



당뇨전단계 성인의 비만이 당뇨병 발생 위험에 미치는 영향: 전향적 코호트 자료의 활용

한나라¹ · 조향순² · 주정숙³ · 이경미⁴

¹전북대학교병원 수술실, 간호사, ²전북대학교 간호대학, 대학원생, ³원광대학교병원 중환자실, 간호사, ⁴군산전북대학교병원건립단, 간호사

Incidence of Obesity-related Diabetes Mellitus in Adults with Prediabetes: Use of Data from a Prospective Cohort Study

Han, Nara¹ · Cho, HyangSoon² · Ju, Jeong Suk³ · Lee, Kyoung Mee⁴

¹Nurse, Operating Room, Jeonbuk National University Hospital, Jeonju, Republic of Korea; ²Graduate Student, College of Nursing, Jeonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea; ³Nurse, Intensive Care Unit, Wonkwang University Hospital, Iksan, Republic of Korea; ⁴Nurse, Gunsan Jeonbuk National University Hospital Construction, Jeonju, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to identify the impact of obesity on the incidence of diabetes mellitus in adults with pre-diabetes. **Methods:** This study employed a longitudinal study design and utilized secondary data drawn from the Korean Genome and Epidemiology Study. This study used data from a sample of 3,693 adults with prediabetes who were followed every two years from 2001 to 2018. Statistical data analysis for frequency, number of cases per 1,000 person-years, log-rank test, Kaplan-Meier curve, and Cox's proportional hazards regression analysis was performed using IBM SPSS statistics version 26. **Results:** During the observation period, there were 1,309 (35.4%) patients with diabetes, and the total number of person-years was 35,342. The incidence of diabetes was higher in the obese group compared to the normal weight group (body mass index [BMI]: hazard ratio=1.57, 95% confidence interval [CI]=1.40~1.77, waist: hazard ratio=1.55, 95% CI=1.38~1.76, waist to hip ratio [WHR]: hazard ratio=1.53, 95% CI=1.24~1.89, body fat [BF] (%): hazard ratio=1.42, 95% CI=1.27~1.61). **Conclusion:** An increase in BMI, waist circumference, and WHR, which are indicators of obesity, can exacerbate the risk factors for diabetes. Thus, a decrease in BMI, waist circumference, and WHR is necessary to prevent pre-diabetes. In particular, health care professionals should provide individualized weight management program interventions, including adult obesity programs and obesity counseling in partnership with local health departments, to reduce BMI and waist circumference in people at high risk for diabetes.

Key Words: Prediabetes, Diabetes mellitus, Obesity, Cohort Studies

서론

1. 연구의 필요성

당뇨병은 세계적으로 약 4억 2,200만 명의 사람들이 앓고 있는

만성 대사성 질환으로, 매년 150만 명의 직접적인 사망원인이기도 하다¹⁾. 특히 2000년에서 2019년 사이에 당뇨병으로 인한 사망률이 3% 증가했고, 저중소득 국가들에서는 13%나 증가하고 있으며 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 비감

주요어: 당뇨전단계, 당뇨, 비만, 코호트연구

IRB 승인기관 및 번호: 전북대학교 생명윤리심의위원회 [IRB No: JBNU 2022-04-010-002]

Corresponding author: HyangSoon Cho (<https://orcid.org/0000-0001-8053-0594>)

Graduate Student, College of Nursing, Jeonbuk National University, 567, Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju 54896, Republic of Korea

Tel: *** - **** - **** E-mail: gidtns6177@naver.com

Received: 8 March 2023 Revised: 31 July 2023 Accepted: 5 September 2023



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NoDerivs License. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>) If the original work is properly cited and retained without any modification or reproduction, it can be used and re-distributed in any format and medium.

염성질환에 대한 글로벌 액션플랜 2013-2020을 수립, 2025년까지 당뇨병과 비만의 증가를 멈추기 위한 합의된 목표를 두고 있다[1].

당뇨병은 10대 주요 만성질환 중 하나로 최근 국내에도 당뇨병 유병률은 2012년 11.8%에서 2020년에는 16.7%로 지속적으로 증가하고 있으며, 우리나라 주요 사망에서 당뇨병의 위험비를 살펴보면 전체 사망자 중 당뇨병으로 인한 사망자가 당뇨병 없이 사망한 자보다 1.5배 높고, 심뇌혈관과 암으로 인한 사망은 당뇨병으로 인한 사망자가 당뇨병이 없이 사망한 자보다 각각 1.5배, 1.30배 높다[2].

당뇨병은 시간이 지날수록 심장, 눈, 신장 및 신경 혈관에 심각한 손상을 초래하여 실명, 신부전, 심장마비, 뇌졸중 및 하지 절단 등 다양한 합병증의 주요 원인으로, 특히 심혈관질환 사망의 약 20%를 유발하고 있어[1], 당뇨병으로 인한 사망률의 증가는 당뇨병에 대한 예방과 치료가 매우 시급한 중요 문제로 보여진다.

당뇨전단계란 당뇨병이 아니면서 공복혈당이 100-125 mg/dL 또는 당화혈색소가 5.7-6.4%인 경우로[2] 공복혈당장애 유병률은 30세 이상 성인 약 4명 중 1명(26.9%), 65세 이상 성인에서는 10명 중 3명(29.6%)이 공복혈당장애를 가지고 있다고 보고하였다[3]. 당뇨병전단계의 50-80%가 10년 후 당뇨병으로 진행되며, 당뇨병에 의한 합병증은 이미 당뇨병전단계부터 시작된다고 보고되고 있어[4], 당뇨병전단계를 가지고 있는 사람은 당뇨병 발생 위험이 높으며, 특히 제2형 당뇨병 및 심혈관질환의 발병 위험이 2-4배 증가한다[5,6]. 이에 당뇨병전단계 성인의 조기 혈당관리에 초점을 두고 당뇨병 이환 및 합병증 발생의 사전적 예방이 필요하다. 이에 당뇨병전단계에서 당뇨병 이환을 예방하기 위해서는 정상체중 유지, 음주 및 금연 등의 생활습관 개선을 통해 제2형 당뇨병 발병을 지연시킬 수 있다[6].

당뇨전단계와 관련된 요인으로 연령, 성별, 비만, 허리둘레, 신체활동, 음주, 흡연, 교육수준, 체질량지수, 혈압, 지질대사, 당뇨병 가족력 등이 알려져 있으며[7-9], 당뇨병전단계가 있는 15세 이상을 대상으로 한 Grundlingh et al.[10] 연구에서 남성은 여성에 비해 당뇨병에 걸릴 가능성이 더 높은 것으로 나타났으며(OR=1.43, 95% CI: 1.035-2.001), 당뇨병전단계가 당뇨병으로 진행되는 예측요인을 조사한 Li et al.[11] 연구에서는 당뇨병전단계가 있는 1,685명의 대상자 중 212명(12.6%)이 당뇨병으로 진행되었으며, 위험요인으로는 남성, 비만인 사람, 체질량지수 및 허리/엉덩이 둘레가 증가된 사람, 고혈압으로 나타났다. 또한 다른 선행연구에서는 정상체중군과 비만군에서 연령이 높을수록 공복혈당장애율이 유의한 차이를 보였으며[12], 중년여성에서 당뇨병전단계의 위험 예측인자로 허리둘레/신장 비율, 이상지질혈증으로 확인되었다[13].

특히 당뇨병의 위험요인 중 비만은 신체 내에서 지방이 과다하

게 축적되는 상태로 체질량지수(Body Mass Index, BMI) 25 kg/m² 이상, 허리둘레(Waist)는 성인남자 90 cm 이상, 여자는 85 cm 이상일 때[3,14], 허리둘레/엉덩이둘레 비율(Waist to hip ratio, WHR)은 성인남자는 1.0 이상, 여자는 0.8 이상일 때[15], 체지방률(body fat(%), BF(%))이 성인남자는 25% 이상, 여자는 35% 이상인 경우를 비만으로 분류하고 있다[16]. 당뇨병전단계에서 당뇨병으로의 유병률이 높은 만큼 당뇨병전단계의 예측요인으로 알려진 비만은 당뇨병으로의 유병을 막기 위한 지속적인 관리가 필요하다[11,13]. 우리나라는 최근 11년간 전체 성인에서 모든 단계의 비만 유병률이 증가하였으며, 3단계 비만의 유병률이 0.30%에서 0.89%로 3배 가까이 큰 폭으로 증가하였다[14]. 또한 당뇨병의 발생위험이 정상 체중 대상자에 비해 비만 대상자에서 2.6배 증가하였으며, 복부비만이 없는 성인에 비해 복부비만이 있는 성인에서 2.6배 증가하였으며, 특히 젊은 연령일수록 비만과 복부비만 대상자의 당뇨병 발생위험이 5.9배나 증가하는 것으로 나타났다[14].

국내 비만의 유병률은 점차 증가하고 있으며 비만은 당뇨병을 유발시키는데 중요한 인과관계를 가지고 있다[14,17]. 비만한 경우 인슐린 저항성으로 인해 가역적인 베타세포 기능부전 및 인슐린 분비기능의 감소를 일으켜 당뇨병전단계에서 당뇨병으로의 유병을 가속화시킨다는 연구결과가 있다[18]. 한국인은 서양인과 동일한 허리둘레에서도 내장지방이 많으며, 지방세포에서 나쁜 물질들이 배출되어 인슐린의 기능을 떨어뜨리는 것으로 추정된다[14]. 비만 수준을 평가하는 임상지표로 체질량 지수 또는 허리둘레를 활용하지만 체질량지수는 체내 근육과 지방의 비율을 나타낼 수 없기 때문에 비만의 비율을 충분히 반영하기에 어렵다는 단점이 있다. 다른 지표들 역시 마찬가지로 체내 근육과 지방 분포의 시간적 변화를 설명할 수 없으며, 단독으로 적용될 경우 당뇨병 유병률을 측정하는데 있어서 체질량지수와 큰 차이가 없어 체질량지수, 허리둘레, 그리고 허리둘레/엉덩이둘레 비율 2가지 이상의 임상지표를 함께 활용하여 당뇨병과의 관계에 대해 살피는 연구[19-22]들이 증가하는 추세를 보이고 있다. 결과적으로 체중은 당뇨병과 관련이 있으며 복부비만의 경우 당뇨병의 위험이 높다[23].

선행연구를 통해 살펴본 결과, 당뇨병 발생 위험 요인에는 나이나 유전 등의 조절할 수 없는 위험요인들과 비만, 흡연, 음주 등 생활습관의 조절할 수 있는 위험요인 등의 많은 원인요인을 확인할 수 있는 전향적 코호트 연구 자료가 필요하다. 전향적 코호트 연구자료의 활용은 당뇨병전단계 성인의 다양한 위험요인에 노출되었을 때 정보수집이 가능하며, 당뇨병발생에 대한 질병위험도를 구할 수 있어 질병예측이 가능하다. 또한 본 연구에 사용된 전향적 코호트 연구는 당뇨병 등의 만성질환의 위험요인을 규명하기 위한 자료가 추적조사를 진행하면서 수집되어 있으며, 질병관리

청에서 데이터 관리를 통한 신뢰성 있는 자료이므로 대규모 데이터를 분량받아 활용한다는 것은 향후 만성질환 예방에 기여할 수 있을 것으로 사료되어진다.

따라서 본 연구에서는 4종류의 비만지표를 이용하여 각 비만지표에 따른 당뇨전단계에서 당뇨병 발생률을 조사하고자 한다. 기존 국내의 연구는 당뇨병 발생과 관련된 위험요인을 분석한 연구가 대부분이었으나, 국내 연구에서는 당뇨전단계에서 당뇨병 발생에 비만이 어떻게 위험요인을 작용했는지에 대한 연구가 부족한 실정이다. 또한 당뇨전단계 성인에서 생활습관 개선이 당뇨병 발생 위험을 낮춘다는 보고가 있어[7] 본 연구에서는 18년간 추적관찰된 KoGES 지역사회기반 코호트 자료를 이용하여 당뇨전단계에서 4종류의 비만지표(체질량지수(BMI), 허리둘레(Waist), 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR), 체지방률(BF(%)))에 따른 당뇨병 발생 위험을 평가함으로써 만성질환의 예방 및 관리 정책 수립에 기여하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 2001년부터 2002년까지 기반조사를 시작하여 2018년까지 16년 동안 동일한 대상자를 2년 간격으로 추적 조사한 코호트 자료를 이용하여 한국인 당뇨전단계 성인을 대상으로 비만이 당뇨병 발생에 미치는 영향 요인을 분석한 이차자료분석 연구이다.

2. 연구 자료 및 대상

1) 연구 자료

질병관리청 국립보건연구원 한국인유전체역학조사사업(Korean Genome and Epidemiology Study, KoGES)은 만성질환 예방을 위해서 현재 문제가 되는 질환에 대한 위험요인을 규명하고 보건, 생체지표와 관련된 요인들을 개발하기 위한 목적으로 구성된 국내 최대 규모의 코호트 연구이며, 이는 한국인의 특성을 대표하는 자료이다. 지역사회 기반인 KoGES의 코호트는 안성 및 안산에서 2001년부터 2002년까지 기반조사를 시작으로 2018년까지 2년 단위로 8차 추적조사를 시행한 자료이다. 도시-농촌지역을 대표하여 선정된 지역으로서 안산시는 일반 주거지역, 공단지역, 상업지역, 소규모 농업이 혼재되어있는 지역이고 안성시는 농촌을 대표하는 지역으로 볼 수 있다. 두 지역의 선정 이유는 성별, 연령별 분포가 매우 유사하고 인구이동이 적기 때문이며, 표본은 단순 임의추출법으로 추출되었다. 지역사회 기반 코호트는 2001년 안성 및 안산지역의 10,030명에서 기반조사를 시작하여 1차 추적 8,603명, 2차 추적 7,515명, 3차 추적 6,688명, 4차 추적 6,665명, 5차

추적 6,238명, 6차 추적 5,906명, 7차 추적 6,318명, 8차 추적 6,157명 추적 조사되었다.

2) 연구대상자 선정

본 연구대상자는 KoGES 지역사회 기반 코호트 자료에서 기반조사(2001~2002) 당시 40~69세 중 당뇨전단계 성인이다.

연구대상자 선정과정을 보면 먼저 기반조사 전체 대상자 10,030명 중 의사로부터 당뇨병 진단을 받았거나 당뇨병 진단기준에 해당하는 임상검사 결과를 가진 자(n=1,796)를 제외한 8,234명을 선정하였다. 8,234명 중 당뇨전단계 성인을 선별하기 위해 American diabetes association[24] 기준에 따라 당뇨전단계 기준에 해당되지 않는 자(n=4,298), 결측치(n=243)를 제외한 최종 3,693명을 연구대상자로 선정하여 분석에 이용하였다(Figure 1).

당뇨병 진단은 당뇨병학회의 기준에 근거하여 8시간 이상 공복 혈당치 126 mg/dL 이상, 식후 2시간 혈당치 200 mg/dL 이상, 당화혈색소는 6.5% 이상, 의사로부터의 당뇨병 진단, 경구용 혈당강화제 복용 또는 인슐린 치료 중 1가지 이상에 해당되는 경우로 정의하였다[2].

당뇨전단계 진단은 American diabetes association[24] 기준에 근거하여 공복혈당장애(8시간 이상의 공복혈당 혈장 100~125 mg/dL), 내당능장애(75g 경구당부하검사 후 2시간 혈장 혈당 140~199 mg/dL), 당화혈색소(5.7~6.4%) 중 1가지 이상에 해당되는 경우로 정의하였다.

3. 연구 변수

1) 독립변수

(1) 체질량지수(BMI)

자신의 몸무게(kg)를 키의 제곱(m²)으로 나눈 값이다. 체지방량과 상관관계가 높아 체중 및 신장을 이용한 지수 중 가장 널리 사용되는 방법이다. 대한 비만학회기준[14]에 따라 BMI < 25 kg/m²: 정상, BMI ≥ 25 kg/m²: 비만으로 구분하였다.

(2) 허리둘레(Waist)

허리둘레 측정은 대상자에게 가벼운 내의를 제외하고 옷을 벗게 한 후, 대상자의 양팔은 측면에 두고 양발 사이의 간격은 12~15 cm 정도로 모으고 곧바로 서게 한 후 측정자는 대상자의 정면에 서서 줄자를 허리에 둘렀다. 허리둘레를 재는 위치는 가장 아래에 위치한 늑골(갈비뼈)과 장골능선 사이의 중간 부위인 둘레를 수평을 유지한 상태로 측정하였다. 숨을 고르게 쉬도록 한 후 가볍게 내신 상태에서 피부에 압박이 가하지 않도록 측정하였고 줄자의 눈금을 cm 단위로 소수점 한 자리까지 기록하였다. 복부비

만을 진단하는 허리둘레의 분별점은 인종, 성별에 따라 다르게 적용하는 추세이며, 국내에서 복부비만의 진단은 성인남자는 90 cm 이상, 여자는 85 cm 이상일 때 복부비만으로 진단하였다[14].

(3) 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR)

허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR)은 허리둘레와 엉덩이둘레의 비율에 의해 복부비만을 판정하는 지표로, 허리둘레 측정은 대상자에게 가벼운 내의를 제외하고 옷을 벗게 한 후, 대상자의 양팔은 측면에 두고 양발 사이의 간격은 12~15 cm 정도로 모으고 곧바로 서게 한 후 측정자는 대상자의 정면에 서서 줄자를 허리에 둘렀다. 허리둘레를 재는 위치는 가장 아래에 위치한 늑골(갈비뼈)과 장골능선 사이의 중간 부위인 둘레를 수평을 유지한 상태로 측정하였다. 숨을 고르게 쉬도록 한 후 가볍게 내신 상태에서 피부에 압박이 가하지 않도록 측정하였고 줄자의 눈금을 cm 단위로 소수점 한 자리까지 기록하였다. 엉덩이둘레는 대상자는 조이지 않는 얇은 옷만을 입게 하고 양팔은 측면에 자연스럽게 내리고 발은 모은 채 곧바로 서게 한 후, 측정자는 대상자의 정면에서 웅크리고 엉덩이의 뒤쪽을 지나 가장 넓은 부위에서 수평면을 이루도록 줄자를 둘렀다. 줄자의 영점이 측정치의 아래로 겹치도록 하고 자의 눈금은 cm 단위로 소수점 한 자리까지 기록하였고 줄자가 연부조직 및 피부를 강하게 누르지 않도록 측정하였다. 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR) 기준은 성인남자는 1.0 이상, 여자는 0.8 이상일 때 비만으로 진단하였다[15].

(4) 체지방률(BF%)

체성분은 인체의 체지방, 제지방, 근육량, 무기질 등을 의미한 것으로, 체성분은 인체가 건강할 때 일정한 비율을 유지하며, 체성분의 균형이 깨어지면 비만을 비롯한 각종 성인병인 고혈압, 당뇨, 고지혈증을 초래한다. 체지방 측정 전 대상자가 양말이나 스타킹을 신고 있지 않도록 준비하고 옷은 두껍지 않게 입도록 하였다. 양쪽 발 전극에 맞게 발판에 올라선 후, 손의 전극에 엄지손가락과 손바닥을 이용해 최대한 바르게 쥐고 대상자가 양팔을 자연스럽게 편 상태에서 30도 가량 벌리고 측정시에는 움직이거나 말하지 않도록 주의하였다. 측정이 종료되면 결과지를 출력한 후 기록하였다. 체지방률(BF%) 기준은 성인남자는 25% 이상, 여자는 35% 이상일 때 비만으로 진단하였다[16].

2) 공변량 변수

(1) 인구사회학적 특성

당뇨전단계 성인이 당뇨병 발생 위험에 미치는 영향을 확인하는 데에 혼란변수로 작용할 수 있는 특성으로 1) 성별 2) 연령 3) 결

혼상태, 4) 직업, 5) 월평균수입, 6) 교육수준, 7) 종교 총 7문항을 조사하였다. 성별은 남, 여로 구분, 연령은 40대(40~49세), 50대(50~59세), 60대(60~69세)로 구분, 결혼상태는 배우자 유(기혼, 별거, 동거), 배우자 무(미혼, 이혼, 사별, 기타)로 구분, 직업은 '귀하는 어떤 직종에 종사하고 계십니까?'의 문항에 따라 고용군(사무직, 농업, 자영업, 판매직, 공장생산직, 전문직), 비고용군(주부), 기타로 구분하였다. 월평균수입은 200만 원 미만, 200~400만 원 미만, 400만 원 이상으로 구분하였다. 교육수준은 '고졸 이하', '대졸 이상'으로 구분, 종교는 있음, 없음으로 구분하였다.

(2) 건강관련 특성

당뇨전단계 성인에서 당뇨병 발생 위험에 미치는 영향을 확인하는 데에 혼란변수로 작용할 수 있는 특성으로 1) 주관적 건강상태, 2) 하루 평균 수면시간 3) 음주, 4) 흡연 5) 만성질환(암), 6) 당뇨병 가족력 총 6문항을 조사하였다.

주관적 건강상태는 "현재 귀하의 건강상태가 어떻다고 생각하십니까?"의 문항에 따라 불만족(건강하지 못하다-매우 건강하지 못하다), 보통(보통이다), 만족(매우 건강하다-건강하다)으로 구분하였다. 하루 평균 수면시간은 "당신은 평소 수면시간은 몇 시간입니까?"의 문항에 따라 '6시간 이하', '7-8시간', '9시간 이상'으로 구분하였다. 당뇨병 가족력은 당뇨병 진단받은 가족 유무에 따라 '예', '아니오'로 구분하였다. 만성질환/암은 진단유무에 따라 구분하였다. 흡연은 '지금까지 담배를 통틀어 20갑 이상 피웠습니까?'의 문항에 따라 비흡연, 과거흡연, 현재흡연으로 구분하고 음주는 '원래 술을 못 마시거나 또는 처음부터 술을 안 마십니까?'의 문항에 따라 비음주, 과거음주, 현재음주로 구분하였다.

3) 종속변수

종속변수는 당뇨병 발생이다. (1) 당뇨병 진단은 8시간 이상 공복 혈당치 126 mg/dL 이상, (2) 식후 2시간 혈당치 200 mg/dL 이상, (3) 당화혈색소는 6.5% 이상, (4) 의사로부터 당뇨병을 진단받은 자, (5) 경구용 혈당강하제 복용 또는 인슐린 치료 중 한 가지 이상에 해당되면 당뇨병으로 진단하였다[2].

4. 자료분석방법

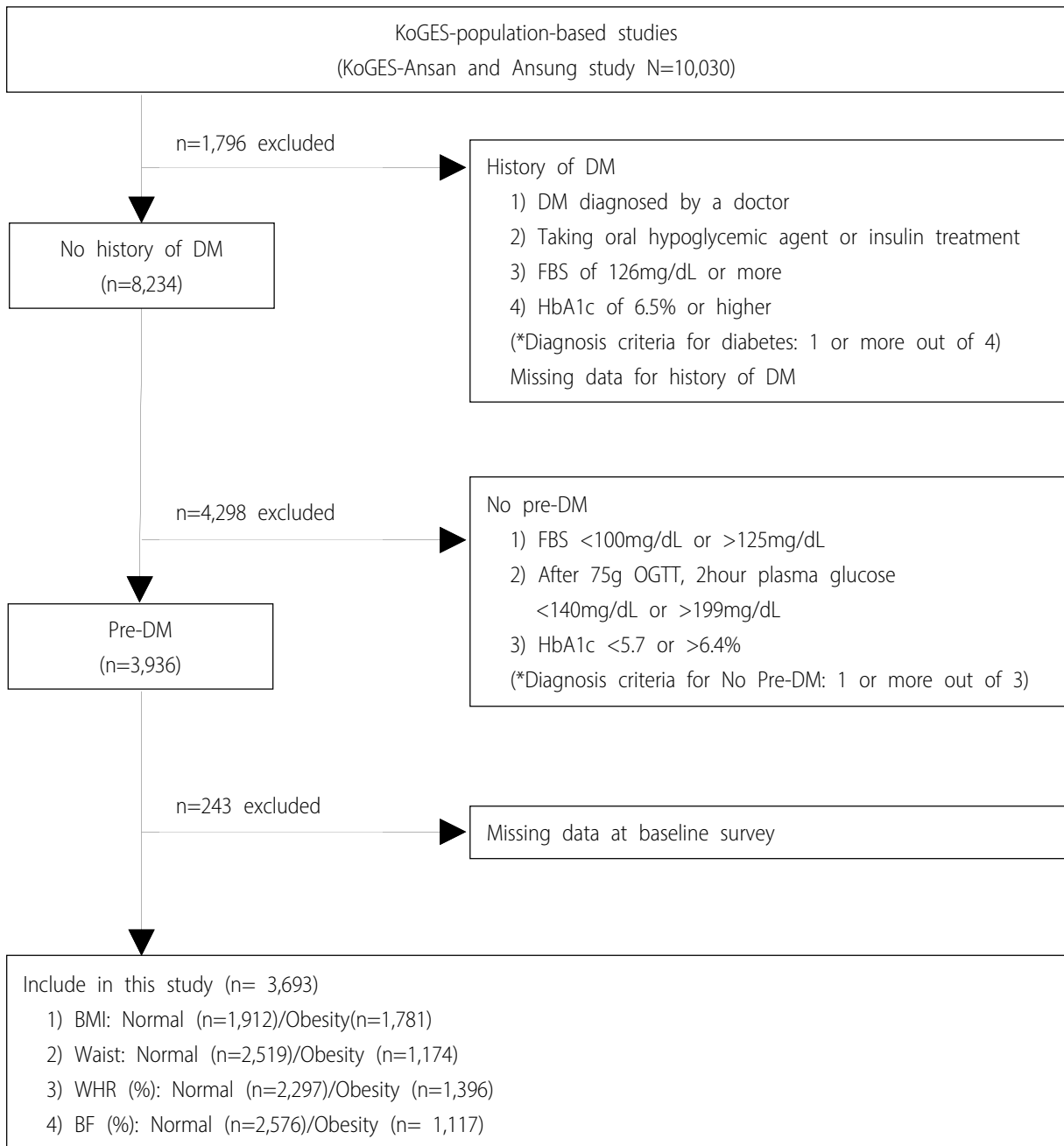
본 연구는 SPSS Statistics 26.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성 및 건강관련 특성은 빈도와 백분율을 이용하여 산출하였다. 일반적 특성 및 건강관련 특성에 따른 당뇨병 발생 유무에 따른 차이 분석을 위해 X² test, One-way ANOVA, 사후분석은 Sheffé test를 실시하였다.

비만을 기반으로 1,000인년(Person-year) 당 위험 사례 수로 18년

당뇨병 누적 발생률을 계산하였다. 대상자의 비만요인과 당뇨병 누적 발생률의 집단 간 생존곡선 비교는 로그순위검정(Log-rank test)을 이용하였고, 생명표 분석인 카플란-마이어 생존분석(Kaplan-Meier curve)으로 도식화하였다.

대상자의 비만요인에 따른 당뇨병 발생 위험을 비교하기 위해 콕스 비례위험 회귀모형(Cox's proportional hazards regression)을 이

용한 단일 변수분석을 실시하였다. Model 1에서는 혼란변수를 통제하지 않은 단변량 모형으로 분석하였으며, Model 2는 일반적 특성 변수를 통제 변수로 포함하여 분석하였으며, Model 3은 Model 2의 보정변수에 건강관련 요인에 대한 변수를 추가로 통제하여 분석하였다. 모든 분석결과에 대한 통계적 유의성은 유의수준 $p < .05$ 로 설정하였다.



*KoGES=Korean Genome and Epidemiology Study (KoGES), DM=diabetes mellitus, FBS=fasting blood sugar, OGTT=oral glucose tolerance test, BMI=body mass index, WHR=waist to hip ratio, BF=body fat

Figure 1. Selection process of the study participants

5. 윤리적 고려

본 연구는 전북대학교 생명윤리심의위원회 승인을 받은 후, 질병관리청의 국립보건연구원의 일반 공개 자료에 대한 심의를 통하여 자료분양을 받아 연구를 수행하였다(IRB No 2022-04-010-002).

연구 결과

1. 연구대상자의 일반적/건강관련특성에 따른 당뇨병 발생 위험 평가

1) 일반적 특성에 따른 당뇨병 누적 발생률

당뇨전단계 성인 3,693명의 남녀 총 인년은 35,342.20인년(person-year)으로 이 중 남자대상자는 1,782명(48.3%), 당뇨병 발생자는 623명(35.0%), 인년은 16,787.80인년이며, 여자대상자는 1,911명(51.7%), 당뇨병 발생자는 686명(35.9%), 인년은 18,554.40이다. 당뇨병의 발생률은 총 발생자 수를 총 추적기간으로 나누어 산출하였으며, 1,000인년당 발생률로 나타내었다. 연구대상자 남자 당뇨병 발생률은 1,000인년당 37.1명으로 나타났으며, 여자 당뇨병 발생률은 37.0명이었다. 연령별 당뇨병 발생률은 40대 이상 대상자는 1,000인년당 34.3명, 50대 이상 대상자는 38.4명, 60대 이상 대상자는 40.1명이었다. 배우자 유무에 따른 당뇨병 발생률은 배우자가 없

는 대상자는 1,000인년당 43.6명, 배우자가 있는 대상자는 36.4명이었다. 직업에 따른 당뇨병 발생률은 고용군 대상자는 1,000인년당 37.1명, 비고용군 및 기타는 37.0명이었다. 수입에 따른 당뇨병 발생률은 200만 원 미만인 대상자는 1,000인년당 39.3명, 200~400만 원 대상자는 33.5명, 400만 원 이상인 대상자는 31.6명이었다. 교육에 따른 당뇨병 발생률은 고졸미만인 대상자는 1,000인년당 38.0명, 대학졸업이상 대상자는 30.6명으로 교육수준에 따른 당뇨병 발생률간의 유의한 차이가 있었다($p=.028$). 종교에 따른 당뇨병 발생률은 종교가 없는 대상자는 1,000인년당 37.2명, 종교가 있는 대상자는 36.9명이었다(Table 1).

2) 건강관련 특성에 따른 당뇨병 누적 발생률

대상자의 주관적 건강상태에 따른 당뇨병 발생률은 건강한 대상자는 1,000인년당 35.8명, 건강상태가 보통인 대상자는 33.8명, 건강하지 못한 대상자는 42.1명이었다. 수면시간에 따른 당뇨병 발생률은 6시간 이하 대상자는 1,000인년당 35.1명, 7-8시간 대상자는 37.5명, 9시간 이상 대상자는 45.5명으로 수면시간에 따른 당뇨병 발생률간의 유의한 차이($p=.033$)가 있었으나, 추가로 사후분석을 한 결과에서는 유의하지 않았다($p=.281$). 만성질환/암 유무에 따른 당뇨병 발생률은 만성질환/암이 없는 대상자는 1,000인년당

Table 1. Cumulative Incidence of Diabetes Mellitus According to Participant's General Characteristics (N=3,693)

Characteristics	Categories	n (%)	Diabetic mellitus			$\chi^2/df/(p)$ Sheffe' test
			n* (%)	Person-year	Incidence**	
	Total	3,693 (100.0)	1,309 (35.4)	35,342.20	37.0	
Gender	Men	1,782 (48.3)	623 (35.0)	16,787.80	37.1	.354 (.552)
	Women	1,911 (51.7)	686 (35.9)	18,554.40	37.0	
Age (year)	40~49 ^a	1,585 (42.9)	547 (34.5)	15,943.40	34.3	1.538 (.215)
	50~59 ^b	1,033 (28.0)	389 (37.7)	10,110.00	38.4	
	60~69 ^c	1,075 (29.1)	373 (34.7)	9,288.80	40.1	
Spouse	No	384 (10.4)	134 (34.9)	3,075.10	43.6	.057 (.812)
	Yes	3,309 (89.6)	1,175 (35.5)	32,267.10	36.4	
Occupation	Employed ^a	2,025 (54.8)	747 (36.9)	20,141.60	37.1	2.235 (.107)
	Unemployed ^b	1,072 (29.0)	367 (34.2)	9,926.50	37.0	
	Other	596 (16.1)	195 (32.7)	5,274.10	37.0	
Monthly household income (10,000 Won)	<200	2,407 (65.2)	881 (36.6)	22,401.10	39.3	2.033 (.131)
	200~400	994 (26.9)	332 (33.4)	9,901.00	33.5	
	≥400	292 (7.9)	96 (32.9)	3,040.10	31.6	
Education	≤High school	3,221 (87.2)	1,163 (36.1)	30,577.80	38.0	4.817 (.028)
	≥College	472 (12.8)	146 (30.9)	4,764.40	30.6	
Religion	No	1,166 (31.6)	416 (35.7)	11,173.40	37.2	.040 (.841)
	Yes	2,527 (68.4)	893 (35.3)	24,168.80	36.9	

*n=case of incidence; **case per 1,000 person-year; χ^2 test, One-way ANOVA

Table 2. Cumulative Incidence of Diabetes Mellitus According to Participants' Health-Related Characteristics (N=3,693)

Characteristics	Categories	n (%)	Diabetic mellitus			X ² /f/(p) Sheffe' test
			n* (%)	Person-year	Incidence**	
Self-reported health status	Healthy	1,159 (31.4)	412 (35.5)	11,523.10	35.8	1.531 (.216)
	Average	1,277 (34.6)	431 (33.8)	12,746.90	33.8	
	Unhealthy	1,257 (34.0)	466 (37.1)	11,072.20	42.1	
Sleep duration	≤6 hours ^a	1,593 (43.1)	533 (33.5)	15,205.30	35.1	3.403 (.033) a<c
	7~8 hours ^b	1,799 (48.7)	654 (36.4)	17,455.40	37.5	
	≥9 hours ^c	301 (8.2)	122 (40.5)	2,681.50	45.5	
Drinker	Never drinker	1,696 (45.9)	616 (36.3)	16,260.40	37.9	2.589 (.075)
	Former drinker	255 (6.9)	74 (29.0)	2,430.40	30.4	
	Current drinker	1,742 (47.2)	619 (35.5)	16,651.40	37.1	
Smoker	Never smoker	2,114 (57.2)	743 (35.1)	20,892.10	35.6	1.929 (.145)
	Former smoker	613 (16.6)	202 (33.0)	5,926.20	34.1	
	Current smoker	966 (26.2)	364 (37.7)	8,523.90	42.7	
Disease/Cancer	No	3,353 (90.8)	1,189 (35.5)	32,237.80	36.9	.004 (.951)
	Yes	340 (9.2)	120 (35.3)	3,104.40	38.7	
DM family history	No	3,265 (88.4)	1,122 (34.4)	31,213.00	35.9	14.387 (<.001)
	Yes	428 (11.6)	187 (43.7)	4,129.20	45.3	

*n=case of incidence; **case per 1,000 person-year

36.9명, 만성질환/압이 있는 대상자는 38.7명이었다. 당뇨 가족력에 따른 당뇨병 발생률은 가족력이 없는 대상자는 1,000인년당 35.9명, 가족력이 있는 대상자는 45.3명으로 당뇨 가족력 유무에 따른 당뇨병 발생률 간의 유의한 차이가 있었다($p<.001$). 음주에 따른 당뇨병 발생률은 비음주 대상자는 1,000인년당 37.9명, 과거 음주 대상자는 30.4명, 현재 음주 대상자는 37.1명이었다. 흡연에 따른 당뇨병 발생률은 비흡연자는 1,000인년당 35.6명, 과거 흡연 대상자는 34.1명, 현재 흡연 대상자는 42.7명이었다(Table 2).

2. 당뇨전단계 성인의 비만에 따른 당뇨병 누적 발생률

카플란-마이어 생존분석으로 당뇨전단계 성인의 비만요인인 체질량지수(BMI), 허리둘레(Waist), 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR), 체지방률(BF%)에 따라 당뇨병이 발생한 시점마다 구간발생율을 구하고 이들의 누적발생율을 추정하여 도식화하였다. 또한 비만에 따른 정상체중군과 비만체중군에서 추정된 생존곡선의 동일성을 로그 순위 검정을 이용하여 확인하였다. 비만요인인 체질량지수, 허리둘레, 체지방률의 생존곡선의 동일성을 확인한 결과 정상군과 비만군의 생존곡선이 유의한 차이가 있었다($p<.001$). 또한 허리둘레/엉덩이둘레 비율에서 정상군과 비만군의 생존곡선도 유의한 차이가 있었다($p=.002$). 즉, 비만에서 정상군과 비만군의 당뇨전단계에서 당뇨병 누적발생율이 다르다고 할 수 있었다(Figure 2).

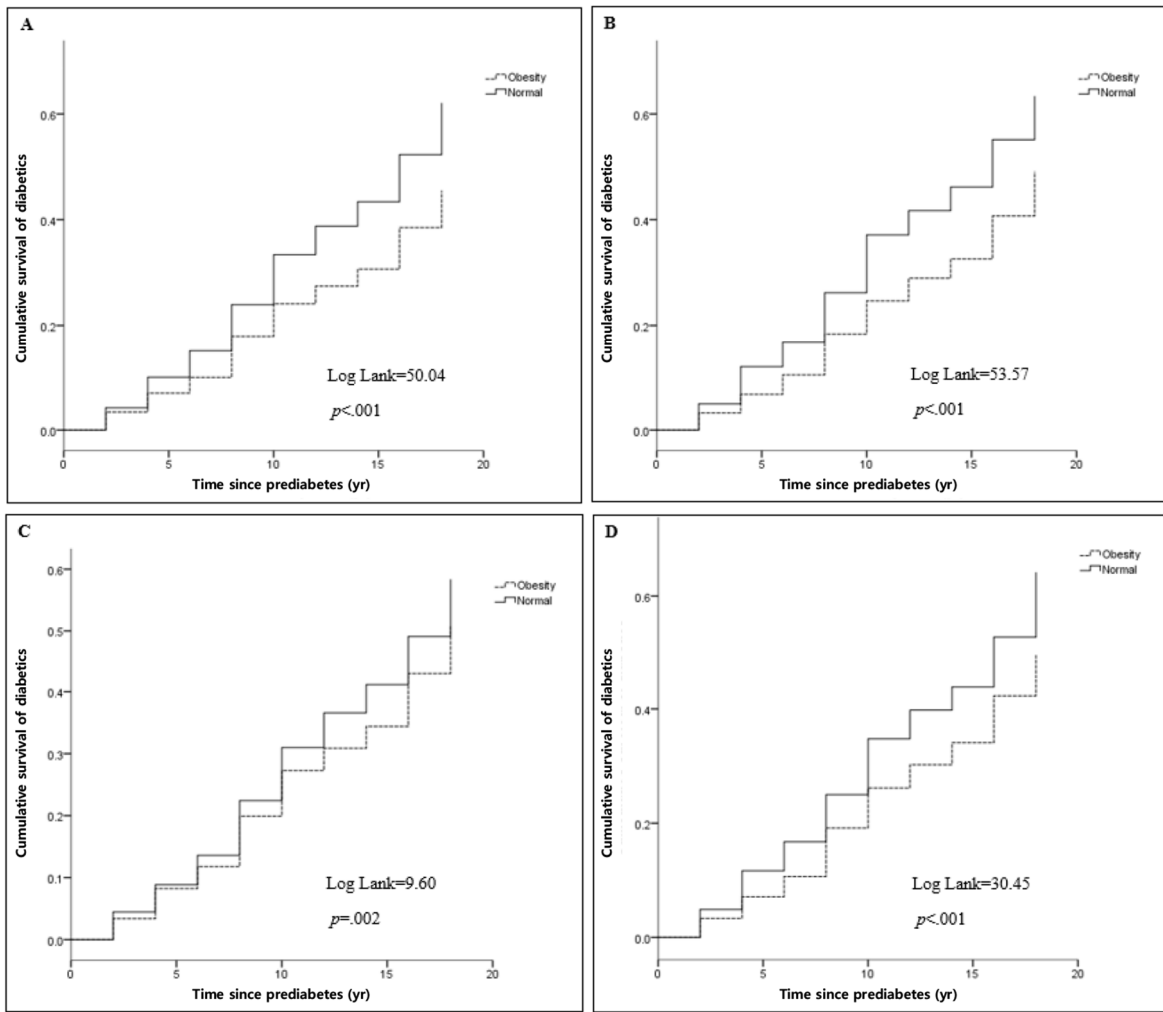
3. 비만에 따른 당뇨병 발생 위험

비만에 따른 당뇨병 발생 위험요인을 확인하기 위해 콕스 비례 위험 모형을 이용하여 위험비(Hazard Ratio)를 산출하였다. 당뇨전단계 대상자 중 비만군이 정상군에 비해 당뇨병에 걸릴 위험이 통계적으로 높았다. 구체적으로 Model 1 분석결과 체질량지수 25 이상이 1.51배, 허리둘레 비만이 1.53배, 허리둘레/엉덩이둘레 비율이 1.19배, 체지방률이 1.39배 당뇨병에 걸릴 위험이 증가하였다. Model 2 분석결과 체질량지수 25 이상이 1.53배, 허리둘레 비만이 1.53배, 허리둘레/엉덩이둘레 비율이 1.56배, 체지방률이 1.39배 당뇨병에 걸릴 위험이 증가하였다. Model 3 분석결과 체질량지수 25 이상이 1.57배, 허리둘레 비만이 1.55배, 허리둘레/엉덩이둘레 비율이 1.53배, 체지방률이 1.42배 당뇨병에 걸릴 위험이 증가하였으며 통계적으로 유의하였다(Table 3).

논 의

본 연구는 KoGES의 지역사회 기반 코호트 자료를 활용하여 당뇨전단계 성인 3,693명을 대상으로 4종류의 비만지표가 당뇨병 발생에 미치는 위험도를 조사하고 위험 정도를 파악하고자 실시되었다.

연구결과 당뇨전단계 성인 3,693명 중 1,309명(35.4%)에서 당뇨병이 발생하였으며, 1000인년당 발생률은 37.0건이었다. 즉, 관찰



(A) Body Mass Index. (B) Waist circumference. (C) Waist to Hip ratio. (D) Body Fat percentage

Figure 2. Survival curve of diabetic onset according to pre-diabetics at baseline survey

Table 3. Incidence of Diabetes Mellitus According to the Obesity of Participants

(N=3,693)

Characteristics	Categories	Diabetic mellitus					
		Person-year	n*	Incidence**	Model 1 HR(p) (95% CI)	Model 2 HR(p) (95% CI)	Model 3 HR(p) (95%CI)
BMI	Normal(< 25 kg/m ²)	18,472.10	572(29.9)	31.0	1.51 (<.001)	1.53 (<.001)	1.57 (<.001)
	Obesity(≥ 25 kg/m ²)	16,870.10	737(41.4)	43.7	(1.345-1.696)	(1.366-1.725)	(1.397-1.769)
Waist	Normal	24,593.20	802(31.8)	32.6	1.53 (<.001)	1.53 (<.001)	1.55 (<.001)
	Obesity	10,749.00	507(43.2)	47.2	(1.368-1.729)	(1.363-1.737)	(1.378-1.760)
WHR(%)	Normal	22,018.30	761(33.1)	34.6	1.19 (.002)	1.56 (<.001)	1.53 (<.001)
	Obesity	13,323.90	548(39.3)	41.1	(1.068-1.347)	(1.274-1.933)	(1.243-1.891)
BF(%)	Normal	25,363.20	858(33.3)	33.8	1.39 (<.001)	1.39 (<.001)	1.42 (<.001)
	Obesity	9,979.00	451(40.4)	45.2	(1.239-1.575)	(1.237-1.575)	(1.265-1.613)

BMI=Body Mass Index, WHR=Waist to Hip ratio, BF=Body fat.

*n=case of incidence; **case per 1,000 person-year; Waist=Normal (85 for women, <90 for men), Obesity (≥85 for women, ≥90 for Men); WHR=Normal (<0.80 for women, <1.00 for men), Obesity (≥0.80 for women, ≥1.00for men); BF(%)=Normal (<35% for women, <25% for men), Obesity (≥35% for women, ≥25% for men); Model 1: Crude HR; Model 2: adjusted for gender, age, spouse, occupation, income, education, religion; Model 3: adjusted for model 2 and self-reported health status, sleep duration, disease/cancer, Diabetic mellitus family history, drinker, smoker.

기간 동안 당뇨전단계 성인 1000명당 약 37명에서 당뇨병이 발생하였으며, 연간 발생률은 당뇨전단계 성인 1000명당 약 1.56명에 해당하였다.

본 연구에서 당뇨전단계 성인의 비만에 따른 당뇨병 누적 발생률은 체질량지수(BMI), 허리둘레(Waist), 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR), 체지방률(BF(%)) 4종류의 비만지표에서 관찰시작 시점부터 종료시점까지 당뇨병 발생이 1.42~1.57배 지속해서 증가하는 양상을 보였으며, 당뇨전단계 성인의 모든 비만지표에서 정상군에 비해 비만군에서 당뇨병 발생 위험이 높음을 확인하였다. 이러한 결과는 Bell et al.[25] 연구에서 신진대사적으로 정상 체중 대상자에 비해 과체중 및 비만 위험요인을 가진 대상자가 138건의 당뇨병 발생이 증가했음을 보여주었다. 또한 Arnlov et al.[26]의 연구에서 비만한 성인은 정상 체중 성인과 비교했을 때 당뇨병에 걸릴 위험이 4배(95% CI=2.66-6.09) 이상 증가한다는 결과와는 차이가 있지만 위험이 상당히 증가했음을 보여준다는 점에서 유사하였다. 추가로 Kang et al.[27]의 연구에서는 비만할수록 당뇨병 발생이 2.02~2.53배 증가한다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.

본 연구에서 비만지표 중 체질량지수(BMI)가 다른 비만지표에 비해 당뇨발생 위험이 1.57배(95% CI=1.40-1.77) 높게 나타났으며, 당뇨전단계 대상자의 체질량지수가 비만인군에서 41.4%가 당뇨병이 발생하였다. 이는 당뇨전단계의 당뇨병 진행과 관련요인을 연구한 Li et al.[11] 연구에서 당뇨전단계 대상자가 당뇨병으로 발생함에 있어 체질량지수 수치가 증가함을 확인할 수 있어 본 연구결과를 지지하고 있으며 결과적으로 체질량지수는 당뇨병 발생에 위험요인 변수임을 알 수 있었다. 특히 당뇨병 환자의 95% 이상은 제2형 당뇨병을 가지고 있으며, 주로 과체중 또는 비만 등의 신체활동 부족의 결과로 나타나므로 건강한 체중을 유지하기 위해서는 초기 신체의 최소 3% 체중감소[28], 하루 30분 이상의 걷기 등의 신체적 활동이 필요하다[1]. 당뇨전단계 대상자에게 신체활동의 증가는 인슐린 저항성과 민감성에 영향을 주어 당 흡수와 당 항상성 유지, 당화혈색소를 감소시켜 당뇨전단계 대상자의 혈당조절에 긍정적인 효과가 있음을 발표한[29] 연구가 뒷받침하고 있다.

본 연구에서 당뇨전단계 대상자의 정상군에 비해 비만군에서 허리둘레(Waist)가 1.55배(95% CI=1.38-1.76) 높게 나타났으며, 당뇨전단계 대상자의 허리둘레는 비만인군에서 43.2%가 당뇨병이 발생하였다. 이는 중국 중년 및 노년 인구 집단을 대상으로 당뇨전단계 및 당뇨병 진행을 조사한 Li et al.[11] 연구에서는 당뇨전단계(88.4±10.9) 및 당뇨병(89.3±10.4) 대상자가 비당뇨병(84.2±9.6)에 비해 허리둘레가 높게 측정되었으며, 또한 당뇨병전단계에서 당뇨

병으로 진행된 대상자(89.3±11.3)는 당뇨병 비진행자(87.4±9.9)에 비해 허리둘레 수치가 더 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있어 본 연구결과를 뒷받침하고 있다.

본 연구에서 당뇨전단계 대상자의 정상군에 비해 비만군에서 허리둘레/엉덩이둘레 비율(WHR)이 1.53배(95% CI=1.24-1.89) 높은 것으로 나타났으며, 당뇨전단계 대상자의 허리둘레/엉덩이둘레 비율이 비만군에서 39.3% 당뇨병이 발생하였다. 이는 40-64세 중년여성의 당뇨전단계 예측요인을 조사한 Sim et al.[13] 연구에서 허리둘레/엉덩이둘레 비율이 0.53 이상인 경우는 정상군 19.7%, 당뇨전단계군은 33.2%로 두 군간 유의한 차이를 나타냈다. Li et al.[11] 연구에서도 당뇨전단계 대상자가 당뇨병으로 진행함에 있어 허리둘레/엉덩이둘레 비율의 증가는 위험요인 변수임을 확인할 수 있어 본 연구결과를 뒷받침되고 있다.

본 연구에서 당뇨전단계 대상자의 정상군에 비해 비만군에서 체지방률(BF(%))은 1.42배(95% CI=1.27-1.61) 높게 나타났으며, 당뇨전단계 대상자의 체지방률이 비만인군에서 40.4%가 당뇨병이 발생하였다. Gómez-Ambrosi et al.[30]의 연구에 따르면 당뇨전단계 대상자 중에서 체지방률이 정상군(5%) 대비하여 비만군(22%)에서 약 4배 높게 나타났으며, Kang et al.[27]의 연구에서도 높은 체지방률은 2형 당뇨병 위험을 2.18배 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 연구 결과들은 본 연구의 결과를 뒷받침하는데 있어 중요한 근거로 뒷받침되고 있다.

결론적으로, 당뇨전단계를 가진 대상자의 체질량지수, 허리둘레, 허리둘레/엉덩이둘레 비율, 체지방률은 정상군에 비해 비만군에서 높게 나타났으며 이는 당뇨전단계 대상자가 당뇨병으로 진행되는 경향이 있음을 보여주었다. 따라서 당뇨전단계의 유병률이 빠르게 증가하고 있으므로[30], 당뇨전단계 성인 중 비만은 당뇨병에 걸릴 위험이 증가하기 때문에 지역사회 측면에서는 비만한 성인을 대상으로 지속해서 개입할 필요가 있다. 특히 비만한 성인 중 당뇨전단계 성인을 선별하여 개별적인 접근을 시도하는 것이 중요하고, 그 대상자를 위한 체중관리 중재 프로그램을 통해 관리하는 것이 중요하다. 이를 위한 국가적인 재정 지원 및 정책과 제도를 마련하여 적극적인 운영이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 강점은 질병관리청에서 실시한 한국인 유전체역학 조사에서 지역사회기반 코호트 자료인 농촌·도시 인구의 비율을 맞추어 대표성 있는 지역 코호트 성인 샘플을 추출하였으며, 연구 분석방법에 따라 동일 시간대의 횡단적으로 분석한 연구 결과가 아닌 2년 주기의 18년 동안의 추적조사 자료를 가지고 분석하였다는데 의의가 있다. 또한, 당뇨전단계 대상자의 당뇨 발생에 있어서 일반적 특성 및 건강관련 특성의 다양한 변수를 통제하여 비만이 중요한 발생인자임을 밝혀낸 결과로서 의의를 가진다.

결론 및 제언

본 연구의 분석 자료인 KoGES 지역사회기반 코호트 자료를 통해 당뇨전단계 성인 중 비만군이 정상군보다 당뇨병 발생 위험이 1.5배 이상 높았다. 따라서 당뇨전단계에서 당뇨병으로 유병하는 것을 예방하기 위해 당뇨전단계 성인을 대상으로 지역사회 보건소와 연계된 성인 비만프로그램과 비만상담을 통하여 체질량지수와 허리둘레를 감소를 위한 개별화된 체중관리프로그램 적용 및 생활습관 개선 등의 중재를 적용하는 것이 필요하다.

본 연구의 결과를 토대로 하여 다음과 같이 제언한다.

첫째, KoGES 지역사회기반 코호트 자료는 2년 단위로 추적 관찰된 자료이기 때문에 임상검사 지표를 이용하여 연구 대상자의 당뇨병 발생의 정확한 시점에 대한 정보는 알 수가 없어 당뇨병 관찰시간 값에 편향이 발생했을 가능성이 있어 심층적인 연구가 필요하다. 그러나 본 연구에서는 당뇨병발생 위험이 있는 당뇨전단계 성인을 조기 발견하여 생활습관 중재 개발에 필요한 기초자료로 활용될 수 있음에 의의가 있다.

둘째, 본 연구에서는 기반자료에서 비만지표를 가지고 당뇨병 발생률을 측정하였기 때문에 비만이 변화하는 방향을 표시할 수 없다는 한계가 있다. 특히 비만의 발생은 하나의 원인만으로는 설명하기가 어려운 일차성 비만이 대부분이기 때문에 여기에 따른 반복연구 및 시간의 흐름에 따라 변화 관찰이 가능한 전향적 코호트 역학 연구 설계를 제언한다.

ORCID

Han, Nara	https://orcid.org/0000-0002-5237-8828
Cho, HyangSoon	https://orcid.org/0000-0001-8053-0594
Ju, Jeong Suk	https://orcid.org/0009-0007-5935-7572
Lee, Kyoung Mee	https://orcid.org/0009-0000-2758-1325

REFERENCES

- World Health Organization. Diabetes 2022 [Internet]. Swiss: WHO; 2022 [cited 2022 December 6]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Korean Diabetes Association (2022). Diabetes fact sheet in Korea: Diabetes & Complications in Korea. Available from: https://www.diabetes.or.kr/bbs/?code=fact_sheet&mode=view&number=2390&page=1&code=fact_sheet
- Korean Diabetes Association. Clinical Practice Guidelines for Diabetes 7th ed 2021; Seoul: Korean Diabetes Association; 2021. p. 27-29.
- Park SW. Complications begin in the pre-diabetes stage. Weekly Donga. 2007 June 13; Sect. 01.
- Nathan DM, Davidson MB, DeFronzo RA, Heine RJ, Henry RR, Pratley R, et al. Impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance: Implications for care. *Diabetes Care*, 2007;30(3):753-9. <https://doi.org/10.2337/dc07-9920>
- Beulens JWJ, Rutters F, Ryden L, Schnell O, Mellbin L, Hart HE, et al. Risk and management of pre-diabetes. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2020;26(2S):47-54. <https://doi.org/10.1177/2047487319880041>
- Anjana R, Pradeepa R, Deepa M, Datta M, Sudha V, Unnikrishnan R, et al. Prevalence of diabetes and prediabetes (impaired fasting glucose and/or impaired glucose tolerance) in urban and rural India: Phase I results of the Indian Council of Medical Research-India DIABetes (ICMR-INDIAB) study. *Diabetologia*. 2011;54(12):3022-7. <https://doi.org/10.1007/s00125-011-2291-5>
- Buckley CM, Madden J, Balanda K, Barron S, Fahy L, Harrington J, et al. Pre diabetes in adults 45 years and over in Ireland: The survey of lifestyle, attitudes and nutrition in Ireland 2007. *Diabetic Medicine*. 2013;30(10):1198-203. <https://doi.org/10.1111/dme.12226>
- Cullmann M, Hilding A, Ostenson CG. Alcohol consumption and risk of prediabetes and type 2 diabetes development in a Swedish population. *Diabetic Medicine*. 2012;29(4):441-52. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2011.03450.x>
- Grundlingh N, Zewotir TT, Roberts DJ, Manda S. Assessment of prevalence and risk factors of diabetes and pre-diabetes in South Africa. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2022;41(1):1-12. <https://doi.org/10.1186/s41043-022-00281-2>
- Li N, Lu C, Ma Y, Wang X, Ling Y, Yin Y, et al. Factors associated with progression of different prediabetic status to Diabetes: A community-based cohort study. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2022;184:109193. <http://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109193>
- Lee SJ, Kim KY, Kim MG, Nam HM, Bae SG. Factors associated with impaired fasting glucose by obesity status of non-diabetic adults. *The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2017;18(6):180-6. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.6.180>
- Sim JL, Kim KA, Moon SH. Effects of waist circumference/height ratio and dyslipidemia as predictors of prediabetes in middle-aged women. *Korean Society of Nursing Science*. 2018 October 22: Korea Science and Technology Center International Conference Hall.
- Korean Society for the study of the Obesity. Report of 2020 quick reference guideline [Internet]. Seoul: KSSO; 2022 [cited 2022 December 2] Available from: <https://doi.org/10.7570/jomes21022>
- NIDDK (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Disease). Understanding adult overweight & obesity [Internet]. Seoul: NIDDK; 2022 [cited 2022 October 20]. Available from: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/weight-management/adult-overweight-obesity/am-i-healthy-weight>
- Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Jensen MD, Thomas RJ, Squires RW, et al. Diagnostic performance of body mass index to detect obesity in patients with coronary artery disease. *European Heart Journal*. 2007;28(17):2087-93. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm243>
- Dale CE, Fatemifar G, Palmer TM, White J, Prieto-Merino D, Zabaneh D, et al. Causal associations of adiposity and body fat distribution with coronary heart disease, stroke subtypes, and type 2 diabetes mellitus: A Mendelian randomization analysis. *Circulation*. 2017;135(24):2373-88. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.026560>
- Rothberg AE, McEwen LN, Kraftson AT, Fowler CE, Herman WH. Very-low-energy diet for type 2 diabetes: An underutilized therapy.

- Diabetes and its Complications. 2014;28(4):506-10.
<https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2014.03.014>
19. Zhang P, Wang R, Gao C, Jiang L, Lv X, Song Y, et al. Prevalence of central obesity among adults with normal BMI and its association with metabolic diseases in Northeast China. *PLoS One*. 2016;11(7): e0160402. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160402>
 20. Edwards MK, Addoh O, Sng E, Ikuta T, Carithers T, Bertoni AG, et al. Physical activity, body mass index and waist circumference change, and normal-range glycated hemoglobin on incident diabetes: Jackson Heart Study. *Postgraduate Medicine*. 2017;129(8):842-8. <https://doi.org/10.1080/00325481.2017.1358065>
 21. Bragg F, Tang K, Guo Y, Iona A, Du H, Holmes MV, et al. Associations of general and central adiposity with incident diabetes in Chinese men and women. *Diabetes Care*. 2018;41(3):494-502. <https://doi.org/10.2337/dc17-1852>
 22. Nazari M, Hashemi NS, Zayeri F, Gholampour DM, Akbarzadeh BA. Estimating transition probability of different states of type 2 diabetes and its associated factors using Markov model. *Primary Care Diabetes*. 2018;12(3):245-53. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2018.01.004>
 23. Lee SJ, Kim KY, Kim MG, Nam HM, Bae SG. Factors associated with impaired fasting glucose by obesity status of non-diabetic adults. *Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2017;18(6):180-6. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.6.180>
 24. American Diabetes Association (ADA). Standards of medical care in diabetes—2017 abridged for primary care providers. *Clinical diabetes: A publication of the American Diabetes Association*. 2017;35(1):5-26. <https://doi.org/10.2337/cd16-0067>
 25. Bell JA, Kivimaki M, Hamer M. Metabolically healthy obesity and risk of incident type 2 diabetes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews*. 2014;15(6):504-15. <https://doi.org/10.1111/obr.12157>
 26. Arnlov J, Sundstrom J, Ingelsson E, Lind L. Impact of BMI and the metabolic syndrome on the risk of diabetes in middle-aged men. *Diabetes Care*. 2011;4(1):61-5. <https://doi.org/10.2337/dc10-0955>
 27. Kang N, Chen G, Tu R, Liao W, Liu X, Dong X, et al. Adverse associations of different obesity measures and the interactions with long-term exposure to air pollutants with prevalent type 2 diabetes mellitus: The Henan Rural Cohort study. *Environmental Research*. 2022;207:112640. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112640>
 28. McGuire DK, Van de Werf F, Armstrong PW, Standl E, Koglin J, Green JB, et al. Association between sitagliptin use and heart failure hospitalization and related outcomes in type 2 diabetes mellitus: Secondary analysis of a randomized clinical trial. *JAMA Cardiology*. 2016;1(2):126-35. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.0103>
 29. Park SY, Lee SW, Lee HS, Shim KW, Byun AR, Kwon YE. Effects of intermittent leisure time physical activity on glycemic control in Korean adult men with diabetes and prediabetes. *Korean Journal of Family Practice*. 2019;9(1):29-35. <https://doi.org/10.21215/kjfp.2019.9.1.29>
 30. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Galofré JC, Escalada J, Santos S, Gil MJ, et al. Body adiposity and type 2 diabetes: Increased risk with a high body fat percentage even having a normal BMI. *Obesity*. 2011;19(7): 1439-44. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.36>