1.526; *p*-value = 0.049)로 유의하게 높았다. Model 1에 추가로 생활습관 (흡연력, 음주력, 규칙적인 운동여부)을 보정하였을 때 (Model 2), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m² 이상의 비만군이 CKD_{Risk}의 오즈비가 2.07배 (95% CI, 1.646-2.612; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.80배 (95% CI, 1.415-2.283; *p*-value <0.001)로 유의하게 높았다. Model 2에서 추가로 수축기 혈압, HbA1c, HDL-C, TG를 보정하였을 때 (Model 3), 남자의 경우 정상체중군과 비교하여 비만군이 CKD_{Risk}의 오즈비가 1.65배 (95% CI, 1.289-2.115; *p*-value <0.001), 여자의 경우 1.38배 (95% CI, 1.088-1.754; *p*-value = 0.008)로 유의하게 높았다. 남자의 경우 과체중군에서 정상체중군에 비해 CKD_{Risk}의 오즈비가 0.74배 (95% CI, 0.569-0.957; *p*-value = 0.022)로 유의하게 낮았다.

Table 12. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for chronic kidney disease defined by eGFR and ACR (CKD_{Risk})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.211 (0.659–2.224)	1.455 (0.945–2.241)	
	18.5-22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23-24.9	0.940 (0.746–1.185)	1.236* (1.001–1.526)	
	≥25	2.164* (1.741–2.689)	1.821* (1.492–2.224)	
Model 2				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.150 (0.549–2.409)	1.213 (0.702–2.094)	
	18.5-22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23-24.9	0.813 (0.633–1.043)	1.180 (0.902–1.543)	
	≥25	2.074* (1.646–2.612)	1.797* (1.415–2.283)	
Model 3				
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.640 (0.759–3.544)	1.323 (0.763–2.294)	
	18.5-22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23-24.9	0.738* (0.569–0.957)	1.030 (0.785–1.351)	
	≥25	1.651* (1.289–2.115)	1.382* (1.088–1.754)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG).

IV. 고찰

본 연구는 국민건강영양조사 제 5기 2, 3차년도 (2011, 2012)와 제6기 1, 2차년도 (2013, 2014) 자료를 이용하여 우리나라 만 19세 이상 19,331명 (남자 8,709명, 여자 10,622명)을 대상으로 eGFR과 ACR로 정의된 CKD_{Risk}와 비만의 연관성을 분석하였다. 남녀 모두에서 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m² 이상의 비만군은 CKD_{Risk}의 위험도가 높았으며, eGFR만으로 CKD를 정의하였을 때, 여자의 경우 비만과 CKD_{GFR}사이의 유의한 관련성은 없었다.

Moorhead (1982)는 30년 전 과도한 지질 (lipid)의 신장 축적이 CKD 진행에 영향을 준다는 지질 독성 (lipid toxicity)의 개념을 제안하였다. 그 이후, 비만, 대사증후군 혹은 당뇨병 모델을 이용한 동물 실험들은 중성지방이 사구체, 근위 세뇨관 등의 신장 조직에 축적되는 것을 관찰하였다 (Mount et al., 2015; Kume et al., 2007). 고지방식이를 한 쥐에서 사구체경화와 단백뇨가 발생하였으며, plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1), vascular endothelial growth factor (VEGF), type IV collagen, fibronectin 등의 신장 발현이 증가함을 확인하였다 (Jiang et al., 2005). 세포내 과도한 free fatty acid (FFA)가 fatty acylCoA, diacylglycerol과 같은 독성 대사물질의 신장 내 축적을 유발하는 지질 독성의 주요 인자로 알려져 있으며, 다른 기전으로 reactive oxygen species (ROS) 생성, 세포내 신호전달과정의 교란, 염증유발 (proinflammatory) 혹은 전섬유화 (profibrotic) 인자들의 분비, 지질에 의한 세포자멸 (lipoapoptosis) 등이 있다 (Bobulescu, 2010). 또한 고인슐린혈증에 의한 renin-angiotensin system의 활성화가 사구체의 과여과와 고혈압, 내피 세포 기능 이상 등을 유발하였다 (Rutkowski et al., 2006).

Othman 등(2009)은 비당뇨병 환자에서 CKD 진행 (>1 ml/min/1.73

m²/year) 빈도가 BMI상 정상체중군에서 44.7% 인데 반해, 과체중군이나 비만군에서 각각 62%, 79.5%로 더 높다고 보고하였다. 반면, Brown 등(2012)은 비당뇨병 환자에서 eGFR 변화로 정의한 CKD 진행이 BMI와 유의한 연관성이 없다고 보고하였다. Framingham offspring cohort 자료를 이용한 연구에서는 BMI 30 kg/m² 이상의 비만이 CKD와 연관성이 있었으나 당뇨, 고혈압, 흡연 등 심혈관질환 위험요인들을 보정한 후에는 유의한 연관성을 보이지 않았다 (Foster et al., 2008). 국내의 한 종단적 연구는 대사증후군은 아니지만 BMI가 25 kg/m² 이상인 경우 CKD의 오즈비가 2.03배 높다고 보고하였으며 (Song, Sung and Lee, 2015), 또 다른 국내 연구에서도 대사적으로 건강한 비만인에서 CKD 발생이 1.3배 더 높았다고 보고하였다 (Jung et al., 2015). 최근에 발표된 국내의 한 전향적 코호트 연구에서 BMI가 증가할수록 eGFR 60 mL/min/1.73 m² 미만의 CKD 발생은 과체중군에서 3.5배, 비만군에서 6.7배 더 높았다 (Chang et al., 2016). 우리 연구에서 BMI 25 kg/m² 이상의 비만은 혼란변수들을 보정하기 전에는 남녀 모두에서 eGFR 60 mL/min/1.73 m² 미만의 CKD (CKD_{GFR})의 위험도를 높였으나, 생활습관 (흡연력, 음주력, 신체활동), 수축기 혈압, HbA1c, 중성지방 그리고 HDL 콜레스테롤을 모두 보정한 후에는 남자에서만 유의한 양의 관련성을 보였다.

아시아인을 대상으로 비만과 CKD의 연관성을 본 연구들은 주로 남자에서 그 관련성이 유의한 경향을 보인다. 일본 오키나와의 건강 검진 자료를 이용한 코호트 연구에서 남자에서만 BMI 21 kg/m² 이상과 ESRD 진행 사이의 유의한 양의 관련성을 보였다 (Iseki et al., 2004). 싱가포르 연구에서도 BMI 상 과체중 혹은 비만과 eGFR 60 mL/min/1.73 m² 미만의 CKD 사이의 관련성은 남자에서만 유의하였다 (Shankaret al., 2008). 아시아 외에도 오스트리아에서 진행된 당뇨, 고혈압 혹은 심혈관 질환의 병력이 있는 고위험군을 대상으로 한 코호트 연구에서 eGFR은 남자에서만 BMI와 유의한 양의 관련성을 보였다 (Nagel

et al., 2013). 만성신질환의 진행에 성별이 끼치는 영향에 대한 메타 분석 결과에서 남성은 다양한 원인의 신질환 진행과 양의 관련성을 보였다 (Neugarten, Acharya and Silbiger, 2000). 이러한 연구 결과들과는 달리 일본의 미야자키 현 기요다케 지역의 코호트 연구에서는 CKD가 아닌 1,506명의 남녀 성인을 10년간 추적 관찰한 결과, 여자에서만 BMI 증가가 CKD 발생과 유의한 관련성을 보였다. 하지만 이 연구는 이러한 결과의 원인에 대해 뚜렷이 제시해주고 있지 않다 (Komura et al., 2013). 이스라엘의 한 단면 연구에서도 비만과 CKD의 연관성이 나이, 혈압, 당뇨, 이상지질혈증, 흡연력 등을 보정한 후 여자에서만 유의하였다. 이 연구에서는 여자에서 이러한 관련성이 더 뚜렷했던 것에 대해, 여성 흡연률이 더 높았으며 남자에 비해 여자 대상자의 수가 적었으므로 통계적 편견이 작용했을 수 있음을 기술하였다 (Cohen et al., 2013). 따라서 우리 연구에서 비만과 CKD_{GFR}의 연관성이 남자에서만 유의한 것은 대다수의 연구 결과와 일치한다.

남녀의 CKD 진행의 차이를 설명하는 몇 가지 기전들이 있다. 동물, 세포 실험을 통해 에스트라디올 (estradiol)이 메산지움 세포 (mesangial cell)를 증식시키고 콜라겐 (collagen)의 합성을 감소시킴으로써 사구체경화의 진행을 늦추는 것으로 확인되었으며, 테스토스테론 (testosterone)은 이러한 신장 보호 효과를 보이지 않았다 (Kwan et al., 1996). 또한 안드로겐 (androgen)은 근위세뇨관 재흡수를 증가시키거나 레닌-안지오텐신계 (renin-angiotensin system)를 활성화시킴으로써 사구체 고혈압과 신손상을 유발하는 것으로 알려져 있다 (Reckelhoff and Granger, 1999). 또 다른 연구는 Testosterone이 사람의 근위세뇨관 세포에서 세포소멸 (apoptosis) 경로를 촉발시켜 신손상을 유발하는 것으로 보고하였다 (Verzola et al., 2004). 그 밖에도 남성이 여성에 비해 흡연률이 높고 (Stengel et al., 2013; Stengel et al., 2000), 단백질, 인을 더 많이 섭취하며, estradiol이 강한 항산화 역할을 하는 phenolic hydroxyl group을

포함하고 있어서 여자에서 신손상에 대한 보호 작용을 하는 것으로 알려져 있다 (Silbiger and Neugarten, 1995).

아시아인은 백인에 비해 알부민뇨가 더 많이 발생하며 (Fischbacher et al., 2003), 단백뇨를 동반한 당뇨신병증 (proteinuric diabetic kidney disease) 의 유병률도 더 높은 것으로 알려져 있다 (Chandie Shaw et al., 2002; Bhalla et al., 2013). 우리 연구에서 eGFR 60 mL/min/1.73 m² 미만의 CKD 유병률은 2.2%였으며, 이 수치는 미국의 국민건강영양조사 (NHANES) 1999-2006년 자료에서 18,026명을 대상으로 보고한 CKD stage 3 이하의 유병률 6.7%에 비해 낮은 수치였다. ACR 30 mg/g 이상의 CKD 유병률은 우리 자료상 6.7%로 미국과 거의 동일한 수치를 보였다. 이와 같은 결과는 아시아인에서 알부민뇨의 측정이 CKD를 평가하는데 중요한 요인이 됨을 제시해준다.

알부민뇨는 복부 비만과 관련성이 높은 것으로 알려져 있으며, 남아시아인 (South Asian)을 대상으로 한 연구에서 허리-엉덩이 둘레의 비가 클수록 알부민뇨의 상대위험도가 4.1배로 높았다 (Chandie shaw et al., 2007). 중국의 한 코호트 연구는 복부 비만과 ACR 30 mg/g 이상의 알부민뇨의 유의한 양의 관련성을 보고한 바 있다 (Lin et al., 2012). 중국의 또 다른 연구에서는 BMI 28.0 kg/m² 이상이면서 허리-엉덩이 둘레 비로 확인된 복부 비만을 동시에 만족하는 경우 ACR 상승의 오즈비가 1.82로 높았다 (Du et al., 2014). 우리 연구에서도 남녀 모두 BMI 25 kg/m² 이상의 비만 혹은 허리둘레 4 사분위수에 속하는 경우 CKD_{ACR}의 위험도를 유의하게 높였으며, 이는 아시아의 다른 연구들과 유사한 결과이다.

우리 연구에서 남자의 경우 BMI (kg/m²) 23이상 25미만의 과체중은 CKD_{Risk}의 위험도가 낮았다. 또한 남자의 경우 저체중군에서 CKD의 분율이 정상이나 과체중군에 비해 높았다. 몇몇 체계적 고찰 및 메타분석 연구들에서 CKD 환자의 비만 역설 (obesity paradox)에 대해 언급한 바 있다 (Ahmadi et al.,

2015; Lu et al., 2014). 즉, CKD 환자의 경우 저체중에서 사망률이 더 높고 과체중이거나 약간 비만인 경우에서 오히려 사망률이나 CKD 진행률이 더 낮았다는 것이다. 따라서 우리 연구 결과는 기존 연구의 obesity paradox의 견해와 일맥상통하는 부분일 수도 있다. 하지만 2008–2011년 KNHANES 자료를 이용한 최근 국내 연구에서 CKD는 근감소증과 양의 연관성을 보였으며 근감소증이 없는 남자 대상자들의 평균 BMI가 23.8 kg/m²으로 과체중군에 속하였다 (Moon et al., 2015). 따라서 우리 연구에서 근육량을 측정할 수는 없었지만, 과체중군에서 근육량이 다른 군보다 더 많았을 가능성을 배제할 수 없다.

비만의 지표로 BMI가 아닌 허리둘레를 사용하는 것이 CKD와의 연관성을 보는데 더 유의하다는 연구 결과들이 있다. 국내 한 전향적 코호트 연구는 허리둘레, 허리-엉덩이 둘레의 비, 허리둘레-신장의 비는 신기능 감소와 양의 연관성이 있으나 BMI는 유의한 관련성을 보이지 않는다고 보고하였다 (Oh, Quan, and Jeong, 2013). 국외 한 코호트 연구에서도 BMI가 아닌 허리-엉덩이 둘레의 비가 CKD 발생과 유의한 양의 연관성을 보인다고 보고하였다 (Elsayed et al., 2008). 터키의 제 2형 당뇨병 환자를 대상으로 한 연구에서 24시간 Urine albumin excretion rate는 허리둘레와 양의 연관성을 보였으며, BMI는 creatinine clearance와 양의 연관성을 보였다. 하지만 체표면적을 보정한 후 BMI는 신기능과 관련성이 없었다 (Afsar et al., 2011). 우리 연구에서 남자의 경우 3, 4 사분위수의 허리둘레, 여자의 경우 4 사분위수의 허리둘레는 CKD_{ACR}, CKD_{Risk}와 유의한 양의 연관성을 보였다 (Supplement Table 5, 6). 하지만 BMI와 마찬가지로 허리둘레는 혼란 변수를 모두 보정한 경우, 남자에서만 CKD_{GFR}과 유의한 양의 연관성을 보였다 (Supplement Table 4).

우리 연구에서 CKD_{GFR}은 남자에서 나이, HbA1c와 양의 관련성을 보였으며, HDL 콜레스테롤 및 음주력과는 음의 연관성을 보였고, 여자의 경우 나이, HbA1c와 양의 관련성을 보였다 (Supplement Table 1). 나이와 고혈당이 신기

능 악화의 주요 원인임은 잘 알려져 있으며, 낮은 HDL 콜레스테롤과 CKD 발생의 연관성 또한 여러 대사증후군 연구를 통해 보고된 바 있다 (Fox et al., 2004; Okada et al., 2014). 우리 연구에서 여러 혼란 변수를 보정한 후 남자에게서 음주력과 CKD_{GFR} 사이에 음의 관련성을 보인 것은, 남자 저체중군은 정상 체중군에 비해 CKD 분율이 높았으나 알콜섭취량은 가장 낮았던 점이 반영되었을 것으로 보인다. CKD_{ACR} 은 남자의 경우 나이, 수축기 혈압, HbA1c, 중성지방과 양의 연관성을 보였으며 여자의 경우 나이, 수축기 혈압, HbA1c와 양의 연관성을 보였고, 운동력과는 음의 연관성을 보였다 (Supplement Table 2). 신체 활동을 많이 하는 사람에 비해 적게 하는 사람이 CKD 발생 상대위험도가 2배 이상 높은 것으로 보고된 바 있다 (Stengel, Tarver-Carr and Powe, 2003; Perneger et al., 1999). 우리 연구에서 여자의 경우 운동과 CKD_{ACR} 사이에 음의 관련성을 보인 것은 단면연구라는 점을 고려할 때, 고위험군에서 오히려 운동을 더 규칙적으로 하고 있을 가능성이 있으므로 알부민뇨와 운동과의 연관성을 전향적으로 연구해 볼 필요가 있겠다.

본 연구의 제한점은 첫째, 국민건강영양조사는 단면연구로서 시간의 선후 관계를 분명하게 제시할 수 없으므로 인과관계를 명확히 규명하기가 어렵다. 둘째, CKD는 정의상 3개월 이상 지속되는 신기능의 저하를 의미하므로 eGFR과 ACR의 반복 측정치가 필요하나 우리 자료는 1회의 측정값을 바탕으로 하였다. 셋째, 비만을 BMI 만으로 정의하는 것은 내장 지방, 근육량과 같은 대사적으로 영향을 주는 인자들을 구분할 수 없었다. 그러나 우리 연구는 내장지방과 연관성이 높은 복부 비만을 의미하는 허리둘레를 이용함으로써 CKD와의 관련성을 확인하였다 (Supplement Table 4-6). 넷째, 비만의 기간을 제시하지 않았다. 실제로 어린 시절 과체중이었던 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 성인에서 CKD 발생과 연관성이 높은 것으로 알려져 있으므로 (Silverwood et al., 2013), 과거 비만 여부와 기간도 분석시 고려해야 할 부분이다. 이러한 제한점

에도 불구하고, 우리 자료는 한국인의 특성을 대표적으로 반영하는 국민건강영양조사를 이용하였으며 2011년부터 2014년까지 4년의 자료를 통합하여 분석함으로써 비교적 많은 수의 대상자를 포함하였다. 또한 통계 분석에서 복합표본설계 프로시저를 이용하여 정확도와 신뢰성을 높였다. 비만과 CKD의 관련성을 본 대부분의 연구들은 CKD를 eGFR로만 평가하거나 단백뇨 또는 ACR을 따로 분석해왔다. 반면에 우리 연구에서는 2012년 KDIGO 지침을 반영하여 eGFR과 ACR로 CKD를 분류 및 정의하였으며, 남녀 모두에서 비만과 CKD_{Risk}의 유의한 연관성을 확인하였다. 따라서 우리 연구는 알부민뇨의 유병률이 상대적으로 높은 우리나라에서 CKD 평가를 단순히 eGFR로만 하는 것은 자칫하면 비만이 CKD에 미치는 영향을 과소평가할 수 있음을 시사해 준다.

V. 결론

본 연구는 한국인 성인에서 eGFR과 ACR로 정의한 CKD와 비만의 연관성을 분석하였다. 남녀 모두에서 정상체중군과 비교하여 BMI 25 kg/m^2 이상의 비만군은 CKD_{Risk}의 위험도가 높았으며, 남자의 경우 과체중군에서 CKD_{Risk}의 위험도가 낮았다. 하지만 eGFR로만 CKD를 정의하였을 때 (CKD_{GFR}), 비만과 CKD_{GFR}의 연관성은 남자에서만 유의하였다. 따라서 eGFR 뿐만 아니라 ACR을 함께 사용하여 CKD를 평가하는 것이 남녀 모두에서 비만과 같은 CKD의 관련 인자를 과소평가하지 않을 수 있었다. 추후 종단적 연구 및 실험 연구를 통해 한국인 남성과 여성에서 CKD 진행에 있어서 비만과 과체중의 역할을 알아볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

Levey AS, Atkins R, Coresh J, Cohen EP, Collins AJ, Eckardt KU, Nahas ME, Jaber BL, Jadoul M, Levin A, Powe NR, Rossert J, Wheeler DC, Lameire N, Eknoyan G. Chronic kidney disease as a global public health problem: approaches and initiatives—a position statement from kidney disease improving global outcomes. *Kidney Int* 2007;72(3):247-59.

Shin SY, Kwon MJ, Park H, Woo HY. Comparison of chronic kidney disease prevalence examined by the chronic kidney disease epidemiology collaboration equation with that by the modification of diet in renal disease equation in Korean adult population. *J Clin Lab Anal* 2014;28(4):320-7.

Jin DC, Yun SR, Lee SW, Han SW, Kim W, Park J, Kim YK. Lessons from 30 years' data of Korean end-stage renal disease registry, 1985-2015. *Kidney Res Clin Pract* 2015;34(3):132-9.

National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: Evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis* 2002;39:S1-266.

Kidney Disease Improving Global Outcomes 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of chronic kidney disease. *Kidney Int Suppl* 2013;3(1):1-150.

Gansevoort RT, Matsushita K, van der Velde M, Astor BC, Woodward M, Levey AS, de Jong PE, Coresh J. Lower estimated eGFR and higher albuminuria are associated with adverse kidney outcomes. A collaborative meta-analysis of general and high-risk population cohorts. *Kidney Int* 2011;80(1):93-104.

Matsushita K, van der Velde M, Astor BC, Woodward M, Levey AS, de Jong PE, Coresh J, Gansevoort RT. Association of estimated glomerular filtration rate and albuminuria with all-cause and cardiovascular mortality in general population cohorts: a collaborative meta-analysis. *Lancet* 2010;375(9731):2073-81.

Hallan SI, Ritz E, Lydersen S, Romundstad S, Kvenild K, Orth SR. Combining eGFR and albuminuria to classify CKD improves prediction of ESRD. *J Am Soc Nephrol* 2009;20(5):1069-77.

Brantsma AH, Bakker SJ, Hillege HL, de Zeeuw D, de Jong PE, Gansevoort RT. Cardiovascular and renal outcome in subjects with K/DOQI stage 1-3 chronic kidney disease: the importance of urinary albumin excretion. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23(12):3851-8.

Guh DP, Zhang W, Bansback N, Amarsi Z, Birmingham CL, Anis AH. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 2009;9:88.

World health organization 2016. Fact sheet on obesity and overweight.
Available from: URL:<http://www.who.int/mediacentre/factsheet/fs311/en/>

보건복지부. 제3차 국민건강증진종합계획. 2011-2020.

Song YM, Sung J, Lee K. Longitudinal relationships of metabolic syndrome and obesity with kidney function: Healthy Twin Study. *Clin Exp Nephrol* 2015;19(5):887-94.

Kang YU, Kim HY, Choi JS, Kim CS, Bae EH, Ma SK, Kim SW. Metabolic syndrome and chronic kidney disease in an adult Korean population: results from the Korean National Health Screening. *PLoS One* 2014;9(5):e93795.

Jung CH, Lee MJ, Kang YM, Hwang JY, Kim EH, Park JY, Kim HK, Lee WJ. The risk of chronic kidney disease in a metabolically healthy obese population. *Kidney Int* 2015;88(4):843-50.

Fox CS, Larson MG, Leip EP, Culeton B, Wilson PW, Levy D. Predictors of New-Onset Kidney Disease in a Community-Based Population. *JAMA* 2004;291(7):844-50.

Cao X, Zhou J, Yuan H, Wu L, Chen Z. Chronic kidney disease among overweight and obesity with and without metabolic syndrome in an urban Chinese cohort. *BMC Nephrol* 2015;16:85.

WHO expert consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 2004;363:157-63.

Moorhead JF, Chan MK, El-Nahas M, Varghese Z. Lipid nephrotoxicity in chronic progressive glomerular and tubulo-interstitial disease. *Lancet* 1982;2(8311):1309-11.

Mount P, Davies M, Choy SW, Cook N, Power D. Obesity-Related Chronic Kidney Disease—The Role of Lipid Metabolism. *Metabolites* 2015;5(4):720-32.

Kume S, Uzu T, Araki S, Sugimoto T, Isshiki K, Chin-Kanasaki M, Sakaguchi M, Kubota N, Terauchi Y, Kadowaki T, Haneda M, Kashiwagi A, Koya D. Role of altered renal lipid metabolism in the development of renal injury induced by a high-fat diet. *J Am Soc Nephrol* 2007;18(10):2715-23.

Jiang T, Wang Z, Proctor G, Moskowitz S, Liebman SE, Rogers T, Lucia MS, Li J, Levi M. Diet-induced obesity in c57bl/6j mice causes increased renal lipid accumulation and glomerulosclerosis via a sterol regulatory element-binding protein-1c-dependent pathway. *J Biol Chem* 2005;280(37):32317-25.

Bobulescu IA. Renal lipid metabolism and lipotoxicity. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2010;19(4):393-402.

- Rutkowski P, Klassen A, Sebekova K, Bahner U, Heidland A. Renal Disease in Obesity: The Need for Greater Attention. *J Ren Nutr* 2006;16(3):216-23.
- Othman M, Kawar B, El Nahas AM. Influence of obesity on progression of non-diabetic chronic kidney disease: A retrospective cohort study. *Nephron Clin Pract* 2009;113(1):c16-23.
- Brown RN, Mohsen A, Green D, Hoefield RA, Summers LK, Middleton RJ, O'Donoghue DJ, Kalra PA, New DI. Body mass index has no effect on rate of progression of chronic kidney disease in non-diabetic subjects. *Nephrol Dial Transplant* 2012;27(7):2776-80.
- Foster MC, Hwang SJ, Larson MG, Lichtman JH, Parikh NI, Vasan RS, Levy D, Fox CS. Overweight, Obesity, and the Development of Stage 3 CKD: The Framingham Heart Study. *Am J Kidney Dis* 2008;52(1):39-48.
- Chang Y, Ryu S, Choi Y, Zhang Y, Cho J, Kwon MJ, Hyun YY, Lee KB, Kim H, Jung HS, Yun KE, Ahn J, Rampal S, Zhao D, Suh BS, Chung EC, Shin H, Pastor-Barriuso R, Guallar E. Metabolically Healthy Obesity and Development of Chronic Kidney Disease A cohort study. *Ann Intern Med* 2016;164(5):305-12.
- Iseki K, Ikemiya Y, Kinjo K, Inoue T, Iseki C, Takishita S. Body mass index and the risk of development of end-stage renal disease in a screened cohort. *Kidney Int* 2004;65(5):1870-6.

- Shankar A, Leng C, Chia KS, Koh D, Tai ES, Saw SM, Lim SC, Wong TY. Association between body mass index and chronic kidney disease in men and women: population-based study of Malay adults in Singapore. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23(6):1910-8.
- Nagel G, Zitt E, Peter R, Pompella A, Concin H, Lhotta K. Body mass index and metabolic factors predict glomerular filtration rate and albuminuria over 20 years in a high-risk population. *BMC Nephrol* 2013;14:177
- Neugarten J, Acharya A, Silbiger SR. Effect of Gender on the Progression of Nondiabetic Renal Disease: A Meta-Analysis. *J Am Soc Nephrol* 2000;11(2):319-29.
- Komura H, Nomura I, Kitamura K, Kuwasako K, Kato J. Gender difference in relationship between body mass index and development of chronic kidney disease. *BMC Res Notes* 2013;6:463.
- Cohen E1, Fraser A, Goldberg E, Milo G, Garty M, Krause I. Association between the body mass index and chronic kidney disease in men and women. A population-based study from Israel. *Nephrol Dial Transplant* 2013;28 Suppl 4:iv130-5.
- Kwan G, Neugarten J, Sherman M, Ding Q, Fotadar U, Lei J, Silbiger S. Effects of sex hormones on mesangial cell proliferation and collagen synthesis. *Kidney Int* 1996;50(4):1173-9.

Reckelhoff JF, Granger JP. Role of androgens in mediating hypertension and renal injury. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1999 ;26(2):127-31.

Verzola D, Gandolfo MT, Salvatore F, Villaggio B, Gianiorio F, Traverso P, Deferrari G, Garibotto G. Testosterone promotes apoptotic damage in human renal tubular cells. *Kidney Int* 2004;65(4):1252-61.

Stengel B, Tarver-Carr ME, Powe NR, Eberhardt MS, Brancati FL. Lifestyle Factors, Obesity and the Risk of Chronic Kidney Disease. *Epidemiology* 2003;14(4):479-87

Stengel B, Couchoud C, Cénée S, Hémon D. Age, blood pressure and smoking effects on chronic renal failure in primary glomerular nephropathies. *Kidney Int* 2000;57(6):2519-26.

Silbiger SR, Neugarten J. The Impact of Gender on the Progression of Chronic Renal Disease. *Am J Kidney Dis* 1995;25(4):515-33.

Fischbacher CM, Bhopal R, Rutter MK, Unwin NC, Marshall SM, White M, Al-berti KG. Microalbuminuria is more frequent in South Asian than in European origin populations: a comparative study in Newcastle, UK. *Diabet Med* 2003;20(1):31-6.

Chandie Shaw PK, Vandenbroucke JP, Tjandra YI, Rosendaal FR, Rosman JB, Geerlings W, de Charro FT, van Es LA: Increased

end-stage diabetic nephropathy in Indo-Asian immigrants living in the Netherlands. *Diabetologia* 2002;45(3):337-41.

Bhalla V, Zhao B, Azar KM, Wang EJ, Choi S, Wong EC, Fortmann SP, Palaniappan LP. Racial/Ethnic Differences in the Prevalence of Proteinuric and Nonproteinuric Diabetic Kidney Disease. *Diabetes Care* 2013;36(5):1215-21.

Chandie Shaw PK1, Berger SP, Mallat M, Frölich M, Dekker FW, Rabelink TJ. Central Obesity Is an Independent Risk Factor for Albuminuria in Nondiabetic South Asian Subjects. *Diabetes Care* 2007;30(7):1840-4.

Lin WY, Pi-Sunyer FX, Liu CS, Li CI, Davidson LE, Li TC, Lin CC. Central Obesity and Albuminuria: Both Cross-Sectional and Longitudinal Studies in Chinese. *PLoS One* 2012;7(12):e47960

Du N, Peng H, Chao X, Zhang Q, Tian H, Li H. Interaction of obesity and central obesity on elevated urinary albumin-to-creatinine ratio. *PLoS One* 2014;9(6):e98926.

Ahmadi SF, Zahmatkesh G, Ahmadi E, Streja E, Rhee CM, Gillen DL, De Nicola L, Minutolo R, Ricardo AC, Kovesdy CP, Kalantar-Zadeh K. Association of Body Mass Index with Clinical Outcomes in Non-Dialysis-Dependent Chronic Kidney Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiorenal Med* 2015;6(1):37-49.

Lu JL, Kalantar-Zadeh K, Ma JZ, Quarles LD, Kovesdy CP. Association of body mass index with outcomes in patients with CKD. *J Am Soc Nephrol* 2014;25(9):2088-96.

Moon SJ, Kim TH, Yoon SY, Chung JH, Hwang HJ. Relationship between Stage of Chronic Kidney Disease and Sarcopenia in Korean Aged 40 Years and Older Using the Korea National Health and Nutrition Examination Surveys (KNHANES IV-2, 3, and V-1, 2), 2008-2011. *PLoS One* 2015;10(6):e0130740.

Oh H, Quan SA, Jeong JY, Jang SN, Lee JE, Kim DH. Waist Circumference, Not Body Mass Index, Is Associated with Renal Function Decline in Korean Population: Hallym Aging Study. *PLoS One* 2013;8(3):e59071.

Elsayed EF, Sarnak MJ, Tighiouart H, Griffith JL, Kurth T, Salem DN, Levey AS, Weiner DE. Waist-to-Hip Ratio, Body Mass Index, and Subsequent Kidney Disease and Death. *Am J Kidney Dis.* 2008 ;52(1):29-38.

Afsar B, Elsurer R, Güner E, Kirkpantur A. Which Anthropometric Parameter Is Best Related With Urinary Albumin Excretion and Creatinine Clearance in Type 2 Diabetes: Body Mass Index, Waist Circumference, Waist-to-Hip Ratio, or Conicity Index? *J Ren Nutr* 2011;21(6):472-8.

Okada R, Yasuda Y, Tsushita K, Wakai K, Hamajima N, Matsuo S. The number of metabolic syndrome components is a good risk indicator for both early- and late-stage kidney damage. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2014;24(3):277-85.

Perneger TV, Whelton PK, Puddey IB, Klag MJ. Risk of End-stage Renal Disease Associated with Alcohol Consumption. *Am J Epidemiol* 1999;150(12):1275-81.

Silverwood RJ, Pierce M, Hardy R, Thomas C, Ferro C, Savage C, Sattar N, Kuh D, Nitsch D. Early-Life Overweight Trajectory and CKD in the 1946 British Birth Cohort Study. *Am J Kidney Dis* 2013;62(2):276-84.

부 록

Supplement 1. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for CKD defined by eGFR (CKD_{GFR})

Variable	Men	Women
	Odds ratio (95% CI)	Odds ratio (95% CI)
BMI (kg/m ²)	<18.5	2.388 (0.613–9.301)
	18.5–22.9	1.0 (ref.)
	23–24.9	0.693 (0.415–1.156)
	≥ 25	1.372 (0.904–2.084)
Age (years)	1.139* (1.119–1.160)	1.133* (1.102–1.164)
Alcohol (≥2-3/wk)	0.654* (0.449–0.952)	0.666 (0.315–1.405)
Non-smoker	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)
Ex-smoker	1.105 (0.701–1.741)	0.581 (0.260–1.299)
Current-smoker	0.865 (0.494–1.513)	0.797 (0.341–1.864)
Regular exercise	1.261 (0.923–1.724)	0.793 (0.521–1.206)
Systolic BP (mmHg)	0.999 (0.990–1.009)	0.996 (0.980–1.012)
HbA1c (%)	1.406* (1.257–1.573)	1.378* (1.204–1.577)
HDL-cholesterol (mg/dL)	0.972* (0.954–0.991)	0.986 (0.965–1.007)
Triglyceride (mg/dL)	1.000 (0.999–1.001)	1.001 (0.999–1.002)

*p-value <0.05

Supplement 2. Multivariate-adjusted odds ratios BMI for CKD defined by ACR
 (CKD_{ACR})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.922 (0.862–4.285)	1.133 (0.632–2.033)	
	18.5–22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23–24.9	0.740* (0.551–0.994)	1.088 (0.815–1.453)	
	≥ 25	1.580* (1.207–2.069)	1.401* (1.082–1.814)	
Age (years)	1.041* (1.032–1.050)	1.012* (1.003–1.021)		
Alcohol (≥ 2-3/wk)	1.050 (0.841–1.311)	0.976 (0.664–1.435)		
Non-smoker	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)		
Ex-smoker	0.977 (0.679–1.406)	1.232 (0.726–2.089)		
Current-smoker	1.059 (0.750–1.495)	1.084 (0.674–1.743)		
Regular exercise	0.957 (0.768–1.194)	0.767* (0.604–0.975)		
Systolic BP (mmHg)	1.034* (1.028–1.041)	1.031* (1.024–1.038)		
HbA1c (%)	1.576* (1.452–1.711)	1.346* (1.204–1.505)		
HDL-cholesterol (mg/dL)	1.007 (0.996–1.019)	0.997 (0.987–1.007)		
Triglyceride (mg/dL)	1.001* (1.001–1.002)	1.001 (0.999–1.002)		

**p*-value <0.05

Supplement 3. Multivariate-adjusted odds ratios of BMI for CKD defined by eGFR and ACR (CKD_{Risk})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
BMI (kg/m ²)	<18.5	1.640 (0.759–3.544)	1.323 (0.763–2.294)	
	18.5-22.9	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	23-24.9	0.738* (0.569–0.957)	1.030 (0.785–1.351)	
	≥ 25	1.651* (1.289–2.115)	1.382* (1.088–1.754)	
Age (years)	1.059* (1.050–1.069)	1.031* (1.022–1.040)		
Alcohol (≥2-3/wk)	0.964 (0.786–1.183)	0.998 (0.694–1.435)		
Non-smoker	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)		
Ex-smoker	0.997 (0.722–1.376)	1.166 (0.697–1.952)		
Current-smoker	1.017 (0.740–1.399)	1.120 (0.713–1.759)		
Regular exercise	0.986 (0.809–1.203)	0.773* (0.617–0.969)		
Systolic BP (mmHg)	1.027* (1.021–1.033)	1.024* (1.018–1.031)		
HbA1c (%)	1.549* (1.430–1.678)	1.326* (1.190–1.476)		
HDL-cholesterol (mg/dL)	1.002 (0.992–1.013)	0.996 (0.986–1.005)		
Triglyceride (mg/dL)	1.001* (1.001–1.002)	1.001 (0.999–1.002)		

**p*-value <0.05

Supplement 4. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD defined by eGFR (CKD_{GFR})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
Waist circumference (cm)	Q1	0.669 (0.420–1.065)	0.894 (0.525–1.521)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.274 (0.838–1.937)	0.987 (0.635–1.536)	
	Q4	1.892* (1.269–2.822)	1.511* (1.038–2.200)	
Model 2				
Waist circumference (cm)	Q1	0.658 (0.382–1.133)	0.830 (0.394–1.749)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.219 (0.754–1.970)	0.928 (0.518–1.663)	
	Q4	1.913* (1.227–2.981)	1.344 (0.784–2.305)	
Model 3				
Waist circumference (cm)	Q1	0.793 (0.455–1.383)	0.869 (0.400–1.890)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.156 (0.709–1.884)	0.868 (0.490–1.538)	
	Q4	1.693* (1.076–2.663)	1.123 (0.660–1.910)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG). Q1 (men, ≤78.6 cm; women, ≤71.6 cm), Q2 (men, 78.7–84.5 cm; women, 71.7–78.0 cm), Q3 (men, 84.6–90.2 cm; women, 78.1–84.8 cm), Q4 (men, >90.2 cm; women, >84.8 cm).

Supplement 5. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD defined by ACR (CKD_{ACR})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
Waist circumference (cm)	Q1	0.972 (0.704–1.341)	0.936 (0.703–1.248)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.538 (1.170–2.023)	1.220 (0.937–1.588)	
	Q4	2.593* (1.963–3.425)	2.212* (1.713–2.858)	
Model 2				
Waist circumference (cm)	Q1	0.981 (0.693–1.389)	0.973 (0.690–1.370)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.563 (1.164–2.100)	1.215 (0.887–1.664)	
	Q4	2.494* (1.837–3.385)	2.363* (1.754–3.185)	
Model 3				
Waist circumference (cm)	Q1	1.162 (0.803–1.682)	1.099 (0.774–1.561)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.517* (1.122–2.051)	1.039 (0.760–1.420)	
	Q4	2.165* (1.570–2.984)	1.786* (1.328–2.401)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG). Q1 (men, ≤78.6 cm; women, ≤71.6 cm), Q2 (men, 78.7–84.5 cm; women, 71.7–78.0 cm), Q3 (men, 84.6–90.2 cm; women, 78.1–84.8 cm), Q4 (men, >90.2 cm; women, >84.8 cm).

Supplement 6. Multivariate-adjusted odds ratios of waist circumference for CKD classified by eGFR and ACR (CKD_{Risk})

Variable	Men		Women	
	Odds ratio (95% CI)		Odds ratio (95% CI)	
Model 1				
Waist circumference (cm)	Q1	0.919 (0.698–1.210)	0.947 (0.725–1.237)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.508* (1.172–1.942)	1.127 (0.886–1.433)	
	Q4	2.502* (1.945–3.218)	1.993* (1.587–2.503)	
Model 2				
Waist circumference (cm)	Q1	0.921 (0.682–1.243)	0.982 (0.708–1.361)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.506* (1.147–1.977)	1.144 (0.849–1.540)	
	Q4	2.427* (1.841–3.201)	2.129* (1.608–2.820)	
Model 3				
Waist circumference (cm)	Q1	1.087 (0.791–1.492)	1.105 (0.791–1.543)	
	Q2	1.0 (ref.)	1.0 (ref.)	
	Q3	1.440* (1.091–1.901)	1.005 (0.747–1.352)	
	Q4	2.109* (1.582–2.812)	1.680* (1.272–2.219)	

**p*-value <0.05

Model 1 was adjusted for age. Model 2 was adjusted for the variables in model 1, plus smoking, drinking and exercise habits. Model 3 was adjusted for the variables in model 2, plus systolic blood pressure (SBP), HbA1c, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG). Q1 (men, ≤78.6 cm; women, ≤71.6 cm), Q2 (men, 78.7–84.5 cm; women, 71.7–78.0 cm), Q3 (men, 84.6–90.2 cm; women, 78.1–84.8 cm), Q4 (men, >90.2 cm; women, >84.8 cm).

Abstract

The association of obesity with chronic kidney disease defined by glomerular filtration rate and albuminuria in Korean adults

: The 5th (2011, 2012) and 6th (2013, 2014) Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Yoon Ji Kim
Graduate School of Public Health
Yonsei University

(Directed by Professor Sun Ha Jee, PhD)

Objectives: The increasing rates of obesity and Chronic Kidney Disease (CKD) have become a global public health burden. The 2012 KDIGO guidelines highlight the need to define CKD with cause, glomerular filtration rate (GFR) category, and albuminuria category. However, most studies that have examined the link between obesity and CKD defined CKD with GFR or proteinuria. The aim of this study was to examine the association between obesity and CKD defined with GFR and albuminuria in Korean adults.

Methods: This study was based on the data obtained from 5th (2011,

2012) and 6th (2013, 2014) Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). It is a nationwide cross-sectional survey of nationally representative non-institutionalized civilians in the Republic of Korea. A stratified, multistage probability sampling design was used to select household units. Because KNHANES is a complex sampling design, we used SAS SURVEY procedure for statistical analysis.

CKD defined as estimated GFR (eGFR) <60 mL/min/1.73m² was designated as CKD_{GFR}, while CKD defined as ACR ≥ 30 mg/g was designated as CKD_{ACR}. Moderate to very high risk groups in the classification of CKD prognosis were presented as CKD_{Risk}. Multivariate logistic regression analysis was used to estimate the odds of BMI for CKD.

Results: We analyzed 19,331 participants over the age of 19 years (8,709 males, 10,622 females), excluding the pregnant and persons with a history of cancer, advanced liver disease or history of liver cirrhosis, and missing essential data.

The prevalences of CKD_{GFR}, CKD_{ACR}, and CKD_{Risk} were 2.2%, 6.7%, and 8.1%, respectively. Men with BMI ≥ 25 kg/m² had 1.88 times greater risk of CKD_{GFR} than normal BMI group in multivariate adjusted model (95% CI, 1.261-2.797; $p = 0.002$). In women, BMI was not associated with CKD_{GFR} in adjusted model. Obese men had 1.65 times greater risk of CKD_{Risk} than those with normal weight (95% CI, 1.289-2.115; $p < 0.001$), and obese women was 1.38 times greater risk of CKD_{Risk} than

those with normal weight (95% CI, 1.088-1.754; $p = 0.008$). While, the odds ratio for CKD_{Risk} among men with overweight was 0.74 times less than those with normal weight (95% CI, 0.569-0.957; $p = 0.022$).

Conclusions: Our study found that obesity was significantly associated with an increased risk of CKD, defined by eGFR and ACR. But when CKD was only defined by eGFR, obesity as a CKD risk factor could be overlooked in women. Future longitudinal studies and experimental research investigating the role of overweight and obesity in CKD progression will be beneficial.

Key words: obesity, chronic kidney disease, glomerular filtration rate, albuminuria