



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](#)

2023년 8월

석사학위논문

40세 이상 한국 성인에서의  
공복혈당과 폐쇄성 수면  
무호흡 위험성의 관계

국민건강영양조사 제8기 (2019-2021) 분석 결과

조선대학교 대학원

의 학 과

정 유 진

# 40세 이상 한국 성인에서의 공복혈당과 폐쇄성 수면 무호흡 위험성의 관계

- 국민건강영양조사 제8기 (2019-2021) 분석 결과 -

Association between fasting blood glucose  
and risk of obstructive sleep apnea (OSA)  
in Korean adults aged 40 or older

- The Eighth Korea National Health and Nutrition Examination Survey  
(KNHANES VIII), 2019-2021 -

2023년 8월 25일

조선대학교 대학원

의 학 과

정 유 진

# 40세 이상 한국 성인에서의 공복혈당과 폐쇄성 수면 무호흡 위험성의 관계

- 국민건강영양조사 제8기 (2019-2021) 분석 결과 -

지도교수      김   삼   철

이 논문을 의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2023년 4월

조선대학교 대학원

의 학 과

정 유 진

## 정유진의 석사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교 교수	<u>신병철 (인)</u>
위 원	조선대학교 부교수	<u>김성재 (인)</u>
위 원	조선대학교 교수	<u>김삼철 (인)</u>

2023년 5월

조선대학교 대학원

## 목 차

1. 초록	-----	iv
2. 서론	-----	1
3. 방법	-----	3
4. 결과	-----	6
5. 고찰	-----	9
참고문헌	-----	13
부록	-----	19

## 표 목 차

Table 1. General characteristics of subjects according to sex ----  
21

Table 2. Behavioral characteristics and test results of male  
subjects according to risk of OSA  
----- 22

Table 3. Behavioral characteristics and test results of female  
subjects according to risk of OSA -----  
23

Table 4. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA  
according to fasting blood glucose -----  
24

Table 5. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA  
according to fasting blood glucose, after adjusting stage of  
obesity and body weight change additionally, in total subjects  
-----  
25

## 그림 목 차

Figure 1. Flowchart of study participants ----- 26

Figure 2. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA according to fasting blood glucose, after adjusting stage of obesity and body weight change additionally, in total subjects  
----- 27



## ABSTRACT

### Association between fasting blood glucose and risk of obstructive sleep apnea (OSA) in Korean adults aged 40 or older

- The Eighth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII), 2019-2021 -

Chung, Yu Jin

Advisor : Prof. Sam Cheol Kim

Department of Medicine,

Graduate School of Chosun University

**Background** : Diabetes and pre-diabetes, whose prevalence is steadily increasing in South Korea, have several risk factors, and obstructive sleep apnea (OSA) is known as one of them. OSA is increasing in domestic prevalence like diabetes, and several studies have revealed that it increases the risk of cardiovascular diseases and metabolic diseases including diabetes. However, the mutual mechanism between OSA and blood glucose control has not been clarified. This study aimed to find out how the risk of OSA differs according to fasting blood glucose.

**Methods** : This study used the results of the 2019-2021 analysis of the 8th National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) to investigate how the risk of OSA differs according to fasting blood sugar in Korean adults aged 40 years or older. The level of fasting blood glucose was divided into normal, pre-diabetic, and diabetic stages, and the risk of obstructive sleep apnea was classified into low, intermediate, and high risk using the STOP-BANG questionnaire. After considering variables including blood tests, lifestyle, and chronic diseases like obesity, the relationship was studied. IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) was used for statistical analysis.

**Results** : In Korean adults aged 40 years or older, the odds ratio for the risk of OSA increased significantly in the group with pre-diabetic or diabetic fasting glucose

levels compared to the group with normal fasting glucose levels. In the case of fasting blood glucose at the level of diabetes, the moderate risk of OSA showed an odds ratio of 1.765 (95% confidence interval(CI) 1.500-2.077,  $p < 0.001$ ), and the odds ratio of high risk was about 2.182 (95% CI 1.547-3.079,  $p < 0.001$ ), independently of obesity

**Conclusion** : Compared to the group with normal fasting blood glucose, the group with prediabetes or diabetes may have a higher risk of obstructive sleep apnea.

## 1. 서론

당뇨병은 인슐린 저항성을 특징으로 가지는 대표적인 만성 질환 중 하나로 조절이 되지 않으면 여러 합병증을 일으키며 고혈압, 이상지질혈증, 심혈관계질환과 서로 밀접한 관련을 가져<sup>1</sup> 현대인들이 가장 두려워하는 질병들 중 하나이다. 안타깝게도 최근 몇 년 동안 국내 당뇨병의 유병률은 꾸준히 증가하였는데 2022년 대한당뇨병학회에서 국민건강영양조사와 국민건강보험공단의 자료를 바탕으로 발표한 당뇨병 통계 분석에 따르면 2015년 당시 30세 이상의 당뇨병 유병률 11.4%는 2020년 16.7%까지 상승하여 30세 이상 성인 6명 중 1명이 당뇨병을 앓고 있음을 확인하였다.<sup>2</sup>

대한당뇨병학회에서 발표한 2021 당뇨병 진료지침에 따르면 공복 혈당, 당화혈색소 검사 등의 결과가 당뇨병의 진단 기준에 미치지 못하지만 정상보다 높은 수치일 때 당뇨병 전단계로 정의하는데 이 또한 높은 국내 유병률을 보여 2019~2020년 통합 통계상 30세 이상에서 44.3%가 당뇨병 전단계에 해당함을 알 수 있었다.<sup>2</sup> 더불어 공복 혈당이 당뇨병 전단계에 해당하는 공복혈당장애의 경우 2019년 30세 이상 남성에서 33.5%, 여성에서 23.7%의 유병률을 보여 당뇨병 전단계에 대한 적극적인 관리도 중요한 문제로 대두되고 있다.<sup>3</sup>

이러한 혈당 장애의 위험요인으로 제2형 당뇨의 경우 유전적인 요인, 인종, 가족력, 불량한 생활습관, 그리고 고혈압, 이상지질혈증, 심혈관계질환, 비만 등을 포함한 여러 만성 질환들이 알려져 있으며<sup>4</sup> 그중 하나로 폐쇄성 수면 무호흡증도 언급되고 있다.<sup>5</sup>

수면 호흡 장애 중 하나인 폐쇄성 수면 무호흡증 (obstructive sleep apnea, OSA)은 수면 중 반복적인 기도의 제한으로 무호흡 또는 저호흡이 반복되는 특징을 가지는 질환으로 코골이, 주간 피로, 집중력 저하 등이 동반될 수 있다.<sup>6</sup> OSA는 당뇨<sup>7,8</sup>, 고혈압<sup>9</sup>, 관상동맥 질환, 뇌졸중, 우울증을 비롯한 기분 장애<sup>10</sup> 등 질환의 발생과 심혈관계 사망률 증가에도 영향을 끼치는 것으로 보고되고 있다.<sup>11-13</sup>

OSA와 당뇨병과의 관계에 대한 여러 연구들에 따르면 실제로 정상 대조군보다 OSA 환자들에서 당뇨병과 당뇨병 전단계에 해당하는 군의 비율이 더 크다는 것이 밝혀진 바 있다.<sup>8</sup> 이와 관련해 OSA가 인슐린 저항성을 유발하여 혈당 조절 장애를 일으킨다는 여러 연구들이 보고되었지만 그 기전에 대해서는 아직 정확히 밝혀진 바 없으며<sup>8,14</sup> 역방향으로 당뇨병 또는 당뇨병 전단계가 OSA 발생 위험도에 영향을

주는지에 대해서도 명확히 알려진 바 없다. 본 연구는 이러한 혈당장애와 OSA의 연관성에 관한 연구를 통해 혈당 조절의 중요성을 재차 강조할 수 있으리라 생각하며 몇 가지 가설을 바탕으로 연구를 시행하였다.

첫 번째는 혈당과 OSA의 연관성에 관한 것으로 공복 혈당이 정상인 군보다 당뇨병 군에서 OSA의 더 높은 위험도를 가지게 될 것이라는 가설을 세웠다. 또한 당뇨병으로 진단되지 않지만 정상 군보다 혈당이 높은 당뇨병 전단계에 해당하는 군에서도 OSA 위험도의 상승과 의미있는 연관성을 가질 것이라 가정한다.

두 번째는 그러한 연관성이 OSA 위험성의 정도에 따라 차이를 보일 것이라는 가정이다. OSA의 위험성을 낮음, 중간, 높음으로 나누었을 때 공복 혈당이 당뇨병 수준에 해당하는 군이라면 OSA 위험성이 중간뿐만 아니라 높음에 이르게 될 가능성도 의미있게 증가할 것이라 추측하고 있다. 그러나 공복 혈당이 당뇨병 전단계에 해당하는 군이라면 OSA의 중간 위험도를 가질 수 있으나 높은 위험도와 연관성은 적을 것이라 생각한다. 이는 혈당 장애와 OSA 발생 사이에 여러 가지의 다른 관련 변수들이 작용하기 때문이다.<sup>4,39,42-44</sup>

마지막은 혈당과 OSA의 연관성이 성별에 따라 다를 수 있겠다는 가설이다. OSA의 대표적인 위험인자 중 하나는 성별로,<sup>16,17</sup> 남성이 여성보다 위험성이 증가한다는 것은 밝혀진 사실이다. 따라서 연구 대상자 중 남성의 경우 여성보다 이미 한 가지 위험인자를 더 가지고 있는 상태로 혈당과 상관없이 OSA에 대한 기저 위험도가 더 높음을 짐작할 수 있다. 더불어 OSA의 다른 위험인자이자 주요 원인으로 언급되는 비만<sup>39</sup> 또한 성별에 따른 연관성 차이에 영향을 줄 수 있다. 현대 사회에서 만성 질환 예방 및 건강 증진에 대한 관심이 높아지면서 체중 감량의 중요성이 더 커지고 있는데 이는 여성에서 미적 욕구까지 더해져 더 큰 영향을 끼치게 되었다. 그 결과로 같은 연령대에서 여성이 남성보다 일반적으로 체중 감량 시도가 많고 비만율이 적을 것이라고 추측해볼 수 있고 실제로 질병관리청에서 국민건강영양조사를 바탕으로 발표한 2021년 통계자료에 따르면 성인 남성의 비만 유병률은 46.3%, 성인 여성의 비만 유병률은 26.9%를 보였다. 그러므로 앞서 언급한 요인들을 토대로 여성에서는 혈당 상승과 OSA의 위험도 상승이 크게 의미있는 관련성을 가지지 못할 것이라는 가설을 세우고자 한다.

따라서 본 연구는 상기 가설들을 바탕으로 혈당 장애와 OSA 위험성의 연관성을 분석하고자 하며 이 때 성별을 구분하고 비만 여부를 반영하는 요소들을 고려하여 결과를 도출하려 한다.

## 2. 방법

### 2-1. 연구 설계 및 대상

본 연구는 국민건강영양조사 제8기, 2019~2021년 분석 결과를 이용하였고 해당 자료는 40세 이상 성인들을 대상으로 OSA의 위험성 평가에 필요한 설문 요소들을 조사하였다. 조사에 참여한 40세 이상의 대상자 13834명 중 임신을 하였거나 비염, 부비동염, 또는 OSA를 진단받은 대상자들 제외하였고 추가로 일부 설문에 답변을 작성하지 않거나 혈액 등의 검사 결과가 측정되지 않은 경우를 제외하여 최종적으로 총 8609명이 연구 대상에 선정되었다.(Figure 1)

분석의 바탕이 된 국민건강영양조사는 전국 규모로 매년 시행되고 있는 조사로 모든 대상자들로부터 고지에 입각한 동의를 받았으며, 생명윤리법에 따라 국가가 직접 공공복리를 위해 수행하는 연구에 해당한다. 본 연구는 이에 따라 국민건강영양조사 자료의 사용과 연구계획에 대한 기관생명윤리위원회의 심의 면제를 승인 받아 수행되었다.

### 2-2. 연구 방법 및 변수들

혈당을 반영하는 검사들 중 선별검사 및 국가검진으로 흔히 쓰이는 공복 혈당을 사용하였고 이를 대한당뇨병학회의 당뇨병 진료지침 정의에 따라 정상, 당뇨병 전 단계, 당뇨병 수준으로 나누었다. 함께 고려한 변수는 성별, 나이, 만성 질환 유병 유무, 생활습관 요인들, 수면 관련 요인들, 그리고 혈액 및 신체 측정 결과를 포함하였다. 만성 질환 유병 유무, 생활습관 요인들, 그리고 수면 관련 요인들은 자가 설문으로 조사되었다.

만성 질환은 고혈압, 이상지질혈증, 심근경색 또는 협심증, 당뇨병을 포함하였으며 이에 대해 의사로부터 진단을 받았거나 치료 중인 자를 질환이 있는 군으로 분류하였다.

음주량은 성별에 따른 과음 기준량을 고려하여 전혀 마시지 않는 군, 적정량 마시는 군, 그리고 과음하는 군으로 나누었고<sup>15</sup>, 흡연 여부는 전혀 흡연한 적이 없는 군, 과거 흡연했던 군, 그리고 현재 흡연하는 군으로 나누었다. 하루 중 앉아있는 시간을 통해 신체 활동 정도를 간접적으로 평가하고자 하였고 1일 에너지 섭취량은 식품섭취조사 항목의 개인별 24시간 회상법을 통해 가공한 결과로 음식 섭취 정도를 간접적으로 고려하고자 하였다. 또한 연구 결과에 영향을 끼칠 수 있는 수

면 관련 변수로 수면시간을 포함했고 이는 주중과 주말을 통틀어 하루 평균 수면 시간을 계산한 결과이다.

혈액 검사 결과 중 당화혈색소는 대한당뇨병학회의 당뇨병 진료 지침(제7판, 2021) 정의에 따라 정상, 당뇨병 전단계, 당뇨병 단계로 나누었고, 총콜레스테롤과 중성지방은 한국지질·동맥경화학회의 이상지질혈증 진료지침(제5판, 2022) 정의에 따라 적정 수준, 경계 수준, 높은 수준으로 나누었다. 신체 계측 결과 중 키와 체중에 의해 계산된 체질량지수(Body Mass Index, BMI)는 대한비만학회의 비만 진료지침(제8판, 2022) 정의에 따라 저체중, 적정 체중, 과체중, 비만(1단계 및 2단계 비만), 고도 비만(3단계)으로 분류하였다.

### 2-3. 폐쇄성 수면 무호흡증의 위험도

OSA의 발생 위험성은 STOP-BANG 설문을 이용하여 낮은, 중간, 높은 위험도로 분류하였다. 해당 설문은 Chung 등이 개발한 설문으로<sup>16,17</sup> OSA의 위험성을 평가하여 선별검사로 쓰이고 있으며<sup>18</sup> 여러 연구를 통해 타당성을 입증한 설문 방법이다.<sup>19-21</sup>

STOP에 해당하는 코골이(Snore), 주간 피곤함(Tired), 호흡을 멈추는 것을 본 목격자 여부(Observed), 고혈압 존재 또는 치료 여부(Pressure)를 주관적인 자가 설문 답변을 통해 평가하였고 BANG에 해당하는 체질량지수(BMI), 나이(Age), 목둘레(Neck circumference), 성별(Gender)에 대한 객관적 결과를 더해 총 점수를 계산하였다. 총점에 따라 0~2점은 낮은 위험도, 3~4점은 중간 위험도, 5~8점은 높은 위험도로 간주하였다.

### 2-4. 통계 분석

성별에 따른 변수들의 분포도 차이를 알아보기 위해 티 검정과 카이 제곱 분석을 하였고 OSA의 위험성에 따른 변수들의 분포도 차이를 알아보기 위해 one way ANOVA와 카이 제곱 분석을 시행하였다. 분석된 연속 변수는 평균과 표준오차로, 비연속 변수는 수와 비율로 표기하였다.

그리고 공복혈당에 따른 OSA의 위험성 상승에 대한 교차비를 구하기 위해 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 먼저 관련 변수들에 대해 각각 단변량 분석을 시행하였고 그중 의미 있는 결과를 보인 변수들을 모아 다변량 분석을 시행하여 변수들을 교정 후 결과를 도출하였다.

이때 OSA를 평가하는 STOP-BANG에 성별이라는 요인이 포함되어 있으므로 위험성

에 따른 변수들의 분포도 차이 및 공복혈당에 따른 교차비를 분석할 때 남녀로 성별을 구별하여 분석을 시행하였다. 또한 STOP-BANG 평가를 구성하는 요인들인 나이, 코골이, 주간 피곤함 등의 변수는 포함하지 않되 OSA의 중요 위험요인인 비만과 관련된 요소, 즉 비만 단계와 최근 1년간 체중 변화는 추가로 같이 교정하여 결과를 분석하였다.

모든 통계 분석은 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였고,  $P < 0.05$ 의 경우 통계적으로 유의한 것으로 정의하였다.

### 3. 결과

#### 3-1. 대상자들의 일반적인 특성

Table 1은 성별에 따른 대상자들의 일반적인 특성을 나타내고 있다. 대부분 특성들에서 남녀에 따라 의미 있는 차이를 보였지만 나이와 앉아있는 시간의 평균치는 성별에 따라 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 고혈압, 심근경색 또는 협심증, 당뇨가 진단되었거나 치료 중인 경우는 남성에서 더 높은 비율을 보였고 흡연과 음주의 경우 그 정도에 따라 남녀에 따른 저명한 분포 차이를 보였다. BMI에 따른 비만 단계를 보았을 때 남성은 비만인 군에서 가장 높은 비율을 보인 반면 여성은 적정 체중 군에서 가장 높은 비율을 보였다. 공복 혈당, 당화혈색소, 그리고 중성지방의 평균치는 남성에서 의미 있게 더 높음을 확인할 수 있었고 총콜레스테롤의 경우 여성에서 그 평균치가 더 높았다. (Table 1)

#### 3-2. 폐쇄성 수면 무호흡증의 위험도에 따른 관련 변수들의 분포

Table 2와 Table 3는 STOP-BANG을 통해 OSA의 위험성을 평가한 후 그 정도에 따라 연구 대상자들의 관련된 특성들이 차이를 보이는지 조사한 결과이다. 고려한 특성들에는 STOP-BANG 평가에 포함되는 요소들을 제외한 나머지 생활습관 및 검사 결과들과 BMI 및 체중 변화를 포함하였고 남녀에 따라 구분 지어 분석하였다.

남성은 OSA의 risk가 높은 군일수록 과거 흡연하였거나 현재 흡연하는 군의 비율이 더 높아지는 경향을 보였고 과음을 하는 군의 비율이 더 상승함을 확인할 수 있었다.(Table 2) 하루 에너지 섭취량의 평균치는 OSA risk가 높은 위험군에서 다른 위험군에 비해 평균치가 더 의미 있게 높음을 보였고 허리둘레, 공복 혈당, 당화혈색소, 그리고 중성지방은 OSA risk가 높은 군일수록 그 평균치가 의미 있게 높아짐을 알 수 있었다. 반대로 총콜레스테롤은 평균치가 낮아짐을 보였다.

여성은 OSA risk가 높은 군일수록 음주를 하지 않는 군의 비율이 높아지고 과음을 하는 군의 비율이 낮아지는 결과를 보여 남성과 다른 경향성을 보여주었다.(Table 3) 또한 OSA risk가 높아짐에 따라 하루 중 앉아있는 시간의 평균치는 상승함을 보였고 하루 에너지 섭취량은 적어짐을 확인하였다. 남성과 달리 여성은 하루 평균 수면시간에서 의미 있는 차이를 보였는데 OSA risk가 높아짐에 따라 수면시간의 평균치가 낮아짐을 알 수 있었다. 그 외 허리둘레, 공복 혈당, 당화혈색소, 그리고 중성지방은 남성과 마찬가지로 OSA risk가 높은 군일수록 그 평균치가



의미 있게 상승함을 확인하였고 총콜레스테롤의 평균치는 의미 있는 차이가 있었으나 경향성은 뚜렷하지 않았다.

비만 단계는 남녀 모두에서 OSA risk가 높은 군일수록 비만 또는 중증 비만인 대상의 비율이 의미 있게 높음을 확인하였고 이는 STOP-BANG의 평가 요인에 체질량지수가 포함되어 그에 맞는 결과라 생각할 수 있다. 더불어 체중 변화 또한 의미 있는 분포 차이를 보여주었는데 남녀 모두에서 OSA risk가 높은 군일수록 최근 1년간 체중이 늘어난 군의 비율이 높아지는 것을 확인하였다.(Table 2,3)

### 3-3. 공복 혈당에 따른 폐쇄성 수면 무호흡증의 위험도

Table 4은 공복 혈당의 수준에 따라 OSA 발생의 더 높은 risk를 가지는 것에 대한 교차비(odds ratio, OR)를 남녀 별로 분석한 결과이다. STOP-BANG을 통해 계산된 총 점수가 0~2점인 경우 low risk에 해당하며 이를 위험도가 거의 없는 군, 즉 대조군으로 간주하여 low risk 군과 moderate risk 군을 비교하고 low risk 군과 high risk 군을 비교하여 공복 혈당에 따라 해당하는 risk를 가질 odds ratio를 분석하였다.

이때 먼저 관련 변수들을 각각 단변량 분석 후 의미 있는 결과를 보여준 변수들, 즉 흡연, 음주, 앉아있는 시간, 수면시간, 허리둘레, 당화혈색소, 총콜레스테롤, 그리고 중성지방을 포함한 다변량 분석을 통해 변수들을 교정해주었다.

남성은 공복 혈당이 정상인 군에 비해 당뇨병 전단계와 당뇨병 수준인 군에서 OSA의 더 높은 위험도를 가지게 될 가능성이 의미 있게 높음을 확인하였다.(Table 4) 공복 혈당이 100~125mg/dL로 당뇨병 전단계에 해당하는 경우 정상인 군에 비해 OSA의 중간 위험도를 가지게 될 교차비가 1.415 (95% CI 1.201-1.666,  $p<0.001$ )였고, 높은 위험도의 경우 교차비는 1.634 (95% CI 1.249-2.139,  $p<0.001$ )였다. 공복 혈당이 126mg/dL 이상으로 당뇨병 수준인 군에서는 그 교차비가 더 상승하여 중간 위험도의 경우 1.494 (95% CI 1.085-2.057,  $p=0.014$ ), 높은 위험도는 1.637 (95% CI 1.018-2.630,  $p=0.042$ )의 결과를 보여주었다.

여성의 경우 남성과 달리 공복 혈당과 OSA 위험도의 관계에 있어 의미 있는 결과를 보여주지 않았다. 남녀 전체의 경우 남성의 결과와 같은 양상의 결과를 보여주었다.(Table 4)

Table 5는 비만 단계와 체중 변화 변수를 추가로 교정 후 분석한 결과이다. 남성은 공복 혈당이 당뇨병 전단계에 해당하는 경우 정상 혈당 군에 비해 폐쇄성 수

면 무호흡의 중간 위험도를 가지게 될 가능성이 1.549배 (95% CI 1.322-1.817,  $p < 0.001$ ), 높은 위험도의 경우 1.835배 (1.387-2.427,  $p < 0.001$ ) 높음을 보였다. 공복 혈당이 당뇨 군에 해당하는 경우 그보다 더 높은 교차비를 가지며 의미 있는 결과를 보였다. 여성의 경우 부분적으로 의미 있는 결과를 보였는데 공복 혈당이 당뇨병 전단계에 해당하는 경우 정상 공복 혈당 군보다 폐쇄성 수면 무호흡의 중간 위험도(OR 1.260, 95% CI 1.069-1.484,  $p = 0.006$ ) 또는 높은 위험도(OR 3.778, 95% CI 1.410-10.122,  $p = 0.008$ )를 가지게 될 위험성이 의미 있게 더 상승함을 보였고 당뇨병에 해당하는 공복혈당 군의 경우 폐쇄성 수면 무호흡의 중간 위험도를 가지게 될 교차비는 의미 있는 상승을 보여주었으나(OR 1.584, 95% CI 1.244-2.016,  $p < 0.001$ ) 높은 위험도에 대한 교차비는 의미 있는 수치를 보이지 않았다( $p = 0.753$ ). 남녀 전체를 대상으로 한 분석 결과는 남성의 분석 결과와 마찬가지로 공복 혈당에 따른 유의미한 교차비 상승을 보여주었다.(Table 5, Figure 2)

#### 4. 고찰

본 연구 결과 40세 이상 한국 남성 또는 남성과 여성을 합한 전체에서 공복 혈당의 수준에 따라 폐쇄성 수면 무호흡증의 위험성이 높아질 수 있음을 확인하였고 이는 비만 단계와 체중 변화 요인을 교정한 후에도 같은 결과를 보여주었다.

OSA는 높은 유병률을 가지고 있는 가장 흔한 수면장애로 일반 성인에서의 유병률은 그 조사 방법에 따라 9~38%로 다양하게 보고되고 있지만<sup>22-27</sup> 비만 인구가 증가하는 추세에 따라 OSA 환자들의 수는 앞으로 더 늘어날 것으로 짐작할 수 있다.<sup>28</sup> 높은 유병률을 보이는 미국의 경우 30~49세 남성의 약 10%, 여성의 약 3%에서 OSA를 가지고 있으며 50~70세는 남성의 약 17%, 여성의 약 9%에 이르는 유병률을 보인다.<sup>29</sup> 이는 큰 사회경제적 손실을 초래할 수 있으며 한 연구는 OSA로 인한 직접적인 또는 간접적인 경제적 손실비용이 연간 10억 달러까지 발생할 수 있다고 밝힌 바 있다.<sup>30</sup>

이러한 OSA가 인슐린 저항성과 연관성을 가지고 있다는 것이 많은 임상 근거들을 통해 알려져 있는데<sup>31</sup> 그중 여러 단면연구들은 OSA가 인슐린 감수성과 포도당 내성을 손상시킨다고 밝혔다.<sup>32,33</sup> 더불어 OSA가 인슐린 저항성과 독립적으로 관련이 있으며 이때 인슐린 저항성 발생에 OSA의 저산소 스트레스가 관여하여 이와 관련된 산소 불포화 지수가 주요 결정 요인이라는 연구 결과가 있다.<sup>34</sup>

OSA와 인슐린 저항성의 관계를 파악하기 위해서는 OSA의 중요한 두 요소 - 간헐적 저산소증(intermittent hypoxia)과 수면 분절화(sleep fragmentation) - 와 혈당 장애의 중요한 요소 - 인슐린 작용 조직에서 인슐린에 대한 감수성 상실과 췌장 베타세포 기능 장애 - 사이의 기전을 찾아내는 것이 필요하며 현재까지 그 기전으로 염증반응, 산화스트레스, 그리고 교감신경 활성화 등이 언급되고 있다.<sup>5,8,33,35-37</sup> 그러나 OSA가 인슐린 저항성에 영향을 끼치는지, 베타세포의 기능 이상을 초래하는지, 아니면 둘 다에 영향을 주는지, 그리고 그에 대한 정확한 기전은 무엇인지 아직 밝혀진 것은 없다.<sup>14</sup>

밝혀진 기전은 부족하지만 OSA가 당뇨병에 영향을 준다는 것이 여러 연구들에서 확인되었다면 반대로 혈당 장애가 OSA의 발생 또는 위험도 상승에 기여할 수 있는 지, 역방향의 연관성에 대해서 알아보는 것 또한 큰 의미가 있으며 그 전에 OSA의 발생 기전에 대해 살펴볼 필요가 있다. 최근의 연구들에 따르면 OSA는 다양한 소인과 병태생리학적 기전을 가지며 해부학적 허탈(collapsibility)이 중요한 원인

이지만 해부학적 기전이 작용하지 않는 부분도 있어 복합적인 요인들이 관여함을 짐작해볼 수 있다.<sup>6,38</sup>

OSA의 가장 중요한 기전인 해부학적 허탈은 상기도의 해부학적 구조 문제, 비만 등으로 인한 인두부의 좁아짐, 연조직과 혀 등에 지방이 쌓여 상기도가 좁아지는 경우 등이며 복부 비만 같은 중심부 지방조직 증가 또한 폐 용적 감소를 통해 인두부의 허탈을 증가시킬 수 있다.<sup>39</sup> 하지만 수면 중 상기도의 허탈을 평가하는 임계 폐쇄압 (critical closing pressure, Pcrit)을 보았을 때 OSA 환자마다 그 범위가 다양하고 OSA 환자의 20%는 정상군과 비슷한 값을 보이기도 하여 OSA가 단순히 상기도의 허탈 때문만은 아닐 것이라고 추론할 수 있다.<sup>38</sup>

최근의 연구들은 비해부학적 기전이 OSA의 발생에 큰 역할을 할 수 있음을 제시하고 있는데 이 중 하나는 인두부 근육들의 조절과 기능 이상으로 상기도 근육의 반응성이 매우 감소되어 있는 경우이다.<sup>38,40</sup> 또 다른 기전은 각성 역치 (arousal threshold)에 관한 것으로 OSA 환자의 수면 중 각성과 수면의 주기적 반복으로 호흡이 불안정해져 OSA를 악화시킬 수 있다는 것이다.<sup>41</sup> 마지막으로 제시한 기전은 루프 이득(loop gain)에 관한 것으로 이는 호흡조절체계를 구성하는 요소인데 호흡 반응과 장애의 비율로 정량화되는 이 이득이 높은 경우 작은 이산화탄소 분압의 변화에도 과도한 호흡 반응이 발생하고 저탄산혈증을 유발하여 호흡 필요를 감소시키고 무호흡을 악화시킬 수 있다는 것이다.<sup>38,39</sup>

본 연구 결과에서 공복 혈당에 따라 OSA의 위험성이 의미 있는 변화를 보일 수 있음을 확인했고 이는 공복 혈당이 앞서 언급한 OSA의 발생 기전 또는 그 증상 악화와 연관성이 있음을 추론해볼 수 있다.

공복 혈당이 OSA의 해부학적 발생 기전과 관련성을 가지는 주요 요소로 가장 먼저 비만을 생각해 볼 수 있다.<sup>39</sup> 비만 환자에서 동반되는 흔한 내분비계 질환으로 당뇨병 전단계 또는 당뇨병 등 인슐린 저항성이 잘 알려져 있으며 이러한 관련성에 대해 대사증후군을 포함하여 여러 연구가 이루어졌다.<sup>42-44</sup> 이에 대해 정확한 기전은 아직 밝혀진바 없으나<sup>42</sup> 현재 알려진 바로는 지방세포의 염증 유발, 활성산소, 과도한 자유지방산 등으로 인한 지질 독성<sup>45,46</sup> 과 미토콘드리아, 소포체 등 세포 소기관의 조절장애 등<sup>47</sup> 의 기전으로 비만이 인슐린 저항성과 연관성을 가질 것으로 추측하고 있다.

이처럼 공복 혈당이 높은 군은 과체중 또는 비만이 동반되었을 가능성을 생각하면 본 연구에서 공복 혈당이 높은 군에서 OSA의 위험성이 상승할 수 있다고 보인

결과는 예상된 결과라 생각할 수 있다.(Table 3) 따라서 BMI에 따른 비만 단계와 체중 변화를 추가로 교정하여 분석하였고 그 결과 남성과 전체, 그리고 여성 대부분의 경우에서 공복 혈당이 체중 관련 요소와 독립적으로 OSA의 위험성과 연관성을 가진다는 것을 확인하였으며(Table 4) 이는 공복 혈당이 비만과는 독립적으로 OSA의 위험도 상승에 기여할 수 있을 것이라는 추론을 해볼 수 있다.

공복 혈당이 OSA의 위험도에 영향을 미치는 것, 즉 역방향의 인과성에 관한 연구는 많지 않으나 비만 등의 교란 변수를 고려하였을 때 중요한 의미를 가질 수 있다.<sup>39</sup> 여러 연구들에서 제1형 당뇨병을 앓는 젊거나 비만하지 않은 환자를 대상으로 이러한 역방향의 인과성에 대해 분석하였는데<sup>48-51</sup> Borel et al. 은 제1형 당뇨병을 앓는 환자에서 OSA의 유병률이 높은 것에 대한 설명으로 인두 신경병증(pharyngeal neuropathy)에 의한 상기도 반사의 영향 가능성을 언급하였다.<sup>49</sup> Lecube et al. 는 혈당 조절을 하기 위해 입원한 30명의 제2형 당뇨병 환자들을 대상으로 연구한 결과, 5일 후 야간 혈당 상태가 저명하게 개선되었고( $202 \pm 65 \text{mg/dL}$  vs  $130 \pm 38 \text{mg/dL}$ ;  $P = .005$ ) 이와 더불어 4% 산소 불포화 지수도 32% 감소했음을 확인하였다(21.7 versus 14.7,  $p=0.003$ ). 중요한 것은 이때 환자들은 체중이나 목둘레의 변화가 없었으며 자가 응답한 수면시간도 변함이 없었다. 체중의 변화 없이 보인 이러한 결과에 대해 해당 저자는 호흡 시스템의 반응과 연관된 중앙 메커니즘의 가능성을 제안하였다.<sup>52</sup>

이를 종합하였을 때 공복 혈당 상승이 앞서 언급한 OSA의 비해부학적 기전중 인두부 근육 조절 이상과 호흡조절체계 관련 요소와 연관성이 있다고 추론해볼 수 있다. 따라서 혈당 이상 상태가 OSA를 악화시킬 뿐만 아니라 호흡의 중앙 조절 또는 상기도 신경 반사에 악영향을 주어 야간 저산소혈증을 악화시키는지 완전히 밝혀내기 위한 연구가 더 필요한 실정이다.<sup>53-55</sup>

다만 본 연구의 한계는 단면연구이기 때문에 공복 혈당과 OSA의 위험도간의 인과성 관계가 명확하지 않다는 점과 설문지의 답변이 주관적이라는 것이다. 흡연, 음주, 하루 중 앉아있는 시간, 수면시간 등에 대한 답변들은 매우 주관적이며 하루 에너지 섭취량 또한 24시간 회상법으로 기억에 의존할 뿐 아니라 평소 먹는 평균량이 아닌 전날의 식사만을 반영했을 가능성이 크다. 또한 코골이, 주간 피곤함, 무호흡 목격자 등 STOP-BANG 평가에 포함되는 설문 답변은 주관적일 뿐 아니라 혼자 자는 경우 정확히 판단하기 힘들다. 더불어 혈당과 OSA 위험도 사이 연관성을 알아봄에 있어 혈당 장애 또는 OSA에 흔히 동반되는 대사 이상과 만성 질환,

비만과 관련된 다른 요소들, 성별에 따른 호르몬 차이 및 그와 관련된 영향 등을 더 파악하고 고려함이 필요하다.

그럼에도 본 연구는 국민건강영양조사 자료를 사용하여 한국 40세 이상 성인을 대표할 수 있는 군을 대상으로 공복 혈당이 비만과 독립적으로 OSA의 위험요인이 될 수 있다는 가능성을 제시하였고 이는 삶의 질을 저하시키며 경제적 비용을 증가시키는 OSA의 예방을 위해 혈당 조절이 중요할 수 있다는 의미를 가지고 있다.

## 참고 문헌

1. Matheus AS, Tannus LR, Cobas RA, Palma CC, Negrato CA, Gomes MB. Impact of diabetes on cardiovascular disease: an update. *International Journal of Hypertension* 2013;653789.
2. Korean Diabetes Association. Diabetes Fact Sheet in Korea 2022.
3. Korea Health Statistics 2019, Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Prevalence of Diabetes and Impaired fasting glucose, 2019: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
4. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, et al. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes Care* 2023;46:S19-S40.
5. Botros N, Concato J, Mohsenin V, Selim B, Doctor K, Yaggi HK. Obstructive sleep apnea as a risk factor for type 2 diabetes. *American journal of medicine* 2009;122:1122-7.
6. Lee YJ. Updates of Diagnosis and Treatment of Sleep-Related Breathing Disorders-Focusing on Obstructive Sleep Apnea. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association* 2020;59.
7. Marshall NS, Wong KK, Phillips CL, Liu PY, Knudman MW, Grunstein RR. Is sleep apnea an independent risk factor for prevalent and incident diabetes in the Busselton Health Study? *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2009;5:15-20.
8. Almendros I, Garcia-Rio F. Sleep apnoea, insulin resistance and diabetes: the first step is in the fat. *European Respiratory Journal* 2017;49.
9. Marin JM, Agusti A, Villar I, et al. Association between treated and untreated obstructive sleep apnea and risk of hypertension. *Journal of the American Medical Association* 2012;307:2169-76.
10. Chen YH, Keller JK, Kang JH, Hsieh HJ, Lin HC. Obstructive sleep apnea and the subsequent risk of depressive disorder: a population-based follow-up study. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2013;9:417-23.

11. Choi JW, Song JS, Lee YJ, Won TB, Jeong DU. Increased mortality in relation to insomnia and obstructive sleep apnea in Korean patients studied with nocturnal polysomnography. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2017;13:49-56.
12. Yaggi HK, Concato J, Kernan WN, Lichtman JH, Brass LM, Mohsenin V. Obstructive sleep apnea as a risk factor for stroke and death. *New England Journal of Medicine* 2005;353:2034-41.
13. Young T, Finn L, Peppard PE, et al. Sleep disordered breathing and mortality: eighteen-year follow-up of the Wisconsin sleep cohort. *Sleep* 2008;31:1071-8.
14. Koh HE, van Vliet S, Cao C, et al. Effect of obstructive sleep apnea on glucose metabolism. *European Journal of Endocrinology* 2022;186:457-67.
15. Jung JG, Kim JS, Yoon SJ, Lee S, Ahn SK. Korean alcohol guidelines for primary care physician. *Korean Journal of Family Practice* 2021;11:14-21.
16. Chung F, Yegneswaran B, Liao P, et al. STOP questionnaire: a tool to screen patients for obstructive sleep apnea. *Journal of the American Society of Anesthesiologists* 2008;108:812-21.
17. Chung F, Subramanyam R, Liao P, Sasaki E, Shapiro C, Sun Y. High STOP-BANG score indicates a high probability of obstructive sleep apnoea. *British Journal of Anaesthesia* 2012;108:768-75.
18. Chung F, Abdullah HR, Liao P. STOP-BANG questionnaire: a practical approach to screen for obstructive sleep apnea. *Chest* 2016;149:631-8.
19. Doshi V, Walia R, Jones K, Aston CE, Awab A. STOP-BANG questionnaire as a screening tool for diagnosis of obstructive sleep apnea by unattended portable monitoring sleep study. *Springer Plus* 2015;4:1-5.
20. Nagappa M, Liao P, Wong J, et al. Validation of the STOP-BANG questionnaire as a screening tool for obstructive sleep apnea among different populations: a systematic review and meta-analysis. *Public Library of Science One* 2015;10:e0143697.
21. Boynton G, Vahabzadeh A, Hammoud S, Ruzicka DL, Chervin RD. Validation of the STOP-BANG questionnaire among patients referred for



suspected obstructive sleep apnea. *Journal of Sleep Disorders – Treatment & Care* 2013;2.

22. Borsoi L, Armeni P, Donin G, Costa F, Ferini Strambi L. The invisible costs of obstructive sleep apnea (OSA): Systematic review and cost-of-illness analysis. *Public Library of Science One* 2022;17:e0268677.

23. Tufik S, Santos-Silva R, Taddei JA, Bittencourt LRA. Obstructive sleep apnea syndrome in the Sao Paulo epidemiologic sleep study. *Sleep Medicine* 2010;11:441-6.

24. Senaratna CV, Perret JL, Lodge CJ, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: a systematic review. *Sleep Medicine Reviews* 2017;34:70-81.

25. Heinzer R, Vat S, Marques-Vidal P, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: the HypnoLaus study. *The Lancet Respiratory Medicine* 2015;3:310-8.

26. Jung Y, Junna MR, Mandrekar JN, Morgenthaler TI. The national healthy sleep awareness project sleep health surveillance questionnaire as an obstructive sleep apnea surveillance tool. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 2017;13:1067-74.

27. Kim J, In K, Kim J, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in middle-aged Korean men and women. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2004;170:1108-13.

28. Yoon DW, Kim JK, Shin C. Epidemiology and Etiology of Obstructive Sleep Apnea. *Korean Journal of Medicine* 2015;89.

29. Peppard PE, Young T, Barnet JH, Palta M, Hagen EW, Hla KM. Increased prevalence of sleep-disordered breathing in adults. *American Journal of Epidemiology* 2013;177:1006-14.

30. Al Ghanim N, Comondore VR, Fleetham J, Marra CA, Ayas NT. The economic impact of obstructive sleep apnea. *Lung* 2008;186:7-12.

31. Cerón EM, Mateos RC, García-Río F. Sleep apnea-hypopnea syndrome and type 2 diabetes. A reciprocal relationship? *Archivos de Bronconeumología (English Edition)* 2015;51:128-39.

32. Ip MS, Lam B, Ng MM, Lam WK, Tsang KW, Lam KS. Obstructive sleep apnea is independently associated with insulin resistance. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2002;165:670-6.
33. Punjabi NM, Shahar E, Redline S, Gottlieb DJ, Givelber R, Resnick HE. Sleep-disordered breathing, glucose intolerance, and insulin resistance: the Sleep Heart Health Study. *American Journal of Epidemiology* 2004;160:521-30.
34. Polotsky VY, Patil SP, Savransky V, et al. Obstructive sleep apnea, insulin resistance, and steatohepatitis in severe obesity. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2009;179:228-34.
35. Bakker JP, Weng J, Wang R, Redline S, Punjabi NM, Patel SR. Associations between Obstructive Sleep Apnea, Sleep Duration, and Abnormal Fasting Glucose. The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2015;192:745-53.
36. Reichmuth KJ, Austin D, Skatrud JB, Young T. Association of sleep apnea and type II diabetes: a population-based study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2005;172:1590-5.
37. Punjabi NM, Sorkin JD, Katzel LI, Goldberg AP, Schwartz AR, Smith PL. Sleep-disordered breathing and insulin resistance in middle-aged and overweight men. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2002;165:677-82.
38. Eckert DJ, White DP, Jordan AS, Malhotra A, Wellman A. Defining phenotypic causes of obstructive sleep apnea. Identification of novel therapeutic targets. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2013;188:996-1004.
39. Carberry JC, Amatoury J, Eckert DJ. Personalized management approach for OSA. *Chest* 2018;153:744-55.
40. Eckert DJ. Phenotypic approaches to obstructive sleep apnoea-new pathways for targeted therapy. *Sleep Medicine Reviews* 2018;37:45-59.
41. Eckert DJ, Younes MK. Arousal from sleep: implications for obstructive sleep apnea pathogenesis and treatment. *Journal of Applied Physiology* 2014;116:302-13.

42. Ahmed B, Sultana R, Greene MW. Adipose tissue and insulin resistance in obese. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2021;137:111315.
43. Gobato AO, Vasques ACJ, Zambon MP, Barros Filho AdA, Hessel G. Metabolic syndrome and insulin resistance in obese adolescents. *Revista Paulista de Pediatria* 2014;32:55-9.
44. Gallagher EJ, LeRoith D, Karnieli E. Insulin resistance in obesity as the underlying cause for the metabolic syndrome. *Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine* 2010;77:511-23.
45. Li B, Leung JC, Chan LY, Yiu WH, Tang SC. A global perspective on the crosstalk between saturated fatty acids and Toll-like receptor 4 in the etiology of inflammation and insulin resistance. *Progress in Lipid Research* 2020;77:101020.
46. Maris M, Overbergh L, Gysemans C, et al. Deletion of C/EBP homologous protein (Chop) in C57Bl/6 mice dissociates obesity from insulin resistance. *Diabetologia* 2012;55:1167-78.
47. Vázquez-Jiménez JG, Roura-Guiberna A, Jiménez-Mena LR, Olivares-Reyes JA. Role of free fatty acids on insulin resistance. *Gaceta Medica de Mexico* 2017;153:773-83.
48. Banghoej AM, Nerild HH, Kristensen PL, et al. Obstructive sleep apnoea is frequent in patients with type 1 diabetes. *Journal of Diabetes and its Complications* 2017;31:156-61.
49. Borel AL, Benhamou PY, Baguet JP, et al. High prevalence of obstructive sleep apnoea syndrome in a type 1 diabetic adult population: a pilot study. *Diabetic medicine* 2010;27:1328-9.
50. Janovsky CCPS, Rolim LCdSP, Sá JRd, et al. Cardiovascular autonomic neuropathy contributes to sleep apnea in young and lean type 1 diabetes mellitus patients. *Frontiers in Endocrinology* 2014;5:119.
51. Reutrakul S, Thakkinstian A, Anothaisintawee T, et al. Sleep characteristics in type 1 diabetes and associations with glycemic control: systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine* 2016;23:26-45.

52. Lecube A, Ciudin A, Sampol G, Valladares S, Hernández C, Simó R. Effect of glycemic control on nocturnal arterial oxygen saturation: A case-control study in type 2 diabetic patients. *Journal of Diabetes* 2015;7:133-8.
53. Resnick HE, Redline S, Shahar E, et al. Diabetes and sleep disturbances: findings from the Sleep Heart Health Study. *Diabetes Care* 2003;26:702-9.
54. Bottini P, Redolfi S, Dottorini ML, Tantucci C. Autonomic neuropathy increases the risk of obstructive sleep apnea in obese diabetics. *Respiration* 2008;75:265-71.
55. Sanders MH, Givelber R. Sleep disordered breathing may not be an independent risk factor for diabetes, but diabetes may contribute to the occurrence of periodic breathing in sleep. *Sleep Medicine* 2003;4:349-50.

부록

Table 1. General characteristics of subjects according to sex

	Male (n=3696)	Female (n=4913)	P-value
<b>Age (years)</b>	60.6±11.8	60.26±11.6	0.185
<b>Hypertension</b>	1282 (34.7%)	1549 (31.5%)	0.002
<b>Dyslipidemia</b>	783 (21.2%)	1347 (27.4%)	<0.001
<b>MI or angina</b>	195 (5.3%)	140 (2.8%)	<0.001
<b>Diabetes mellitus</b>	594 (16.1%)	621 (12.6%)	<0.001
<b>Smoking</b>			
None	725 (19.6%)	4485 (91.3%)	<0.001
Ex-smoker	1879 (50.8%)	242 (4.9%)	
Current smoker	1092 (29.5%)	186 (3.8%)	
<b>Alcohol</b>			
None	895 (24.2%)	2241 (45.6%)	<0.001
Proper drinker	1329 (36.0%)	2224 (45.3%)	
Heavy drinker	1472 (39.8)	448 (9.1%)	
<b>Sedentary time (hours)</b>	8.45±3.7	8.35±3.6	0.181
<b>Daily energy uptake (kcal)</b>	2083±820	1528±591	<0.001
<b>Weight change</b>			
Loss	500 (13.5%)	599 (12.2%)	<0.001
No change	2662 (72.0%)	3197 (65.1%)	
Gain	534 (14.4%)	1117 (22.7%)	
<b>Sleep duration (hours)</b>	6.9±1.3	6.8±1.4	0.001
<b>Snoring</b>	873 (23.6%)	654 (13.3%)	<0.001
<b>Tiredness</b>	973 (26.3%)	1549 (31.5%)	<0.001
<b>Observed</b>	523 (14.2%)	165 (3.4%)	<0.001
<b>Systolic blood pressure (mmHg)</b>	124±15	122±18	<0.001
<b>Diastolic blood pressure (mmHg)</b>	77±10	74±9	<0.001
<b>Body mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	24.5±3.2	24.0±3.5	<0.001
<b>Stage of obesity</b>			
Underweight	90 (2.4%)	128 (2.6%)	<0.001
Healthy weight	1071 (29.0%)	1984 (40.4%)	
Overweight	998 (27.0%)	1136 (23.1%)	
Obese	1523 (41.2%)	163. (33.2%)	
Severely obese	14 (0.4%)	35 (0.7%)	
<b>Waist circumference (cm)</b>	88.9±8.8	82.7±9.6	<0.001
<b>Neck circumference (cm)</b>	37.9±2.4	32.8±2.0	<0.001
<b>Fasting blood glucose (mg/dL)</b>	108±26	103±22	<0.001
<b>HbA1c (%)</b>	6.0±0.9	5.9±0.8	<0.001
<b>Total cholesterol (mg/dL)</b>	186±41	194±40	<0.001
<b>Triglyceride (mg/dL)</b>	155±127	117±70	<0.001

Analyzed by chi square test (categorical variable) and t-test (continuous variable). Values are presented as mean±SD or number (proportion).

Weight change : Change of body weight in the past year

SD, standard deviation.

MI, myocardial infarction.

Table 2. Behavioral characteristics and test results of male subjects according to risk of OSA

Male (n=3696)	Risk of obstructive sleep apnea			P-value
	Low (n=1287)	Moderate (n=2003)	High (n=406)	
<b>Smoking</b>				
None	271 (21.1%)	405 (20.2%)	49 (12.1%)	<0.001
Ex-smoker	591 (45.9%)	1062 (53.0%)	226 (55.7%)	
Current smoker	425 (33.0%)	536 (26.8%)	131 (32.3%)	
<b>Alcohol</b>				
None	288 (22.4%)	518 (25.9%)	89 (21.9%)	<0.001
Proper drinker	533 (41.4%)	672 (33.5%)	124 (30.5%)	
Heavy drinker	466 (36.2%)	813 (40.6%)	193 (47.5%)	
<b>Sedentary time (hours)</b>	8.3±3.6	8.5±3.7	8.5±3.6	0.321
<b>Daily energy uptake (kcal)</b>	2154±846	2010±778	2214±904	<0.001
<b>Stage of obesity</b>				
Underweight	48 (3.7%)	39 (1.9%)	3 (0.7%)	<0.001
Healthy weight	493 (38.3%)	532 (26.2%)	46 (11.3%)	
Overweight	392 (30.5%)	535 (26.7%)	71 (17.5%)	
Obese	354 (27.5%)	893 (44.6%)	276 (68.0%)	
Severely obese	0 (0.0%)	4 (0.2%)	10 (2.5%)	
<b>Weight change</b>				
Loss	151 (11.7%)	281 (14.0%)	68 (16.7%)	0.001
No change	946 (73.5%)	1456 (72.7%)	260 (64.0%)	
Gain	190 (14.8%)	266 (13.3%)	78 (19.2%)	
<b>Sleep duration (hours)</b>	6.9±1.2	6.9±1.4	6.8±1.4	0.248
<b>Waist circumference (cm)</b>	85.3±7.7	89.8±8.3	95.5±9.4	<0.001
<b>Fasting blood glucose (mg/dL)</b>	104±23	110±28	114±27	<0.001
<b>HbA1c (%)</b>	5.8±0.9	6.1±1.0	6.2±1.0	<0.001
<b>Total cholesterol (mg/dL)</b>	194±39	182±41	181±42	<0.001
<b>Triglyceride (mg/dL)</b>	145±98	159±141	169±131	<0.001

Analyzed by chi square test (categorical variable) and one way ANOVA (continuous variable).

Values are presented as mean±SD or number (proportion).

Weight change : Change of body weight in the past year

SD, standard deviation.

OSA, obstructive sleep apnea

Table 3. Behavioral characteristics and test results of female subjects according to risk of OSA

Female (n=4913)	Risk of obstructive sleep apnea			P-value
	Low (n=3953)	Moderate (n=934)	High (n=26)	
<b>Smoking</b>				
None	3608 (91.3%)	853 (91.3%)	24 (92.3%)	0.390
Ex-smoker	201 (5.1%)	39 (4.2%)	2 (7.7%)	
Current smoker	144 (3.6%)	42 (4.5%)	0 (0.0%)	
<b>Alcohol</b>				
None	1726 (43.7%)	498 (53.3%)	17 (65.4%)	<0.001
Proper drinker	1859 (47.0%)	357 (38.2%)	8 (30.8%)	
Heavy drinker	368 (9.3%)	79 (8.5%)	1 (3.8%)	
<b>Sedentary time (hours)</b>	8.3±3.6	8.6±3.7	8.9±3.9	0.048
<b>Daily energy uptake (kcal)</b>	1540±593	1478±576	1423±626	0.009
<b>Stage of obesity</b>				
Underweight	122 (3.1%)	6 (0.6%)	0 (0.0%)	<0.001
Healthy weight	1749 (44.2%)	230 (24.6%)	5 (19.2%)	
Overweight	91 (23.1%)	220 (23.6%)	2(7.7%)	
Obese	1159 (29.3%)	456 (48.8%)	15 (57.7%)	
Severely obese	9 (0.2%)	22 (2.4%)	4(15.4%)	
<b>Weight change</b>				
Loss	456 (11.5%)	140 (15.0%)	3(11.5%)	0.005
No change	2618 (66.2%)	565 (60.5%)	14 (53.8%)	
Gain	879 (22.2%)	229 (24.5%)	9(34.6%)	
<b>Sleep duration (hours)</b>	6.8±1.4	6.6±1.5	6.5±1.4	<0.001
<b>Waist circumference (cm)</b>	81.5±9.2	87.6±9.5	94.0±13.5	<0.001
<b>Fasting blood glucose (mg/dL)</b>	101±21	108±25	113±24	<0.001
<b>HbA1c (%)</b>	5.9±0.8	6.2±0.9	6.5±1.1	<0.001
<b>Total cholesterol (mg/dL)</b>	197±39	185±40	191±52	<0.001
<b>Triglyceride (mg/dL)</b>	114±69	129±76	145±77	<0.001

Analyzed by chi square test (categorical variable) and one way ANOVA (continuous variable).

Values are presented as mean±SD or number (proportion).

Weight change : Change of body weight in the past year

SD, standard deviation.

OSA, obstructive sleep apnea

Table 4. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA according to fasting blood glucose

			Risk of obstructive sleep apnea							
			Moderate				High			
			OR*	95% CI		P-value	OR*	95% CI		P-value
<b>Men (n=3696)</b>	Fasting blood glucose (mg/dL)	<100	1.000				1.000			
		100~125	1.415	1.201	- 1.666	<0.001	1.634	1.249	- 2.139	<0.001
		≥126	1.494	1.085	- 2.057	0.014	1.637	1.018	- 2.630	0.042
<b>Women (n=4913)</b>	Fasting blood glucose (mg/dL)	<100	1.000				1.000			
		100~125	1.102	0.928	- 1.308	0.270	2.257	0.990	- 5.147	0.053
		≥126	1.048	0.765	- 1.436	0.771	0.845	0.165	- 4.336	0.840
<b>Total (n=8609)</b>	Fasting blood glucose (mg/dL)	<100	1.000				1.000			
		100~125	1.327	1.186	- 1.485	<0.001	1.644	1.288	- 2.099	<0.001
		≥126	1.382	1.116	- 1.712	0.003	1.671	1.085	- 2.575	0.020

CI, confidence interval.

\*Odds ratio after adjustment of smoking, alcohol, sedentary time, sleep duration, waist circumference, total cholesterol and triglyceride.



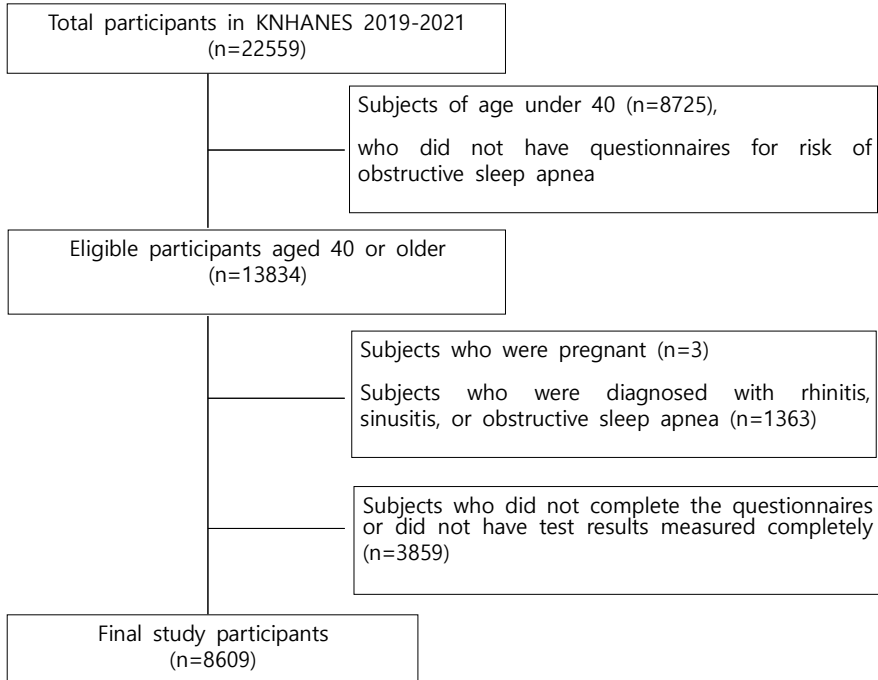
Table 5. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA according to fasting blood glucose, after adjusting stage of obesity and body weight change additionally

		Risk of obstructive sleep apnea							
		Moderate			High				
		OR*	95% CI		P-value	OR*	95% CI		P-value
<b>Men</b> (n=3696)	Fasting blood glucose (mg/dL)								
	<100	1.000				1.000			
	100~125	1.549	1.322	- 1.817	<0.001	1.835	1.387	- 2.427	<0.001
	≥126	1.852	1.456	- 2.355	<0.001	2.300	1.576	- 3.356	<0.001
<b>Women</b> (n=4913)	Fasting blood glucose (mg/dL)								
	<100	1.000				1.000			
	100~125	1.260	1.069	- 1.484	0.006	3.778	1.410	- 10.122	0.008
	≥126	1.584	1.244	- 2.016	<0.001	1.289	0.265	- 6.283	0.753
<b>Total</b> (n=8609)	Fasting blood glucose (mg/dL)								
	<100	1.000				1.000			
	100~125	1.458	1.308	- 1.625	<0.001	1.941	1.504	- 2.506	<0.001
	≥126	1.765	1.500	- 2.077	<0.001	2.182	1.547	- 3.079	<0.001

CI, confidence interval.

BMI, body mass index.

\*Odds ratio after adjustment of smoking, alcohol, sedentary time, sleep duration, waist circumference, total cholesterol, triglyceride, stage of obesity, and body weight change.



KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey.

**Figure 1. Flowchart of study participants**

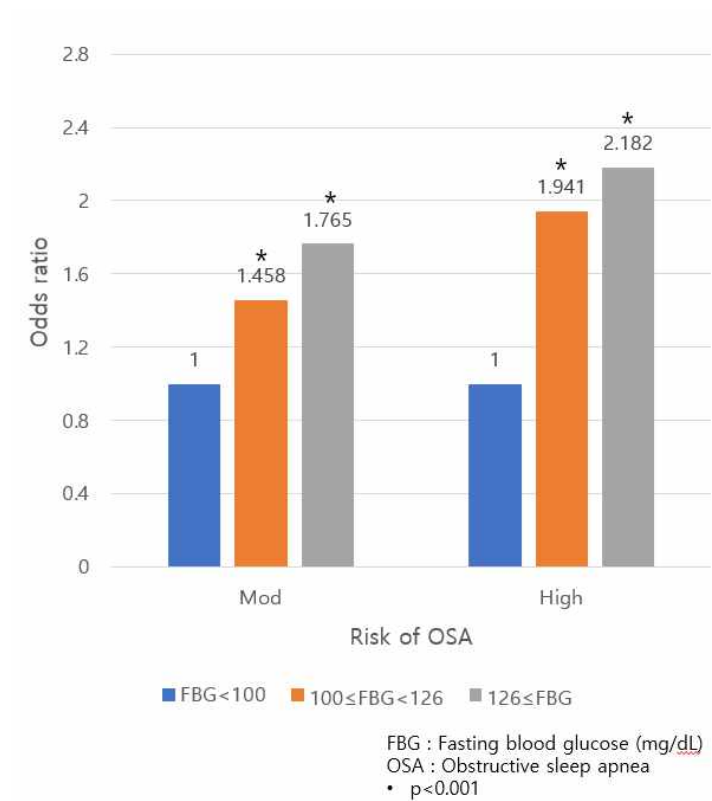


Figure 2. Odds ratio for developing moderate or high risk of OSA according to fasting blood glucose, after adjusting stage of obesity and body weight change additionally, in total subjects