

원저

복부 지방의 분포와 경동맥 죽상동맥경화증의 연관성

김수진¹, 권혁태^{1,2}, 김하진^{1,2}, 윤재문^{1,2}

¹서울대학교병원 가정의학과, ²서울대학교 의과대학 가정의학교실

Associations of Abdominal Fat Distribution with Carotid Atherosclerosis

Su Jin Kim¹, Hyuktae Kwon^{1,2}, Ha Jin Kim^{1,2}, Jae Moon Yun^{1,2}

¹Department of Family Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, ²Department of Family Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Adipose tissue, carotid intima-media thickness (CIMT), and carotid plaque (CP) are predictors of cardiovascular disease. However, previous studies examining the associations of visceral fat area (VFA) or subcutaneous fat area (SFA) with CIMT or CP have reported inconsistent results. We investigated the associations of computed tomography-derived adipose tissue distribution (VFA, SFA, and the VFA/SFA ratio), as well as body mass index (BMI) and waist circumference (WC), with carotid atherosclerosis, increased CIMT (≥ 1.0 mm), and CP.

Methods: A total of 1,502 men and 1,290 women who underwent comprehensive health examinations between 2020 and 2024 were included. Sex-specific associations of VFA, SFA, the VFA/SFA ratio, BMI, and WC with carotid atherosclerosis-related outcomes were evaluated using multivariable logistic regression models adjusted for age, lifestyle factors, serum uric acid levels, metabolic comorbidities, and menopausal status (in women). Additionally, age-stratified subgroup analyses were performed by categorizing participants into < 60 and ≥ 60 years.

Results: The mean age of participants was 60 years. Carotid atherosclerosis was present in 68.04% of men and 55.04% of women. Among men, each 0.1-unit increase in the VFA/SFA ratio was positively associated with carotid atherosclerosis (odds ratio [OR] 1.037; 95% confidence interval [CI], 1.001 to 1.075) and CP (OR 1.037; 95% CI, 1.001 to 1.075). In women, WC was positively associated with increased CIMT (OR 1.041; 95% CI, 1.004 to 1.078), mainly among those aged ≥ 60 years.

Conclusion: Our findings suggest sex- and age-specific associations between adiposity measures and carotid atherosclerosis-related outcomes, providing insights into the relationship between fat distribution and vascular health.

Keywords: Carotid artery diseases, Intra-abdominal fat, Subcutaneous fat, Waist circumference, Body mass index

Received February 26, 2026

Revised April 14, 2026

Accepted June 2, 2026

Corresponding author

Jae Moon Yun

Department of Family Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, 103 Daehakro, Yeongun-dong, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea

Tel: +82-2-2072-0847

E-mail: Jaemoon2@snu.ac.kr

서론

비만은 전 세계적 공중보건 위기로 인식되고 있으며, 유병률이 1990년 이후 두 배 이상 증가하여 2022년 전 세계 인구 8명 중 1명이 비만 상태인 것으로 보고되었다.¹ 비만은 비감염성 질환의 예방 가능한 주요 위험 요인으로 간주되어 왔다. 2024년 국제 질병부담 연구(Global Burden of Disease study)에 따르면, 높은 체질량지수(body mass index, BMI)는 대표적인 네 가지 비감염성 질환(암, 뇌졸중, 관상동맥 질환, 당뇨병)으로 인한 사망의 5–42%에 기여하는 것으로 보고되었다.² BMI는 임상에서 널리 사용되는 비만 진단 지표이지만, 체지방의 분포와 정도를 평가하는 데에는 한계가 있다. 복부(중심성) 비만은 아시아인에서, 특히 2형 당뇨병의 발생 위험 예측에 있어, BMI보다 더 우수한 예측인자로 여겨졌고,^{3,4} 특히 내장지방은 심혈관 위험과 밀접한 관련이 있는 지표로 인식되어 왔다.^{5,6}

심혈관 질환은 전 세계적 사망의 주요 원인으로, 주요 병태생리적 기전은 동맥경화이며, 이는 비만과 관련된 다양한 기전에 의해 촉진되는 것으로 알려져 있다.^{7,8} 경동맥은 해부학적으로 표재부에 위치하므로 관상동맥에 비해 영상 검사를 수행하기가 상대적으로 용이하다.^{7,9} 22,683명을 포함한 89개 연구를 분석한 체계적 문헌고찰 및 메타분석에 따르면, 경동맥 내중막두께(carotid intima-media thickness, CIMT)는 관상동맥질환의 중증도와 중등도의 상관관계를 보였다. 그리고 CIMT ≥ 1.0 mm (민감도 77%, 특이도 72%, 정확도 76%)은 유의한 관상동맥질환을 예측하는 데 있어 경동맥 죽상경화반(carotid plaque)의 존재(민감도 80%, 특이도 67%, 정확도 73%)보다 더 우수한 예측 인자로 보고되었다.^{7,9} 반면, 54,336명을 포함한 11개 연구를 분석한 메타분석은 경동맥 죽상경화반이 경동맥 내중막두께보다 미래 관상동맥질환 사건 예측에 있어 더 높은 진단 정확도를 보임을 보고하였다(곡선 아래 면적 0.64 vs. 0.61, 상대 진단 승산비 1.35; 신뢰구간 1.10–1.82).¹⁰

한 연구에 따르면, 18–65세의 무증상 성인에서도 경동맥 죽상동맥경화증은 전 연령대에 걸쳐 약 23%의 유병률로 비교적 흔하게 관찰되었으며, 남성 및 연령 증가와 함께 유병률이 증가하는 경향을 보였다. 이는 잠재적인 죽상경화성 병변이 상당수 존재할 수 있음을 의미하며, 조기 예방 및 관리의 중요성을 시사한다고 볼 수 있겠다.¹¹

대부분의 기존 연구는 주로 제2형 당뇨병 환자 또는 남성만을 대상으로 한 경우가 많았고, 일부 연구만이 경동맥 내중막두께와 경동맥 죽상경화반을 동시에 평가했고,^{12–16} 다수의 연구는 이 중 하나만을 분석하였다.^{17–22} 또한, 내장지방 두께를 초음파로 평가한 경우가 많았고,^{12–14,17,18} 일부는 내장지방 면적을 생체전기저항분석법(bioelectrical impedance analysis, BIA)^{23,24}, 전산화 단층촬영(Computed Tomography, CT)^{15,19,20} 및 자기공명영상검사(Magnetic Resonance Imag-

ing, MRI)^{16,21,22}로 평가하였다. 내장지방면적을 측정하는 표준 검사법은 CT와 MRI이지만, 비용과 접근성 등의 이유로 CT가 임상에서 더 흔히 사용된다. 반면, 초음파는 검사자 의존적이며, 특히 비만한 대상자에서는 재현성이 낮다는 한계가 있어 주의가 필요하다. 그리고 대부분의 연구가 주로 내장지방에 대해 다루었고, 일부 연구가 피하 지방을 다루었으며, 결과는 각기 상이하였다.^{14,16,20,21,24,25}

이에, 본 연구에서는 체질량지수, 허리둘레(waist circumference, WC)와 같은 기존 비만 지표와 CT로 측정된 내장지방 면적(visceral fat area, VFA), 피하지방 면적(subcutaneous fat area, SFA) 및 내장지방 대 피하지방 비율(visceral-to-subcutaneous fat ratio, VSR)을 동시에 고려하여, 이들 비만 지표와 경동맥 죽상동맥경화증(평균 경동맥 내중막두께 ≥ 1.0 mm 또는 경동맥 죽상경화반의 존재)^{7,26,27} 과의 관련성을 한국인 성인에서 평가하고, 경동맥 내중막두께의 증가와 경동맥 죽상경화반에 대해서도 각각 독립적인 결과로 분석하고자 하였다.

방법

1. 연구 대상자

2020년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지 서울대학교병원 건강검진센터에서 건강검진을 받은 수검자 중에서 설문 조사, 신체 계측, 혈액 검사, 복부 지방 CT 및 경동맥 초음파 검사를 모두 시행한 3,618명을 연구 대상으로 고려했다. 이 중 내장지방 면적 또는 피하지방 면적(22명), 생활습관 관련 설문 조사(399명), 혈압 측정(26명), 허리둘레(33명), 혈액검사(76명)에 대해 결측이 있는 경우를 제외하였다. 그리고 설문 조사를 통해 기존에 협심증 또는 심근경색 및 뇌졸중을 진단 받은 경우(270명)도 제외하였다. 이에 최종 분석 대상자는 총 2,792명이었으며, 이 중 남성은 1,502명, 여성 1,290명이었다(그림 1). 본 연구는 서울대학교병원 임상연구심의위원회의 승인을 받아 시행했으며(IRB No. E-2510-026-1681), 가명 처리된 데이터만 받아 수행한 연구로 심의 면제를 받았다.

2. 복부지방 분포의 측정

복부 지방 분포는 똑바로 누운 상태에서 L4–5 수준(배꼽 부위)에서 촬영한 복부 지방 컴퓨터단층촬영(SOMATOM Force, Siemens, Munich, Germany) 영상을 이용하여 평가하였다. 표준화된 소프트웨어를 이용하여 촬영된 영상으로부터 총 복부 지방 면적을 산출하였으며, 이를 내장지방 면적 및 피하지방 면적으로 구분하였다. 이후 내장지방 면적을 피하지방 면적으로 나눈 내장지방 대 피하지방 비율을 계

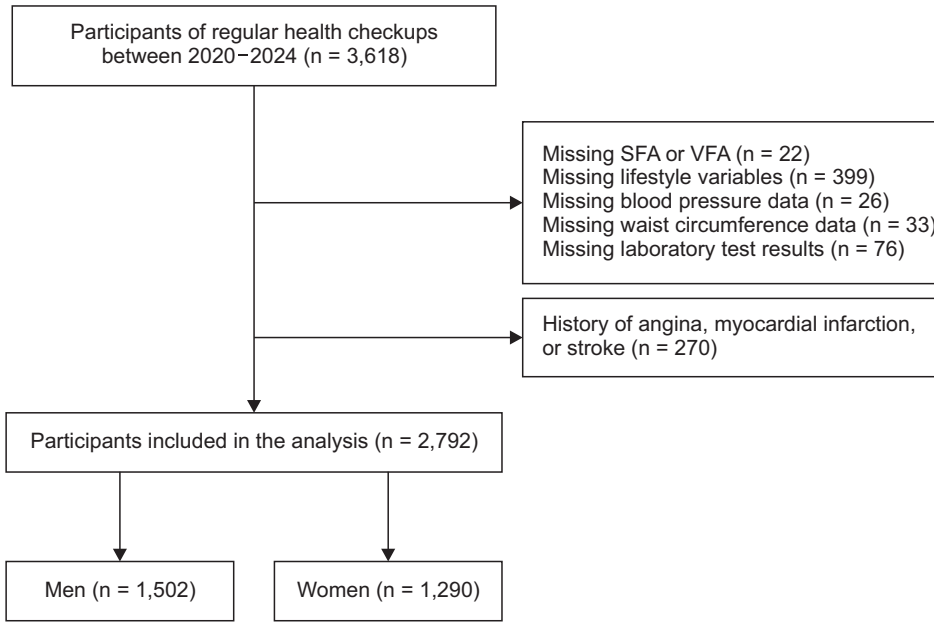


그림 1. Flowchart of participant selection. Abbreviations: SFA, subcutaneous fat area; VFA, visceral fat area.

산하였다. 모든 지방 면적 값은 mm² 단위로 산출된 값을 100으로 나누어 cm² 단위로 변환했다.

3. 경동맥 죽상동맥경화증의 측정

경동맥 죽상동맥경화증은 원위부 총경동맥에서 분지 직전 10 mm 구간에서 측정된 평균 경동맥 내중막두께가 1.0 mm 이상으로 증가되어 있거나, 경동맥 죽상경화반이 존재하는 경우로 정의하였다. 이때 경동맥 죽상경화반의 존재는 내중막두께가 1.5 mm를 초과하거나, 주위 내중막두께보다 0.5 mm 이상 또는 50% 이상 동맥 내강으로 돌출된 경우를 의미한다. 경동맥 초음파 검사는 숙련된 검사자에 의해 도플러 초음파 기기(LOGIQ E10, GE Healthcare, Chicago, IL, USA; EPIQ 7G, Philips, Amsterdam, Netherlands)를 사용하여 측정했으며, 좌측 또는 우측 경동맥 중 어느 한쪽이라도 해당 기준을 만족하는 경우 경동맥 죽상동맥경화증이 있다고 판정하였다.^{7,26,27}

4. 변수의 측정 및 정의

건강검진 수검자는 설문 조사를 통해 과거 병력과 생활 습관에 대해 응답하였다. 흡연과 음주력은 각각 비흡연자, 과거 흡연자, 현재 흡연자와 비음주자, 과거 음주자, 현재 음주자로 분류하였다. 신체활동 수준은 강도별 신체 활동의 빈도 및 지속 시간을 조사하여 평가하였다. 충분한 신체활동은 중강도 유산소 주간 150분 이상 또는 고강도 주간 75분 이상 또는 이에 상응하는 조합을 충족한 경우로 정의했고, 이를

만족하지 못할 경우 불충분한 신체활동으로 분류했다.²⁸ 여성 수검자의 경우 폐경 여부와 함께 폐경의 원인, 치료에 대해 추가로 설문 조사를 시행했다. 신체 계측은 훈련된 간호 인력이 키, 체중, 허리둘레를 표준화된 방법으로 측정했고, Inbody 770을 통한 체성분 분석을 보조하여 시행하였다. 혈압은 최소 5분 이상 안정을 취한 후, 앉은 자세에서 자동 혈압계를 이용하여 상완에서 측정했다. 수축기 혈압과 이완기혈압을 최소 1분 간격으로 두 차례 측정했으며, 분석에는 두 측정값의 평균값을 사용하였다. 혈액 검사는 최소 8시간 이상의 하룻밤 공복 상태에서 정맥 채혈을 통해 시행하였다. 측정 항목으로는 총콜레스테롤(total cholesterol, TC), 중성지방(triglyceride, TG), 고밀도지단백 콜레스테롤(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C), 저밀도지단백 콜레스테롤(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C), 공복혈당(fasting blood sugar, FBS), 당화혈색소(hemoglobin A1c, HbA1c), 요산(uric acid), 그리고 C-반응단백(C-reactive protein, CRP)을 포함하였다. CRP는 0.5 mg/dL를 초과한 경우 상승된 것으로 정의했다. 고혈압은 설문 조사를 통해 확인된 병력이 있거나, 검진 시 2회 측정된 혈압의 평균에서 수축기 혈압 ≥ 140 mmHg 또는 이완기 혈압이 ≥ 90 mmHg로 정의했다.²⁹ 이상지질혈증은 병력이 있거나, 혈액검사에서 TC ≥ 240 mg/dL 또는 LDL ≥ 160 mg/dL 또는 HDL-C < 40 mg/dL 또는 TG ≥ 200 mg/dL인 경우로 정의했다.³⁰ 당뇨병은 병력이 있거나 동시에 시행한 혈액검사에서 FBS ≥ 126 mg/dL이면서 HbA1c $\geq 6.5\%$ 인 경우로 정의했다.³¹

5. 통계 분석 방법

연구 대상자의 기본 특성은 범주형 변수의 경우 카이제곱 검정을, 연속형 변수의 경우 t-검정을 사용하여 비교하였다. 결과 변수는 경동맥 죽상동맥경화증, 경동맥 죽상동맥경화반, 경동맥 내중막두께의 증가 여부로 정의했으며, 각각에 대해 다중 로지스틱 회귀분석을 시행하였다. 설명 변수로는 내장지방 면적, 피하지방 면적, 내장지방 대 피하지방 비율과 함께 체질량지수, 허리둘레를 포함하여 비교하였다. 내장지방 면적과 피하지방 면적은 각각 10 cm² 증가당 효과 크기로, 내장지방 대 피하지방 비율은 0.1 증가당 효과 크기로 환산하여 분석하였다. 또한 성별에 따른 차이를 고려하여 모든 분석은 남성과 여성으로 구분하여 시행하였다. 공변량은 기존 문헌^{7,32,33}과 본 연구 대상자의 특성을 토대로 선정하였다. 연령, 흡연 상태, 음주 상태, 신체활동 수준, 혈중 요산 농도, 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증을 포함하였으며, 여성의 경우 폐경 여부를 추가로 보정하였다. Crude model (비보정 모델)은 보정하지 않았으며, Adjusted model (보정 모델)은 연령, 흡연 상태, 음주 상태, 불충분한 신체활동 여부, 혈중 요산 농도, 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증, 그리고 여성의 경우 폐경 여부를 추가로 보정하였다. 연령에 따른 하위군 분석은 연구 대상자의 연령 평균값 및 중앙값을 고려하여, 60세 미만과 이상으로 군을 나누었으며, 연령을 제외한 동일한 변수들로 보정하였다. 비만 지표의 판별력은 수신자 조작 특성(Receiver operating characteristic, ROC) 곡선과 해당 곡선 아래 면적(Area under the ROC curve, AUC)을 이용하여 평가하였다.^{34,35} 통계 분석은 STATA version 18.0 (StataCorp, College Station, TX, USA)을 사용하여 수행하였으며, P-value <0.05 인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

1. 연구대상자의 특성

연구 대상자를 성별 및 경동맥 죽상동맥경화증 유무에 따라 구분하여 비교하였다(표 1). 남성 1,502명 중 1,022명(68.04%) 및 여성 1,290명 중 710명(55.04%)에서 경동맥 죽상동맥경화증이 관찰되었다. 평균 연령은 남성 60.23세, 여성 60.76세였고, 경동맥 죽상동맥경화증이 있는 경우, 남성(62.55 ± 8.44세 vs. 55.29 ± 10.31세) 및 여성(63.43 ± 7.74세 vs. 57.48 ± 8.79세) 모두에서 연령이 유의하게 높았다. 평균 체질량지수는 남성 24.73, 여성 22.85였다. 경동맥 죽상동맥경화증이 있는 군에서 남성은 체질량지수, 피하지방 면적이 낮았고, 내장지방 대 피하지방 비율은 높았다. 반면 여성에서는 허리둘레, 내장지방 면적, 내장지방 대 피하지방 비율이 유의하게 높았다. 또한,

연구 대상자를 성별 그리고 경동맥 죽상경화반(표 S1) 및 경동맥 내중막 두께 증가(표 S2)에 따라 나누어 비교하였다. 경동맥 죽상경화반은 남성 1,013명(67.44%), 여성 702명(54.42%)에서, 경동맥 내중막 두께 증가는 남성 126명(8.39%), 여성 51명(3.95%)에서 관찰되었다.

2. 복부 지방 분포와 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표와의 연관성

복부 지방 분포와 경동맥 죽상동맥경화증, 경동맥 죽상경화반 그리고 경동맥 내중막두께 증가와의 연관성을 성별로 나누어 분석하였다(표 2, 그림 2). 비만 지표로는 내장지방 면적, 피하지방 면적, 그리고 내장지방 대 피하지방 비율 각각 연속형 변수로 모델에 포함했고, 지방 면적은 10 cm² 증가당, 내장지방 대 피하지방 비율은 0.1 증가당의 오즈비로 산출하였다.

여성에서는 내장 및 피하지방 면적과 내장지방 대 피하지방 비율이 일부 보정하지 않은 모델에서 유의한 연관성을 보였으나, 공변량을 보정한 후에는 유의한 연관성을 갖지 않았다. 남성에서 내장지방 대 피하지방 비율은 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반과 일관된 양의 연관성을 보였고, 오즈비는 1.037 (1.001–1.075), 1.037 (1.001–1.075)이었다. 내장지방 면적은 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반과 유의한 연관성을 보이지 않았다. 반면, 피하지방 면적은 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반과 음의 연관성을 보였고, 보정 모델에서의 오즈비는 각각 0.981 (0.963–1.000), 0.979 (0.961–0.998)였다. 그러나 대사질환 변수에 의한 과보정 여부를 평가하기 위한 추가분석에서, 고혈압, 이상지질혈증 및 당뇨병을 제외하여 보정한 모델에서는 오즈비 각각 0.992 (0.974–1.010), 0.990 (0.973, 1.008)으로 나타나 유의한 연관성이 관찰되지 않았다(표 S3). 또한, 내장지방 면적과 피하지방 면적을 동일 모델에 동시에 포함한 분석에서도 오즈비 0.981 (0.961, 1.002), 0.980 (0.959, 1.001)으로 피하지방 면적의 음의 연관성이 약화되어 경계선 수준의 유의성을 보였다(표 S4).

3. 체질량지수, 허리둘레와 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표의 연관성

체질량지수와 허리둘레에 대해서도 경동맥 죽상동맥경화증, 경동맥 죽상경화반 및 경동맥 내중막두께 증가와의 연관성을 성별에 따라 분석하였다(표 3, 그림 3). 남성에서는 허리둘레가 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반과 음의 연관성을 보였고, 보정 모델에서의 오즈비는 각각 0.985 (0.971–0.999)와 0.983 (0.969–0.997)이었다. 여성에서는 허리둘레와 경동맥 내중막두께 증가가 보정 모델에서의 오

표 1. Baseline characteristics of participants according to sex and carotid atherosclerosis

	Men			P-value
	Overall (n = 1,502)	Carotid atherosclerosis (-) (n = 480)	Carotid atherosclerosis (+) (n = 1,022)	
Age (years)	60.23 (9.68)	55.29 (10.31)	62.55 (8.44)	<0.001
Height (cm)	170.24 (5.93)	171.52 (6.07)	169.63 (5.76)	<0.001
Weight (kg)	71.85 (11.44)	74.01 (13.02)	70.83 (10.47)	<0.001
BMI (kg/m ²)	24.73 (3.22)	25.07 (3.54)	24.57 (3.05)	0.006
WC (cm)	89.41 (8.85)	90.06 (9.88)	89.10 (8.31)	0.050
VFA (cm ²)	140.89 (64.09)	138.54 (67.14)	141.99 (62.61)	0.331
SFA (cm ²)	160.47 (70.17)	173.34 (83.10)	154.43 (62.32)	<0.001
VSR	0.92 (0.46)	0.83 (0.32)	0.97 (0.51)	<0.001
SBP (mmHg)	130.63 (15.32)	128.97 (15.42)	131.41 (15.22)	0.004
DBP (mmHg)	77.97 (10.26)	78.57 (10.62)	77.69 (10.09)	0.122
Hypertension	821 (54.66)	222 (27.04)	599 (72.96)	<0.001
Dyslipidemia	970 (64.58)	280 (28.87)	690 (71.13)	0.001
Diabetes mellitus	343 (22.84)	81 (23.62)	262 (76.38)	<0.001
Postmenopausal state	-	-	-	-
Smoking status				0.016
Never smoker	416 (27.70)	152 (36.54)	264 (63.46)	
Former smoker	722 (48.07)	206 (28.53)	516 (71.47)	
Current smoker	364 (24.23)	122 (33.52)	242 (66.48)	
Alcohol consumption				0.018
Never drinker	330 (21.97)	95 (28.79)	235 (71.21)	
Former drinker	207 (13.78)	53 (25.60)	154 (74.40)	
Current drinker	965 (64.25)	332 (34.40)	633 (65.60)	
Inadequate exercise	622 (41.41)	201 (32.32)	421 (67.68)	0.803
TC (mg/dL)	189.02 (43.94)	195.84 (40.84)	185.81 (44.98)	<0.001
TG (mg/dL)	118.57 (74.91)	121.40 (74.66)	117.24 (75.03)	0.316
HDL (mg/dL)	50.55 (11.65)	50.75 (12.13)	50.45 (11.42)	0.636
LDL (mg/dL)	120.99 (43.45)	128.07 (40.81)	117.67 (44.27)	<0.001
FBS (mg/dL)	102.93 (21.57)	100.09 (17.15)	104.27 (23.25)	0.001
HbA1c (%)	5.80 (0.79)	5.63 (0.64)	5.87 (0.84)	<0.001
Uric acid (mg/dL)	5.98 (1.30)	6.11 (1.41)	5.91 (1.24)	0.006
Elevated CRP	88 (5.86)	34 (38.64)	54 (61.36)	0.166

Data are shown as mean (standard deviation) for continuous variables and as frequency (percentage) for categorical variables.

Elevated CRP was defined as >0.5 mg/dL.

Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; VFA, visceral fat area; SFA, subcutaneous fat area; VSR, visceral-to-subcutaneous fat ratio; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; LDL, low-density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood sugar; HbA1c, glycated hemoglobin; CRP, C-reactive protein.

즈비 1.032 (1.000–1.066)로 양의 연관성을 보였으나, 통계적 유의성은 경계적이었다.

4. 대사질환 변수 보정 여부에 따른 비만 지표와 경동맥 죽상 동맥경화증 관련 지표의 연관성

기존 모델과 대사질환 변수(고혈압, 이상지질혈증, 당뇨병)를 제외한 모델을 비교한 결과, 전반적인 연관성의 방향은 대체로 유지되었으나, 보정 변수 구성에 따라 일부 연관성의 통계적 유의성에는 차이가 있었

표 1. Baseline characteristics of participants according to sex and carotid atherosclerosis (continued)

	Women			P-value
	Overall (n = 1,290)	Carotid atherosclerosis (-) (n = 580)	Carotid atherosclerosis (+) (n = 710)	
Age (years)	60.76 (8.74)	57.48 (8.79)	63.43 (7.74)	<0.001
Height (cm)	157.59 (5.50)	158.09 (5.61)	157.19 (5.38)	0.003
Weight (kg)	56.75 (9.11)	56.61 (9.20)	56.87 (9.04)	0.604
BMI (kg/m ²)	22.85 (3.47)	22.65 (3.44)	23.02 (3.49)	0.056
WC (cm)	80.56 (9.60)	79.38 (9.26)	81.53 (9.76)	<0.001
VFA (cm ²)	100.73 (64.99)	95.13 (71.28)	105.31 (59.02)	0.005
SFA (cm ²)	192.87 (87.75)	189.12 (75.25)	195.93 (96.72)	0.166
VSR	0.52 (0.24)	0.49 (0.21)	0.55 (0.27)	<0.001
SBP (mmHg)	126.28 (17.36)	123.16 (16.70)	128.82 (17.48)	<0.001
DBP (mmHg)	75.08 (10.85)	74.21 (10.72)	75.79 (10.92)	0.009
Hypertension	561 (43.49)	205 (36.54)	356 (63.46)	<0.001
Dyslipidemia	816 (63.26)	328 (40.20)	488 (59.80)	<0.001
Diabetes mellitus	143 (11.09)	36 (25.17)	107 (74.83)	<0.001
Postmenopausal state	1,268 (98.29)	576 (45.43)	692 (54.57)	0.011
Smoking status				0.432
Never smoker	1,198 (92.87)	535 (44.66)	663 (55.34)	
Former smoker	54 (4.19)	24 (44.44)	30 (55.56)	
Current smoker	38 (2.94)	21 (55.26)	17 (44.74)	
Alcohol consumption				<0.001
Never drinker	768 (59.53)	310 (40.36)	458 (59.64)	
Former drinker	130 (10.08)	58 (44.62)	72 (55.38)	
Current drinker	392 (30.39)	212 (54.08)	180 (45.92)	
Inadequate exercise	659 (51.09)	303 (45.98)	356 (54.02)	0.453
TC (mg/dL)	202.98 (43.63)	207.83 (41.11)	199.02 (45.24)	<0.001
TG (mg/dL)	91.14 (48.74)	91.94 (51.97)	90.49 (45.96)	0.596
HDL (mg/dL)	61.24 (14.31)	62.07 (14.18)	60.57 (14.39)	0.063
LDL (mg/dL)	126.75 (42.53)	131.31 (40.04)	123.03 (44.14)	0.001
FBS (mg/dL)	96.43 (18.97)	93.68 (16.35)	98.67 (20.60)	<0.001
HbA1c (%)	5.67 (0.65)	5.55 (0.58)	5.76 (0.68)	<0.001
Uric acid (mg/dL)	4.80 (1.07)	4.80 (1.02)	4.80 (1.11)	0.878
Elevated CRP	54 (4.19)	23 (42.59)	31 (57.41)	0.721

Data are shown as mean (standard deviation) for continuous variables and as frequency (percentage) for categorical variables.

Elevated CRP was defined as >0.5 mg/dL.

Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; VFA, visceral fat area; SFA, subcutaneous fat area; VSR, visceral-to-subcutaneous fat ratio; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; LDL, low-density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood sugar; HbA1c, glycated hemoglobin; CRP, C-reactive protein.

다. 남성에서 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반에 대한 내장지방 대 피하지방 비율은 대사질환 변수 보정 여부와 관계없이 일관된 양의 연관성을 보였다. 반면, 허리둘레의 음의 연관성은 대사질환 변수를 제외한 모델에서 통계적으로 유의하지 않았다. 여성에서는 허리둘레와 경동맥 내중막두께 간의 양의 연관성이 대사질환 변수를 제외한 모델에서는 유의하였으나, 추가 보정한 이후에는 경계선 수준의

유의성을 보였다(표 S3, S5).

5. 연령에 따른 층화 분석

성별에 따른 연구 대상자의 연령 분포는 그림 S1을 통해 제시하였다. 연령의 평균(남성: 60.23세; 여성: 60.76세) 및 중앙값(남성: 61세;

Table 2. Association between abdominal fat distribution and carotid atherosclerosis-related outcomes

	Men				Women			
	Crude model		Adjusted model		Crude model		Adjusted model	
	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value
Carotid atherosclerosis								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.009 (0.991, 1.026)	0.331	0.990 (0.971, 1.010)	0.307	1.029 (1.009, 1.050)	0.005	0.994 (0.974, 1.015)	0.576
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.963 (0.947, 0.978)	<0.001	0.981 (0.963, 1.000)	0.049	1.009 (0.996, 1.023)	0.170	1.000 (0.987, 1.014)	0.986
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.108 (1.072, 1.146)	<0.001	1.037 (1.001, 1.075)	0.045	1.014 (1.051, 1.160)	<0.001	1.000 (0.948, 1.055)	0.998
Carotid plaque								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.008 (0.991, 1.025)	0.381	0.989 (0.970, 1.008)	0.244	1.026 (1.006, 1.047)	0.010	0.992 (0.971, 1.013)	0.439
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.962 (0.947, 0.978)	<0.001	0.979 (0.961, 0.998)	0.030	1.007 (0.994, 1.021)	0.266	0.998 (0.985, 1.012)	0.801
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.107 (1.071, 1.144)	<0.001	1.037 (1.001, 1.075)	0.041	1.104 (1.051, 1.160)	<0.001	1.000 (0.948, 1.054)	0.991
Increased (≥1.0 mm) carotid intima-media thickness								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.030 (1.003, 1.057)	0.028	1.016 (0.986, 1.046)	0.298	1.030 (1.003, 1.058)	0.029	1.014 (0.976, 1.053)	0.481
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.991 (0.964, 1.019)	0.539	1.004 (0.973, 1.036)	0.796	1.017 (0.996, 1.039)	0.107	1.011 (0.985, 1.038)	0.409
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.036 (1.003, 1.069)	0.031	1.009 (0.978, 1.040)	0.579	1.081 (0.985, 1.186)	0.102	0.983 (0.875, 1.104)	0.772

Values are presented as odds ratios (95% confidence intervals), P-values.

Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥1.0 mm.

Adjusted model: adjusted for age, smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, diabetes mellitus, and menopausal state in women.

Abbreviation: OR, odds ratio.

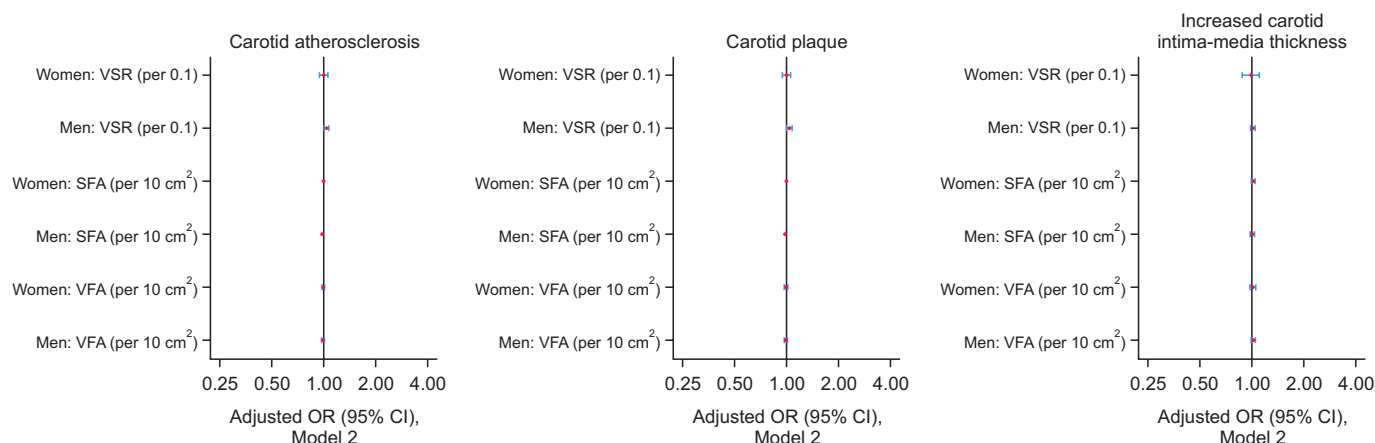


그림 2. Sex-specific associations of visceral fat area, subcutaneous fat area, and visceral-to-subcutaneous fat ratio with carotid atherosclerosis-related outcomes. Forest plots showed adjusted odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) for carotid atherosclerosis, carotid plaque, and increased carotid intima-media thickness according to visceral fat area (VFA), subcutaneous fat area (SFA), and visceral-to-subcutaneous fat ratio (VSR). Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥ 1.0 mm. All estimates are derived from the adjusted model, which included age, smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, diabetes mellitus, with additional adjustment for menopausal status in women.

표 3. Association between body mass index, waist circumference, and carotid atherosclerosis-related outcomes

	Men				Women			
	Crude model		Adjusted model		Crude model		Adjusted model	
	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value
Carotid atherosclerosis								
Body mass index	0.954 (0.923, 0.987)	0.006	0.975 (0.937, 1.015)	0.224	1.032 (0.999, 1.065)	0.056	0.988 (0.952, 1.026)	0.529
Waist circumference	0.988 (0.976, 1.000)	0.051	0.985 (0.971, 0.999)	0.040	1.024 (1.012, 1.036)	<0.001	1.001 (0.988, 1.015)	0.852
Carotid plaque								
Body mass index	0.951 (0.920, 0.983)	0.003	0.969 (0.931, 1.008)	0.117	1.024 (0.992, 1.058)	0.137	0.979 (0.943, 1.016)	0.265
Waist circumference	0.987 (0.975, 0.999)	0.034	0.983 (0.969, 0.997)	0.021	1.022 (1.010, 1.033)	<0.001	0.998 (0.984, 1.012)	0.763
Increased (≥ 1.0 mm) carotid intima-media thickness								
Body mass index	1.018 (0.963, 1.075)	0.533	1.038 (0.975, 1.106)	0.245	1.107 (1.034, 1.186)	0.003	1.070 (0.985, 1.162)	0.111
Waist circumference	1.014 (0.994, 1.034)	0.172	1.011 (0.988, 1.035)	0.346	1.053 (1.026, 1.082)	<0.001	1.032 (1.000, 1.066)	0.050

Values are presented as odds ratios (95% confidence intervals), P-values.

Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥ 1.0 mm.

Adjusted model: adjusted for age, smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, and diabetes mellitus in men; adjusted for age, smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, diabetes mellitus, and menopausal state in women.

Abbreviation: OR, odds ratio.

여성: 61세)을 고려하여, 60세 미만과 이상으로 그룹을 나누었고, 이에 따른 층화 분석을 통해 남성(표 4)과 여성(표 5)에서 비만 지표와 경동맥 죽상동맥경화 지표 사이의 연관성을 평가하였다.

여성은 60세 이상 그룹에서 허리둘레가 경동맥 내중막두께 증가와 유의한 양의 연관성을 보였고, 오즈비는 1.041 (1.004–1.078)이었다. 남성에서 내장지방 대 피하지방 비율은 60세 미만 및 60세 이상 두 그룹 모두에서 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반에 대해 전체 모델에 대해 유의한 양의 연관성을 보였다. 60세 미만의 보정 모델에서의 오즈비는 각각 1.081 (1.026–1.140), 1.086 (1.030–

1.144)이었으며, 60세 이상의 보정 모델에서 오즈비는 1.053 (1.005–1.103), 1.049 (1.003–1.098)였다. 내장지방 면적은 60세 이상 남성에서 경동맥 내중막두께 증가와 1.039 (1.006–1.072)로 유의한 양의 연관성을 보였다. 반면, 피하지방 면적, 체질량지수 및 허리둘레는 60세 미만 남성에서 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상경화반과 음의 연관성을 보였다. 경동맥 죽상동맥경화증에 대한 오즈비는 순서대로 0.957 (0.934–0.980), 0.932 (0.885–0.981), 0.971 (0.953–0.990)이었으며, 경동맥 죽상동맥경화반에 대한 오즈비는 0.955 (0.932–0.978), 0.929 (0.883–0.978), 0.969

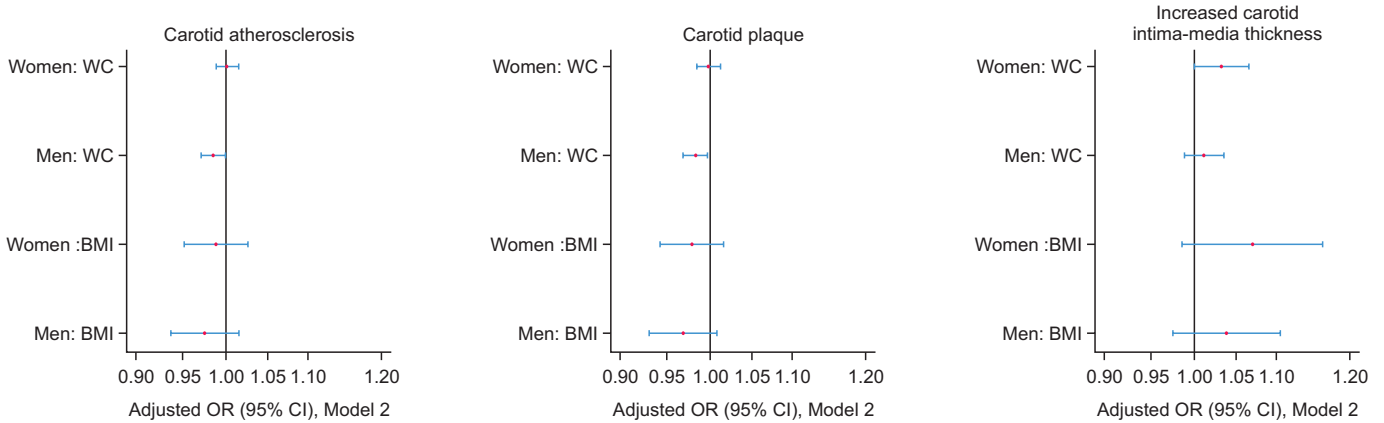


그림 3. Sex-specific associations of body mass index and waist circumference with carotid atherosclerosis-related outcomes. Forest plots showed adjusted odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) for carotid atherosclerosis, carotid plaque, and increased carotid intima-media thickness according to body mass index (BMI) and waist circumference (WC). Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥ 1.0 mm. All estimates are derived from the adjusted model, which included age, smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, diabetes mellitus, with additional adjustment for menopausal status in women.

(0.951–0.987)였다. 또한, 이러한 경향은 60세 미만 남성의 기술 통계에서도 유사하게 관찰되었다(표 S6, S7).

6. 복부 지방 분포, 체질량지수 및 허리둘레의 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표 판별력

비만 지표 5가지의 경동맥 죽상동맥경화증, 경동맥 죽상동맥경화반 및 경동맥 내중막두께 증가에 대한 판별력을 보정 모델에 대해 ROC 곡선 및 AUC를 통해 평가하였다(그림 S2). AUC 값은 모두 중등도($0.7 < AUC \leq 0.8$)로 확인되었고, 비만 지표들 사이에 큰 차이는 없었다.

고찰

본 연구는 2020–2024년 일개 대학병원 건강검진센터 수검자를 대상으로 한 단면 연구로, 복부 지방 분포 및 비만 지표와 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표 간의 연관성을 성별 및 연령에 따라 나누어 평가하였다. 대사질환 변수를 제외한 추가 분석은 해당 변수들이 인과 경로에 위치할 수 있어 과보정 여부를 평가하기 위해 시행되었다. 그 결과, 전반적인 연관성의 방향은 대체로 유지되었으나, 일부 변수에서는 보정 변수 구성에 따라 통계적 유의성에 차이가 있었다. 성별에 따른 분석에서 남성에서는 내장지방 대 피하지방 비율이 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상동맥경화반과 유의한 양의 연관성을 보였으며, 이러한 경향은 연령에 상관없이 관찰되었다. 이는 내장지방의 상대적 분포가 혈관 질환과 보다 밀접하게 관련될 수 있음을 시사한다. 반면, 피하지방 면적의 음의 연관성은 내장지방을 함께 보정한 분석에서 약화되어, 피하지방의 독립적인 보호 효과라기보다는 지방 분포의 차이를 반영한

결과로 해석될 수 있다. 허리둘레 또한 음의 연관성을 보였으며, 이는 주로 60세 미만에서 관찰되었다. 기술통계에서도 경동맥 죽상동맥경화증 및 경동맥 죽상동맥경화반이 있는 남성에서 내장지방 면적은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 내장지방 대 피하지방 비율은 높았고, 체질량지수, 허리둘레, 피하지방 면적은 오히려 낮았다. 또한 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증 및 흡연 등 주요 심혈관 위험요인의 유병률이 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 혈관 질환이 지방의 분포와 대사적 위험요인의 복합적인 영향에 의해 설명될 수 있음을 시사한다. 특히, 남성에서 주요 심혈관 위험요인의 유병률이 더 높게 나타난 점을 고려할 때, 이러한 위험요인들의 영향이 보다 진행된 병변인 죽상동맥경화반의 형태로 나타났을 가능성을 시사한다. 또한 한국인 제2형 당뇨병 남성을 대상으로 한 기존 연구에서도 정상 허리둘레이지만 내장지방이 많은 경우가 허리둘레는 증가되어있으나 내장지방이 적은 경우보다 더 높은 경동맥 내중막두께를 보여, 허리둘레가 지방 분포를 구분하지 못하는 한계를 시사하였다.¹⁷

여성에서는 허리둘레가 경동맥 내중막두께 증가와 양의 연관성을 보였으며, 이러한 연관성은 주로 60세 이상에서 유의하게 관찰되었다. 내장지방 면적은 공변량 보정 후 유의한 연관성을 보이지 않았다. 여성의 대부분이 폐경 이후 상태였다는 점을 고려할 때, 폐경에 따른 체지방 분포의 변화가 이러한 연관성에 일부 관여하여 보다 초기 병변인 평균 경동맥 내중막두께의 증가 단계에서 반영되었을 가능성을 시사한다. 다만 사건 수가 상대적으로 적어 해석에 주의가 필요하다.

또한 동일한 허리둘레를 가진 경우에도 성별, 연령, 폐경 등에 따른 체지방 분포의 차이로 인해 내장지방의 양은 개인 간 상당한 차이를 보일 수 있음이 보고된 바 있다.³⁵

본 연구 결과는 선행 연구들과도 대체로 일치하며, 내장지방과 피하

Table 4. Age-stratified associations between obesity indices and carotid atherosclerosis-related outcomes in men

	Men -age <60 years			Men -age ≥60 years		
	Crude model		Adjusted model	Crude model		Adjusted model
	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value
Carotid atherosclerosis						
Visceral fat area (per 10 cm ²)	0.992 (0.967, 1.017)	0.515	0.981 (0.955, 1.008)	0.159	1.027 (1.000, 1.054)	0.049
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.963 (0.942, 0.984)	0.001	0.957 (0.934, 0.980)	<0.001	0.997 (0.970, 1.024)	0.811
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.098 (1.043, 1.155)	<0.001	1.081 (1.026, 1.140)	0.003	1.069 (1.022, 1.119)	0.004
Body mass index	0.955 (0.912, 1.000)	0.049	0.932 (0.885, 0.981)	0.007	1.020 (0.964, 1.078)	0.495
Waist circumference	0.980 (0.964, 0.997)	0.022	0.971 (0.953, 0.990)	0.002	1.008 (0.989, 1.028)	0.393
Carotid plaque						
Visceral fat area (per 10 cm ²)	0.992 (0.967, 1.017)	0.512	0.980 (0.954, 1.007)	0.151	1.024 (0.998, 1.051)	0.069
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.961 (0.940, 0.982)	<0.001	0.955 (0.932, 0.978)	<0.001	0.997 (0.971, 1.024)	0.810
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.102 (1.047, 1.160)	<0.001	1.086 (1.030, 1.144)	0.002	1.065 (1.019, 1.114)	0.005
Body mass index	0.954 (0.911, 0.998)	0.042	0.929 (0.883, 0.978)	0.005	1.010 (0.956, 1.067)	0.729
Waist circumference	0.979 (0.962, 0.996)	0.014	0.969 (0.951, 0.987)	0.001	1.008 (0.988, 1.027)	0.444
Increased (≥1.0 mm) carotid intima-media thickness						
Visceral fat area (per 10 cm ²)	0.977 (0.910, 1.049)	0.519	0.939 (0.862, 1.023)	0.148	1.042 (1.011, 1.073)	0.007
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	1.005 (0.958, 1.055)	0.840	0.979 (0.923, 1.039)	0.485	1.008 (0.975, 1.042)	0.646
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	0.942 (0.822, 1.080)	0.391	0.930 (0.805, 1.075)	0.326	1.028 (0.996, 1.061)	0.088
Body mass index	1.017 (0.908, 1.139)	0.768	0.956 (0.836, 1.093)	0.509	1.059 (0.992, 1.131)	0.085
Waist circumference	1.013 (0.971, 1.056)	0.554	0.991 (0.945, 1.039)	0.710	1.022 (0.998, 1.047)	0.070

Values are presented as odds ratios (95% confidence intervals), P-value.

Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥1.0 mm.

Adjusted model: adjusted for smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, and diabetes mellitus.

Abbreviation: OR, odds ratio.

Table 5. Age-stratified associations between obesity indices and carotid atherosclerosis-related outcomes in women

	Women -age <60 years				Women -age ≥60 years			
	Crude model		Adjusted model		Crude model		Adjusted model	
	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value
Carotid atherosclerosis								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.012 (0.987, 1.037)	0.361	0.992 (0.966, 1.019)	0.565	1.017 (0.990, 1.045)	0.227	1.004 (0.975, 1.035)	0.778
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	1.007 (0.990, 1.024)	0.432	0.998 (0.981, 1.016)	0.830	1.009 (0.989, 1.030)	0.378	1.008 (0.987, 1.031)	0.451
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.084 (1.000, 1.176)	0.051	1.028 (0.942, 1.121)	0.537	1.049 (0.985, 1.117)	0.140	1.017 (0.951, 1.088)	0.615
Body mass index	1.009 (0.951, 1.059)	0.727	0.957 (0.906, 1.012)	0.124	1.033 (0.987, 1.081)	0.161	1.016 (0.967, 1.068)	0.536
Waist circumference	1.008 (0.990, 1.027)	0.379	0.990 (0.970, 1.011)	0.352	1.022 (1.005, 1.039)	0.009	1.017 (0.999, 1.035)	0.067
Carotid plaque								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.010 (0.985, 1.034)	0.471	0.990 (0.962, 1.017)	0.460	1.016 (0.989, 1.043)	0.251	1.002 (0.973, 1.032)	0.874
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	1.006 (0.990, 1.023)	0.502	0.997 (0.980, 1.015)	0.759	1.006 (0.986, 1.027)	0.548	1.005 (0.983, 1.027)	0.654
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.077 (0.993, 1.168)	0.074	1.021 (0.936, 1.114)	0.639	1.053 (0.989, 1.121)	0.109	1.020 (0.954, 1.091)	0.562
Body mass index	1.000 (0.952, 1.049)	0.973	0.947 (0.895, 1.001)	0.056	1.027 (0.982, 1.074)	0.248	1.008 (0.959, 1.059)	0.757
Waist circumference	1.005 (0.987, 1.023)	0.616	0.986 (0.966, 1.007)	0.189	1.020 (1.003, 1.037)	0.018	1.014 (0.996, 1.032)	0.126
Increased (≥1.0 mm) carotid intima-media thickness								
Visceral fat area (per 10 cm ²)	1.018 (0.977, 1.061)	0.393	1.004 (0.948, 1.064)	0.884	1.045 (1.004, 1.099)	0.034	1.024 (0.971, 1.079)	0.386
Subcutaneous fat area (per 10 cm ²)	0.999 (0.943, 1.059)	0.986	0.979 (0.905, 1.059)	0.599	1.044 (1.005, 1.085)	0.029	1.035 (0.994, 1.078)	0.097
Visceral-to-Subcutaneous Fat Ratio (per 0.1)	1.017 (0.951, 1.088)	0.615	1.124 (0.900, 1.404)	0.303	1.030 (0.918, 1.155)	0.614	0.962 (0.843, 1.097)	0.562
Body mass index	1.086 (0.946, 1.246)	0.243	1.021 (0.860, 1.211)	0.813	1.112 (1.024, 1.209)	0.012	1.075 (0.981, 1.178)	0.120
Waist circumference	1.039 (0.983, 1.098)	0.174	1.020 (0.957, 1.088)	0.537	1.053 (1.020, 1.088)	0.002	1.041 (1.004, 1.078)	0.028

Values are presented as odds ratio (95% confidence interval), P-value.

Carotid atherosclerosis was defined as the presence of carotid plaque or carotid intima-media thickness ≥1.0 mm.

Adjusted model: adjusted for smoking, alcohol, exercise, serum uric acid, hypertension, dyslipidemia, and diabetes mellitus, and menopausal state. Abbreviation: OR, odds ratio.

지방의 상대적인 분포가 경동맥 죽상동맥경화증과 관련됨을 보고하였다. 중국인을 대상으로 한 연구에서는 생체전자저항분석법으로 측정된 내장-피하지방 비가 경동맥 죽상동맥경화반의 독립적인 위험인자임을 제시하였고,²⁴ 일본인을 대상으로 한 CT 기반 연구에서는 내장지방이 증가하더라도($\geq 100 \text{ cm}^2$) 피하지방이 충분할 경우(SFA $\geq 100 \text{ cm}^2$) 경동맥 내중막두께와 연관성이 약화됨을 제시하였다.²⁰

또한 CT 및 MRI로 측정된 내장지방면적이 공변량 보정 후에도 경동맥 내중막두께와 유의한 양의 연관성을 보였다는 연구들이 있었으며, 이러한 연관성은 주로 남성에서만 확인되었다.^{15,22} 여성에서 내장지방면적이 경동맥 죽상동맥경화증과 연관성을 보인 연구가 있었으나, 체질량지수 27 kg/m^2 이상인 대상자만을 포함했다는 점에서 일반 인구에 적용하기에는 한계가 있겠다.²¹ 그리고 일부 연구에서는 피하지방 두께가 남성에서 경동맥 내중막두께와 음의 연관성을 보인 바 있다.²⁵

성별에 따른 호르몬 및 지방조직 효소 활성의 차이로 인해 남성은 상대적으로 내장지방을, 여성은 피하지방을 우세하게 축적하는 것으로 알려져 있다.³⁶ 또한 남녀 모두에서 내장지방량은 연령이 증가할수록 증가하는 경향을 보이지만, 여성에서는 폐경이 지방 분포의 전환을 유발하는 주요 요인으로 작용한다. 이에 따라 남성에서는 내장지방의 축적이 여성보다 이른 연령대에 임계점에 도달할 가능성이 제시되어 왔다. 이는 성별 및 연령에 따른 내장지방의 혈관 위험 영향 차이를 설명하는 근거가 될 수 있으며, 피하지방의 대사적 완충 기능이 상대적으로 약화될 가능성을 시사한다.^{15,37} 이러한 기전의 차이는 본 연구에서 관찰된 성별, 연령 및 여성의 폐경 여부에 따른 결과의 차이를 부분적으로 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

내장지방과 피하지방의 기능적 차이는 지방조직 유래 줄기세포의 생물학적 특성으로부터 기인함이 보고되었다.³⁸ 내장지방은 피하지방에 비해 인터루킨-6 (interleukin-6), 인터루킨-8 (interleukin-8), 종양괴사인자(tumor necrosis factor- α), 아디포넥틴(adiponectin) 등과 같은 염증성 사이토카인을 더 많이 분비하는 것으로 알려져 있으며, 이러한 염증 반응은 동맥경화의 발생과 진행 및 혈관 질환의 병태생리에 기여할 수 있음이 제시되어 왔다.³⁹ 반면, 피하지방의 역할에 대해서는 상대적으로 덜 병적이거나, 오히려 대사적으로 보호적인 역할을 할 수 있다는 상반된 의견들이 보고되고 있어, 아직 논란이 지속되고 있다.

추가로, 비만 지표 간 경동맥 죽상동맥경화증, 경동맥 죽상동맥경화반 및 경동맥 내중막두께 증가에 대한 판별력을 비교하기 위해 ROC 분석을 수행하였다. 그 결과 모든 지표에서 AUC는 0.7 이상 0.8 미만으로 중등도의 판별력을 보였으며, 지표 간에 뚜렷한 차이는 확인되지 않았다. 다만, 본 연구는 단면 설계로 수행되어 지방 축적과 혈관 질환 발생 간의 선후 관계를 규명할 수 없으므로, 이러한 결과는 연관성의 관점에서 해석될 필요가 있다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다. 첫째, 단면 연구 설계로 인

해 비만 지표로 평가한 비만 상태와 경동맥 죽상동맥경화증 사이의 인과 관계를 규명할 수 없다. 둘째, 공변량으로 포함한 설문 조사 결과, 신체 계측 및 혈액검사 변수들은 내원 당시의 단일 시점에서만 평가되어 시간에 따른 변동성을 반영하지 못한다. 셋째, 경동맥 초음파 검사에 대한 측정자 정보를 확인할 수 없어 측정자 내 및 측정자 간 변이를 평가하지 못하였다. 그러나 모든 검사는 영상의학과 전문의에 의해 표준화된 프로토콜에 따라 시행되었다. 넷째, 일개 대학병원 건강검진센터의 수검자를 대상으로 하였으며, 특히 여성에서는 폐경 이후인 비율이 상대적으로 높았다. 따라서 본 연구 결과를 일반 인구에 그대로 적용하기에는 제한이 있겠다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 강점을 가진다. 첫째, 기존 연구들의 대부분이 표본 수가 100–300명 규모로 제한적이었던 반면,^{12,13,16–20,23,25} 본 연구는 남녀 각각 1,000명 이상을 포함한 비교적 대규모의 건강검진 수검자 기반 연구이다. 둘째, 경동맥 죽상동맥경화증을 평가함에 있어 경동맥 죽상경화반과 경동맥 내중막두께를 모두 고려하였으며, 각 지표에 대해서도 개별적으로 분석하였다. 본 연구의 경동맥 죽상경화반의 유병률은 61.43%로, 평균 연령이 약 60세였던 Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) 연구에서 보고된 46.7%보다 다소 높은 수준이었다.⁴⁰ 이러한 차이는 연구 대상자의 연령 분포, 인종적 특성, 그리고 초음파 측정 등의 차이에서 기인할 수 있겠다. 셋째, 성별에 따른 차이를 고려하여 남성과 여성으로 구분하여 분석하였고, 여성에서는 폐경 여부를 공변량으로 추가 보정하였다. 넷째, 동맥경화에 중요하나 위험인자 중 하나인 연령에 따라 층화 분석을 시행함으로써, 연령에 따른 차이를 보다 명확히 제시하고자 하였다. 다섯째, 복부지방 분포의 평가는 표준 검사법인 전산화 단층촬영을 사용하여 수행하였다. 여섯째, 임상에서 널리 사용되는 비만 지표인 체질량지수와 허리둘레를 함께 분석하여 영상 기반 지표와 비교하였다.

결론적으로, 복부 지방 CT 및 신체 계측을 통해 측정된 비만 지표와 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표 간의 연관성은 성별 및 연령에 따라 상이하였다. 남성에서는 내장-피하지방의 분포가, 여성에서는 특히 60세 이상에서 허리둘레가 경동맥 죽상동맥경화증 관련 지표와 더 밀접하게 연관되어 있었다. 이러한 결과는 지방 분포와 혈관 건강 간의 관계를 이해하는 데 있어 성별과 연령을 함께 고려할 필요성을 시사한다.

이해충돌

이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 수혜

없음.

ORCID

Su Jin Kim	https://orcid.org/0009-0007-5449-0323
Hyuktae Kwon	https://orcid.org/0000-0002-0312-3650
Ha Jin Kim	https://orcid.org/0000-0002-7632-0882
Jae Moon Yun	https://orcid.org/0000-0003-0927-4721

부록

부록은 이 사이트에서 확인할 수 있음 <https://doi.org/10.23137/AOM26.05.OA0001>.

참고문헌

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *Lancet* 2024;403:1027-50.
2. World Obesity Federation. World Obesity Atlas 2024. London: World Obesity Federation; 2024.
3. Purnell JQ. Definitions, classification, and epidemiology of obesity [Internet]. Europe PMC. 2023 [cited 2026 Feb 2]; Available from: <https://europepmc.org/article/NBK/nbk279167>
4. Fujimoto WY, Bergstrom RW, Boyko EJ, Leonetti DL, Newell-Morris LL, Wahl PW. Susceptibility to development of central adiposity among populations. *Obes Res* 1995;3(Suppl 2):179S-86S.
5. Kwon KY, Han JH. Clinical significance of visceral adipose tissue. *J Korean Acad Fam Med* 2007;28:739-47.
6. Powell-Wiley TM, Poirier P, Burke LE, et al. Obesity and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2021;143:e984-1010.
7. Song P, Fang Z, Wang H, et al. Global and regional prevalence, burden, and risk factors for carotid atherosclerosis: a systematic review, meta-analysis, and modelling study. *Lancet Glob Health* 2020;8:e721-9.
8. Ortega FB, Lavie CJ, Blair SN. Obesity and cardiovascular disease. *Circ Res* 2016;118:1752-70.
9. Bytçi I, Shenouda R, Wester P, Henein MY. Carotid atherosclerosis in predicting coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2021;41:e224-37.
10. Inaba Y, Chen JA, Bergmann SR. Carotid plaque, compared with carotid intima-media thickness, more accurately predicts coronary artery disease events: a meta-analysis. *Atherosclerosis* 2012;220:128-33.
11. Johri AM, Hill B, Grubic N, et al. The prevalence of carotid subclinical atherosclerosis according to age: a systematic review and meta-analysis of the young to middle-age. *J Clin Lipidol* 2026;20:250-61.
12. Rallidis LS, Baroutsi K, Zolindaki M, et al. Visceral adipose tissue is a better predictor of subclinical carotid atherosclerosis compared with waist circumference. *Ultrasound Med Biol* 2014;40:1083-8.
13. Kim JS, Lee HJ, Kim JY, et al. Usefulness of abdominal visceral fat thickness using ultrasonography as a predictor of metabolic syndrome and atherosclerosis in obese adults. *Korean J Obes* 2007;16:6-15.
14. Lee MJ, Shin DH, Kim SJ, et al. Visceral fat thickness is associated with carotid atherosclerosis in peritoneal dialysis patients. *Obesity (Silver Spring)* 2012;20:1301-7.
15. Lear SA, Humphries KH, Kohli S, Frohlich JJ, Birmingham CL, Mancini GB. Visceral adipose tissue, a potential risk factor for carotid atherosclerosis: results of the Multicultural Community Health Assessment Trial (M-CHAT). *Stroke* 2007;38:2422-9.
16. Radmard AR, Poustchi H, Ansari L, et al. Abdominal fat distribution and carotid atherosclerosis in a general population: a semi-automated method using magnetic resonance imaging. *Jpn J Radiol* 2016;34:414-22.
17. Kim SK, Park SW, Kim SH, Cha BS, Lee HC, Cho YW. Visceral fat amount is associated with carotid atherosclerosis even in type 2 diabetic men with a normal waist circumference. *Int J Obes (Lond)* 2009;33:131-5.
18. Hur KY, Kim SK, Jung JY, et al. The correlation of carotid artery intima-media thickness with the anthropometric indexes related with abdominal obesity in type 2 diabetic male patients. *J Korean Soc Lipidol Atheroscler* 2003;13:377-84.
19. Kim K, Valentine RJ, Shin Y, Gong K. Associations of visceral adiposity and exercise participation with C-reactive protein, insulin resistance, and endothelial dysfunction in Korean healthy adults. *Metabolism* 2008;57:1181-9.
20. Bouchi R, Takeuchi T, Akihisa M, et al. High visceral fat with low subcutaneous fat accumulation as a determinant of atherosclerosis in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol* 2015;14:136.
21. Gast KB, den Heijer M, Smit JW, et al. Individual contributions of visceral fat and total body fat to subclinical atherosclerosis: The NEO study. *Atherosclerosis* 2015;241:547-54.
22. Wang Y, Ma X, Zhou M, et al. Contribution of visceral fat accumulation to carotid intima-media thickness in a Chinese popu-

- lation. *Int J Obes (Lond)* 2012;36:1203–8.
23. Lee S, Yaghmour B, Kye S. Relationship between obesity indices measured with body composition analyzer and carotid artery plaques in Korean middle-aged men. *Metabolism* 2024;153:155862.
 24. Hu D, Cong X, Gao B, Wu Y, Shen Q, Chen L. The visceral fat area/subcutaneous fat area ratio is positively associated with carotid atherosclerosis in patients with type 2 diabetes mellitus. *Endocr Connect* 2024;13:e240412.
 25. Jung CH, Kim BY, Kim KJ, et al. Contribution of subcutaneous abdominal fat on ultrasonography to carotid atherosclerosis in patients with type 2 diabetes mellitus. *Cardiovasc Diabetol* 2014;13:67.
 26. Ling Y, Wan Y, Barinas-Mitchell E, et al. Varying definitions of carotid intima-media thickness and future cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2023;12:e031217.
 27. Kim SM, Kim YJ, Kim K, Kim BJ. Usefulness of carotid ultrasonography and treatment of carotid disease. *J Korean Med Assoc* 2020;63:342–53.
 28. Yang YJ. Guidelines for physical activity counseling in primary healthcare clinics. *J Korean Med Assoc* 2024;67:265–77.
 29. Kim HC, Lee H, Choi H, et al.; for the Korean Society of Hypertension (KSH) – Hypertension Epidemiology Research Working Group. Korea hypertension fact sheet 2025: national trends in hypertension with a special analysis of hypertensive disorders of pregnancy. *Clin Hypertens* 2026;32:e13.
 30. Jin ES, Shim JS, Kim SE, et al.; Committee of Public Relation of the Korean Society of Lipid and Atherosclerosis. Dyslipidemia fact sheet in South Korea, 2022. *J Lipid Atheroscler* 2023;12:237–51.
 31. Kang S, Kang SM, Choi JH, et al. 2025 Clinical practice guidelines for diabetes management in Korea: recommendation of the Korean Diabetes Association. *Diabetes Metab J* 2025;49:582–783.
 32. Ji X, Leng XY, Dong Y, et al. Modifiable risk factors for carotid atherosclerosis: a meta-analysis and systematic review. *Ann Transl Med* 2019;7:632.
 33. Kadoglou NP, Iliadis F, Liapis CD. Exercise and carotid atherosclerosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008;35:264–72.
 34. Nahm FS. Receiver operating characteristic curve: overview and practical use for clinicians. *Korean J Anesthesiol* 2022;75:25–36.
 35. Kuk JL, Lee S, Heymsfield SB, Ross R. Waist circumference and abdominal adipose tissue distribution: influence of age and sex. *Am J Clin Nutr* 2005;81:1330–4.
 36. Kim KB, Shin YA. Males with obesity and overweight. *J Obes Metab Syndr* 2020;29:18–25.
 37. Abildgaard J, Ploug T, Al-Saoudi E, et al. Changes in abdominal subcutaneous adipose tissue phenotype following menopause is associated with increased visceral fat mass. *Sci Rep* 2021;11:14750.
 38. Nahmgoong H, Jeon YG, Park ES, et al. Distinct properties of adipose stem cell subpopulations determine fat depot-specific characteristics. *Cell Metab* 2022;34:458–72.e6.
 39. Ohman MK, Wright AP, Wickenheiser KJ, Luo W, Eitzman DT. Visceral adipose tissue and atherosclerosis. *Curr Vasc Pharmacol* 2009;7:169–79.
 40. Gepner AD, Young R, Delaney JA, et al. Comparison of coronary artery calcium presence, carotid plaque presence, and carotid intima-media thickness for cardiovascular disease prediction in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging* 2015;8:e002262.