

<원저>

Cardiometabolic Index, Triglyceride-glucose Index를 이용한 대사증후군
진단 예측지수에 대한 고찰: 부산지역 건강검진대상자 중심으로안현¹⁾·윤현서²⁾·박충무³⁾¹⁾동의대학교 방사선학과·²⁾동의대학교 치위생학과·³⁾동의대학교 임상병리학과Consideration of Predictive Indices for Metabolic Syndrome Diagnosis Using
Cardiometabolic Index and Triglyceride-glucose Index: Focusing on Those Subject
to Health Checkups in the Busan AreaHyun An¹⁾·Hyun-Seo Yoon²⁾·Chung-Mu Park³⁾¹⁾Department of Radiological Science, Dong-eui University²⁾Department of Dental Hygiene, Dong-eui University³⁾Department of Clinical Laboratory Science, Dong-eui University

Abstract This study investigates the utility of the Triglyceride-glucose(TyG) index and Cardiometabolic Index(CMI) as predictors for diagnosing metabolic syndrome. The study involved 1970 males, 1459 females, totaling 3429 participants who underwent health checkups at P Hospital in Busan between January 2023 and June 2023. Metabolic syndrome diagnosis was based on the presence of 3 or more risk factors out of the 5 criteria outlined by the American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute(AHA/NHLBI), and participants with 2 or fewer risk factors were categorized as normal. Statistical analyses included independent sample t-tests, chi-square tests, Pearson's correlation analysis, Receiver Operating Characteristic(ROC) curve analysis, and logistic regression analysis, using the Statistical Package for the Social Sciences(SPSS) program. Significance was established at $p < 0.05$. The comparison revealed that the metabolic syndrome group exhibited attributes such as advanced age, male gender, elevated systolic and diastolic blood pressures, high blood sugar, elevated triglycerides, reduced LDL-C, elevated HDL-C, higher Cardiometabolic Index, Triglyceride-glucose index, and components linked to abdominal obesity. Pearson correlation analysis showed strong positive correlations between waist circumference/height ratio, waist circumference, Cardiometabolic Index, and triglycerides. Weak positive correlations were observed between LDL-C, body mass index, and Cardiometabolic index, while a strong negative correlation was found between Cardiometabolic Index and HDL-C. ROC analysis indicated that the Cardiometabolic Index(CMI), Triglyceride-glucose(TyG) index, and waist circumference demonstrated the highest Area Under the Curve(AUC) values, indicating their efficacy in diagnosing metabolic syndrome. Optimal cut-off values were determined as >1.34 , >8.86 , and >84.5 for the Cardiometabolic Index, Triglyceride-glucose index, and waist circumference, respectively. Logistic regression analysis revealed significant differences for age($p=0.037$), waist circumference($p < 0.001$), systolic blood pressure($p < 0.001$), triglycerides($p < 0.001$), LDL-C($p=0.028$), fasting blood sugar($p < 0.001$), Cardiometabolic Index($p < 0.001$), and Triglyceride-glucose index ($p < 0.001$). The odds ratios for these variables were 1.015, 1.179, 1.090, 3.03, and 69.16, respectively. In conclusion, the Cardiometabolic Index and Triglyceride-glucose index are robust predictive indicators closely associated with metabolic syndrome diagnosis, and waist circumference is identified as an excellent predictor. Integrating these variables into clinical practice holds the potential for enhancing early diagnosis and prevention of metabolic syndrome.

Key Words: Anthropometry, Serology, Cardiometabolic Index, Triglyceride-glucose Index, Metabolic Syndrome**중심 단어:** 신체 계측지수, 혈청학적 변수, 심장대사지수, 중성지방-포도당 지수, 대사증후군

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2022R1G1A1008377)

Corresponding author: Chung-Mu Park, Department of Clinical Laboratory Science, Dong-eui University, 176 Eomgwang-ro, Busan-jingu, Busan city, 47340, Republic of Korea / Tel: +82-51-890-2685 / E-mail: cmpark@deu.ac.kr

Received 10 August 2023; Revised 30 August 2023; Accepted 15 September 2023

Copyright ©2023 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

I. 서론

대사증후군이란 단일한 질병이 아니며, 유전적 소인과 환경적 인자가 더해져 발생하는 포괄적 질병이며, 한 사람에게 혈압 상승, 고혈당, 혈중지질 이상, 복부비만 등의 위험 인자가 겹쳐 있는 상태를 의미한다[1]. 대사증후군은 혈관과 관련된 질환의 위험을 증가시키며, 대사증후군을 진단할 수 있는 간단하고 효과적인 지표를 설정하는 것은 대사증후군 진단에 매우 중요하다[2,3].

당뇨병 환자는 높은 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia), 낮은 고밀도 지질 콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol; HDL-C) 혈중, 죽상 경화성 작고 조밀한 저밀도 지질 콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol; LDL-C) 입자의 우세와 같은 이상지질혈증을 나타낸다[4]. 이상지질혈증의 높은 유병률은 죽상 경화성 대혈관 질환을 유발하며, 이는 예후에 큰 영향을 미친다. 심혈관질환 예측을 위해 일부 지질 관련 지표 LDL-C/HDL-C 비율, 총콜레스테롤(Total cholesterol; TC)/HDL-C, TG/HDL-C 비율이 제안되었으나, 이는 고전적인 동맥경화지수이며 그 중 중성지방(triglyceride; TG)/고밀도 지질 콜레스테롤(HDL-C) 비율은 대사증후군과 관련이 있다[5]. 대사증후군의 주요 원인 중 하나인 인슐린 저항성은 인슐린에 대한 세포 민감성 감소를 특징으로 한다[6]. 최근에는 인슐린 저항성을 평가하는 간단한 간접지표로 TG와 공복혈당(fasting plasma glucose; FPG)을 이용한 중성지방 포도당 지수(triglyceride-Glucose Index; TyG)가 인슐린 저항성에 대한 유용한 지표로 추천된다[7-9]. 인슐린 저항성을 평가하는 TyG 지수는 심혈관 질환 위험을 예측할 수 있는 지표이며, 대사증후군 발생과 유의한 관련이 있다[3]. TyG 지수는 TG와 FPG를 이용하여 인슐린 저항성을 나타내는 지수이다[8,9]. 그리고 허리둘레(waist circumference; WC)는 복부비만의 단순 표지자이며, 허리둘레(WC)보다 키에 의해 보정된 허리둘레/키 비율(waist-to-height ratio; WHtR)이 허리둘레(WC)보다 더 합리적인 지표로 제시되고 있다[10]. 허리둘레/키 비율(WHtR)은 허리둘레(WC)와 체질량지수(body mass index; BMI)보다 관상 동맥 심장질환과 심혈관 위험요인을 더 잘 식별하는 것으로 제시하고 있다[11,12]. 그 외에 심장대사지수(cardiomatabolic index; CMI)는 관상 동맥 질환과 대사증후군(metabolic syndrome; MetS)을 판단하는 기준에 부합되는 구성 요소들을 포함한다[13]. 해외 선행연구에 따르면 TyG 지수와 CMI 지수가 대사증후군을 진단하는데 유용한 예측지수로 보고하고 있으나, 국내 환자를 대상으로 TyG 지수와 CMI 지수를 이용한 대사증후군 관련 논문은 미비한

실정이다. 본 연구는 국내에 건강검진을 주소로 내원한 검진자를 대상으로 대사증후군을 진단에 유용한 예측지수인 비만 지수, 혈청학적 변수, TyG 지수와 CMI 지수들에 대해 대사증후군 진단 예측지수로서 정확도를 알아보기 위해 수신자 동작 특성곡선(receiver operation characteristic; ROC) 분석을 이용하여 곡선 하 면적(area under curve; AUC) 값과 최적의 절단값(cut-off value)을 구하고, 로지스틱 회귀분석을 통해 대사증후군 진단과 관련된 다양한 변수들에 대한 발생 위험을 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

연구 대상자는 2023년 01월부터 2023년 06월까지 P 병원에서 건강검진을 시행한 3429명을 대상으로 하였으며, 성별은 남성 1970명, 여성 1459명으로 나타났고, 평균 연령은 전체 50.39±10.5세, 남성의 평균 연령은 50.64±10.2세, 여성의 평균 연령은 50.05±10.8세로 나타났다.

1) 대사증후군 진단기준

본 연구에서는 최근 미국 당뇨병학회(american diabetes association; ADA)의 공복혈당장애 기준인 100 mg/dL 이상을 반영한 미국심장협회/국립 심장, 폐, 혈액 연구소(american heart association/national heart, lung, and blood institute; AHA/NHLBI)에서 제시하고 있는 진단기준을 토대로 하였다[14]. 제시한 4가지 대사증후군 진단기준은 ① systolic blood pressure; SBP)≥130 mmHg 또는 이완기 혈압(diastolic blood pressure; DBP)≥85 mmHg ② 공복혈당(FPG)≥100 mg/dL ③ 중성지방(TG)≥150 mg/dL ④ HDL-C 기준 남성<40 mg/dL, 여성<50 mg/dL 그리고, ⑤ 허리둘레(WC)는 동양인 기준에 적합한 아시아-태평양 지역 기준(asia-pacific criteria, APC) 기준에 따라 남성≥90 cm, 여성≥85 cm을 복부비만으로 적용하였다[15]. AHA/NHLBI에서 제시한 4가지 위험요인과 APC에서 제시하는 동양인 허리둘레를 적용한 복부비만 1가지 위험요인을 기준으로 3가지의 위험요인에 해당하면 대사증후군 진단그룹(metabolic syndrome group, n=606)으로 판정하였으며, 2개 이하이면 정상 그룹(non-metabolic syndrome group, n=2823)으로 판정하여 분류하였다[16].

2) 신체계측 및 혈청학적 분석

자동 신체 계측기(Inbody 720 Body Composition Analyzer, InBody Co., Ltd, Korea)로 신장과 체중을 측정하였으며, 체질량지수(BMI)는 몸무게(kg)를 키(m)의 제곱으로 나눈 수치로 제시하였다. 허리둘레는 세계보건기구(world health organization; WHO)의 표준화된 프로토콜에 따라 직립 자세로 양발을 25~30 cm 정도 벌리고 숨을 내쉬 후 갈비뼈 가장 아래 위치와 골반의 가장 높은 위치의 중간 지점에서 줄자로 측정하였으며, 혈압측정은 자동 혈압 측정계(BP monitor, Solco Biomedical Inc., Pyeongtaek, Korea)를 이용하여 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP)을 측정하였다. 2분 이상 휴식 후 2번 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 최소 8시간 이상 공복 상태의 혈액을 채취하여 혈액 검사를 시행하였다. 총콜레스테롤(TC), HDL-C, LDL-C, 중성지방(TG)은 Hitachi 7180(Hitachi, Tokyo, Japan)기기를 사용하였으며, 공복혈당은 Hitachi 7180-1(Hitachi, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 그리고, 혈청학적 변수들을 토대로 제시된 식 1과 2를 통해 CMI 지수 및 TyG 지수를 구하여 측정치를 비교하였다. CMI 지수 및 TyG 지수 계산 공식은 아래의 식 1, 2로 나타냈다[8,9,13].

$$TyG = \ln [TG \times (FPG/2)] \quad (\text{식1})$$

$$CMI = [(TG/HDL - C) \times WHtR] \quad (\text{식2})$$

3) 통계분석

연구는 대사증후군과 다양한 변수와의 관계를 종합적으로 규명하고, 대사증후군 진단을 위한 정확한 지표로 위해 SPSS(SPSS statistical software ver. 26.0, Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 자료 처리하였다. 대사증후군 진단 유·무에 따른 집단 간의 차이를 비교하기 위해 연속 변수에는 독립표본 t-검정(t-test)을, 범주형 변수에는 카이제곱 검정(χ^2 -test)을 수행하였다. 또한, 신체계측 지수, 혈청학적 변수, TyG 지수, CMI 지수의 상관성을 알아보기 위해 피어슨(Pearson) 상관분석을 하였다. ROC 분석을 통해 대사증후군 진단에 대한 변수들의 정확도를 확인하기 위해 곡선 아래 영역(AUC)을 통해 확인하였으며, 변수들의 정확도를 평가하기 위해 AUC값은 0.7 이상을 기준으로 하였다[17]. 그리고, 최적의 절단값(cut-off values)을 결정하기 위해 Youden 지수를 활용하였다. 대사증후군 진단에 따른 유병률을 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석(logistic regression)을 시행하였다. 모든 분석에 대한 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 대사증후군 진단에 따른 대상자의 특징

대사증후군 진단 유·무에 따른 대상자의 특징은 Table 1로 나타났다. 연령에서 대사증후군 진단그룹의 평균 연령(51.4 ± 9.9 세)은 정상 그룹의 평균 연령(50.1 ± 10.6 세)에 비해 약간 더 높게 나타나 두 집단 간 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 성별에서는 남성이 정상 그룹(14.4%)보다 대사증후군 진단그룹(43.0%)이 높게 나타났으며, 여성에서도 정상 그룹(3.2%)보다 대사증후군 진단그룹(39.3%)이 높게 나타나는 결과를 보였다.

키는 대사증후군 진단그룹이 정상 그룹과 비교하여 유의하게 더 크게 나타났고 (170.6 ± 8.1 cm vs. 165.8 ± 8.2 cm, $p < 0.001$), 체중에서도 대사증후군 진단그룹이 정상 그룹보다 유의하게 크게 나타났으며(79.6 ± 12.3 kg vs. 64.6 ± 10.7 kg, $p < 0.001$), 허리둘레(WC)도 대사증후군 진단그룹이 정상 그룹보다 유의하게 더 크게 나타났다(91.0 ± 7.6 cm vs. 78.1 ± 8.3 cm, $p < 0.001$). 체질량 지수(BMI)는 대사증후군 진단그룹에서 정상 그룹보다 유의하게 더 높게 나타났고(27.2 ± 3.2 kg/m² vs. 23.4 ± 2.7 kg/m², $p < 0.001$), 허리둘레/키 비율(WHtR)에서도 대사증후군 진단그룹에서 정상 그룹보다 유의하게 더 높게 나타났다(0.53 ± 0.04 vs. 0.47 ± 0.04 , $p < 0.001$). 혈압에서도 대사증후군 진단그룹에서 정상 그룹보다 수축기 혈압(135.7 ± 10.9 mmHg vs. 122.6 ± 13.1 mmHg, $p < 0.001$)과 이완기 혈압(85.3 ± 9.2 mmHg vs. 76.2 ± 9.8 mmHg, $p < 0.001$)에서 각각 높게 나타났다. 중성지방(TG)은 대사증후군 진단그룹에서 정상 그룹보다 유의하게 더 높게 나타났다(226.8 ± 129.8 mg/dL vs. 107.7 ± 62.8 mg/dL, $p < 0.001$). 공복혈당(FPG)에서도 대사증후군 진단그룹이 정상 그룹보다 유의하게 더 높게 나타났다(115.6 ± 30.6 mg/dL vs. 95.6 ± 17.6 mg/dL, $p < 0.001$). 그러나, 총콜레스테롤(TC)은 대사증후군 진단그룹(206.3 ± 42.2)과 정상 그룹(204.0 ± 36.4) 간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p = 0.173$). 대사증후군 진단그룹이 정상 그룹과 비교하여 유의하게 낮은 결과를 보인 변수로는 HDL-C(46.1 ± 11.3 mg/dL vs. 59.1 ± 13.8 mg/dL, $p < 0.001$)과 LDL-C(114.9 ± 39.4 mg/dL vs. 123.5 ± 33.8 mg/dL, $p < 0.001$)였다.

CMI 지수는 대사증후군 진단그룹(2.84 ± 1.9)이 정상 그룹(0.97 ± 0.7)과 비교하여 수치가 높게 나타나 집단 간 유의한 차이가 나타났다($p < 0.001$). TyG 지수는 대사증후군 진단그룹(9.32 ± 0.5)이 정상 그룹(8.39 ± 0.5)과 비

Table 1. Characteristics of the participants according to presence of metabolic syndrome

| Variable | Total | MetS | t(p), χ^2 (p) | Non-MetS |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------|
| Age(y) | 50.39±10.54 | 51.48±9.97 | 2.933(.003) | 50.16±10.64 |
| Male | 1970(57.5%) | 1475(43.0%) | 176.816(.001) | 495(14.4%) |
| Female | 1459(42.5%) | 1348(39.3%) | | 111(3.2%) |
| Height | 166.66±8.44 | 170.65±8.19 | 13.14(.001) | 165.80±8.25 |
| Weight | 67.29±12.43 | 79.64±12.34 | 30.36(.001) | 64.63±10.73 |
| WC | 80.43±9.58 | 91.04±7.63 | 34.93(.001) | 78.16±8.35 |
| BMI | 24.09±3.20 | 27.27±3.21 | 30.34(.001) | 23.41±2.75 |
| WHtR | 0.48±0.05 | 0.53±0.04 | 30.77(.001) | 0.47±0.04 |
| SBP | 124.95±13.77 | 135.77±10.95 | 22.96(.001) | 122.62±13.14 |
| DBP | 77.84±10.34 | 85.39±9.26 | 21.05(.001) | 76.22±9.83 |
| TG | 128.80±91.07 | 226.84±129.80 | 33.69(.001) | 107.76±62.89 |
| TC | 204.45±37.55 | 206.34±42.24 | 1.363(.173) | 204.05±36.46 |
| HDL-C | 56.81±14.32 | 46.16±11.38 | -21.48(.001) | 59.09±13.85 |
| LDL-C | 122.01±35.06 | 114.90±39.40 | -5.525(.001) | 123.53±33.88 |
| FPG | 99.15±21.95 | 115.69±30.66 | 21.80(.001) | 95.60±17.68 |
| CMI | 1.30±1.29 | 2.84±1.96 | 38.31(.001) | 0.97±0.78 |
| TyG | 8.56±0.66 | 9.32±0.56 | 36.65(.001) | 8.39±0.56 |
| Metabolic syndrome components | | | | |
| High blood pressure(n=1350) | | 504(37.3%) | 591.547(.001) | 846(62.7%) |
| Impaired fasting glucose(n=1140) | | 472(41.4%) | 660.997(.001) | 668(58.6%) |
| High triglyceride(n=956) | | 476(49.8%) | 939.831(.001) | 480(50.2%) |
| Low HDL-cholesterol(n=316) | | 200(63.3%) | 497.859(.001) | 166(36.7%) |
| Abdominal obesity(n=649) | | 404(62.2%) | 1093.294(.001) | 245(37.8%) |

N=3429, Positive group=606, Negative group=2823, MetS; metabolic syndrome, BMI; body mass index, WC; waist circumference, TG; triglyceride, TC; total cholesterol, HDL-C; high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C; low-density lipoprotein, cholesterol, FPG; Fasting plasma glucose, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, CMI; cardiometabolic index(TG/HDL-C * WHtR), TyG; triglyceride-glucose index(Ln [TG (mg/dL) × FPG(mg/dL)/2])

교하여 수치가 높게 나타나 집단 간 유의한 차이가 나타났다($p < 0.001$). 마지막으로, 대사증후군 구성 요소에서 대사증후군 진단그룹과 정상 그룹에서 집단 간 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$).

2. 대사증후군에 따른 다양한 변수들과의 상관관계

다양한 변수들의 상관관계는 피어슨(pearson) 상관분석을 실시하여 결과를 Table 2에 나타냈다. 결과, 매우 높은 상관관계를 보인 변수 조합으로 중성지방(TG)과 CMI 지수 사이의 상관($r=0.948$), 허리둘레(WC)와 허리둘레/키(WHtR) 비율 사이의 상관($r=0.902$)으로 나타났다($p < 0.01$). 다음으로, 총콜레스테롤(TC)과 LDL-C 사이의 상관($r=0.891$), 중성지방(TG)과 TyG 지수 사이의 상관($r=0.877$), 체질량 지수(BMI)와 허리둘레(WC) 사이의 상관($r=0.825$), 체질량 지수

(BMI)와 허리둘레/키(WHtR) 비율 사이의 상관($r=0.823$), CMI 지수와 TyG 지수 사이의 상관($r=0.807$) 순서로 높은 양의 상관관계를 보인 변수 조합으로 나타났다($p < 0.01$). CMI 지수와 허리둘레/키(WHtR) 비율 사이의 상관계수는 0.379로 나타나 양의 상관관계를 보였다($p < 0.01$). 매우 약한 상관관계를 보인 변수 조합은 LDL-C와 체질량지수(BMI) 사이의 상관($r=0.037$)으로 나타났다($p < 0.01$). 중등도의 음의 상관관계를 보인 변수들로는 CMI 지수와 HDL-C 사이의 상관($r=-0.572$), TyG 지수와 HDL-C 사이의 상관($r=-0.508$)으로 나타났다($p < 0.01$).

3. 대사증후군과 다양한 변수들에 대한 ROC 분석

대사증후군을 예측하는 다양한 변수에 대한 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 곡선 아래 영역(AUC),

Table 2. Correlations between serologic variables

| Variable | Year | WC | BMI | WHtR | SBP | DBP | TG | TC | HDL-C | LDL-C | FPG | CMI | TyG |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|-----|
| Year | 1 | | | | | | | | | | | | |
| WC | .092** | 1 | | | | | | | | | | | |
| BMI | .002 | .825** | 1 | | | | | | | | | | |
| WHtR | .241** | .902** | .823** | 1 | | | | | | | | | |
| SBP | .208** | .417** | .391** | .396** | 1 | | | | | | | | |
| DBP | .128** | .393** | .377** | .350** | .813** | 1 | | | | | | | |
| TG | -.036 | .384** | .318** | .315** | .248** | .272** | 1 | | | | | | |
| TC | -.012 | .040 | .048** | .046** | .062** | .105** | .203** | 1 | | | | | |
| HDL-C | -.035 | -.434** | -.367** | -.341** | -.182** | -.176** | -.449** | .182** | 1 | | | | |
| LDL-C | .020 | .022 | .037 | .026 | .012 | .045** | -.102** | .891** | .017 | 1 | | | |
| FPG | .176** | .252** | .181** | .245** | .193** | .169** | .269** | -.034 | -.177** | -.096** | 1 | | |
| CMI | -.018 | .461** | .394** | .397** | .250** | .268** | .948** | .112** | -.572** | -.124** | .262** | 1 | |
| TyG | .048** | .469** | .388** | .403** | .308** | .320** | .877** | .168** | -.508** | -.057** | .504** | .807** | 1 |

N=3429, Positive group=606, Negative group=2823, BMI; body mass index, WC; waist circumference, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, TG; triglyceride, TC; total cholesterol, HDL-C; high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C; low-density lipoprotein, cholesterol, FPG; Fasting plasma glucose, CMI; cardiometabolic index(TG/HDL-C * WHtR), TyG; triglyceride-glucose index(Ln [TG (mg/dL) × FPG (mg/dL)/2])

Youden 지수, 최적의 절단값(cut-off value)을 나타낸 ROC 분석 결과는 Table 3과 Fig. 1, 2에 나타냈다. 결과, ROC 분석에서 연령의 경우 민감도(sensitivity) 90.2%, 특이도(specificity) 16.5%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.530, Youden Index 0.068, 최적의 절단값(cut-off value)은 >39로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.05$). 허리둘레(WC)의 경우 민감도(sensitivity) 81.6%, 특이도(specificity) 77.4%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.87, Youden Index 0.59, 최적의 절단값(cut-off value)은 >84.5로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). 마찬가지로 체질량 지수(BMI)는 민감도(sensitivity) 74.7%, 특이도(specificity) 77%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.83, Youden 지수 0.51, 최적의 절단값(cut-off value)은 >25.2로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). 허리둘레/키 비율(WHtR)은 민감도(sensitivity) 77%, 특이도(specificity) 76.9%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.84, Youden 지수 0.54, 최적의 절단값(cut-off value)은 >0.5로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). 수축기 혈압(SBP)에 대해서는 민감도(sensitivity) 83.1%, 특이도(specificity) 70%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.79, Youden Index 0.53, 최적의 절단값(cut-off value)은 >129로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). 이완기 혈압(DBP)은 민감도(sensitivity) 71.7%, 특이도(specificity) 69.7%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.75, Youden 지수 0.36, 최적의 절단값(cut-off value)은 >80으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다

($p<0.001$). 중성지방(TG)은 민감도(sensitivity) 78.5%, 특이도(specificity) 83%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.85, Youden 지수 0.61, 최적의 절단값(cut-off value)은 >149로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). HDL-C의 경우 민감도(sensitivity)는 67.4%, 특이도(specificity)는 72.%, 곡선 아래 영역(AUC)는 0.77, Youden Index는 0.39, 최적의 절단값(cut-off value)은 <49로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). LDL-C은 민감도(sensitivity) 22.9%, 특이도(specificity) 89.8%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.56, Youden Index 0.12, 최적의 절단값(cut-off value)은 <82로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). 공복혈당(FPG)은 민감도(sensitivity) 77.8%, 특이도(specificity) 76.3%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.81, Youden 지수 0.54, 최적의 절단값(cut-off value)은 >99로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). CMI 지수는 민감도(sensitivity) 83.8%, 특이도(specificity) 79.1%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.88, Youden 지수 0.63, 최적의 절단값(cut-off value)은 >1.34로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$). TyG 지수는 민감도(sensitivity) 83.3%, 특이도(specificity) 79.6%, 곡선 아래 영역(AUC) 0.88, Youden 지수 0.63, 최적의 절단값(cut-off value)은 >8.86로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p<0.001$).

Table 3. ROC prediction curve analysis of variable

| Variable | Sensitivity | Specificity | AUC(95% CI) | Youden index | cut off value | p-value |
|----------|-------------|-------------|----------------------|--------------|---------------|---------|
| Year | 90.26 | 16.54 | 0.530(0.513 ~ 0.547) | 0.068 | >39 | <0.05 |
| WC | 81.68 | 77.44 | 0.877(0.866 ~ 0.888) | 0.591 | >84.5 | <0.001 |
| BMI | 74.75 | 77.05 | 0.830(0.818 ~ 0.843) | 0.518 | >25.2 | <0.001 |
| WHtR | 77.06 | 76.90 | 0.844(0.831 ~ 0.856) | 0.541 | >0.503 | <0.001 |
| SBP | 83.17 | 70.03 | 0.795(0.781 ~ 0.808) | 0.532 | >129 | <0.001 |
| DBP | 71.78 | 69.71 | 0.756(0.742 ~ 0.771) | 0.369 | >80 | <0.001 |
| TG | 78.55 | 83.00 | 0.851(0.839 ~ 0.863) | 0.615 | >149 | <0.001 |
| HDL-C | 67.49 | 72.02 | 0.773(0.759 ~ 0.787) | 0.395 | ≤49 | <0.001 |
| LDL-C | 22.90 | 89.8 | 0.563(0.546 ~ 0.580) | 0.127 | ≤82 | <0.001 |
| FPG | 77.89 | 76.34 | 0.808(0.794 ~ 0.821) | 0.543 | >99 | <0.001 |
| CMI | 83.83 | 79.17 | 0.887(0.876 ~ 0.898) | 0.630 | >1.34 | <0.001 |
| TyG | 83.33 | 79.67 | 0.883(0.871 ~ 0.893) | 0.632 | >8.86 | <0.001 |

N=3429, Positive group=606, Negative group=2823, BMI(Kg/m²); body mass index, WC; waist circumference, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, TG; triglyceride, TC; total cholesterol, HDL-C; high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C; low-density lipoprotein, cholesterol, FPG; Fasting plasma glucose, CMI; cardiometabolic index(TG/HDL-C * WHtR), TyG; triglyceride-glucose index(Ln [TG (mg/dL) × FPG (mg/dL)/2])

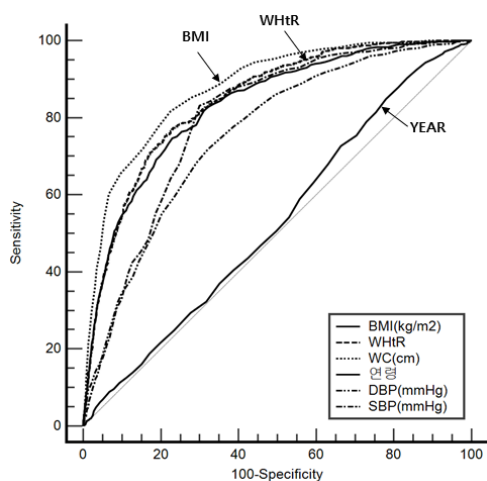


Fig. 1. Figure ROC analysis for anthropometric indices

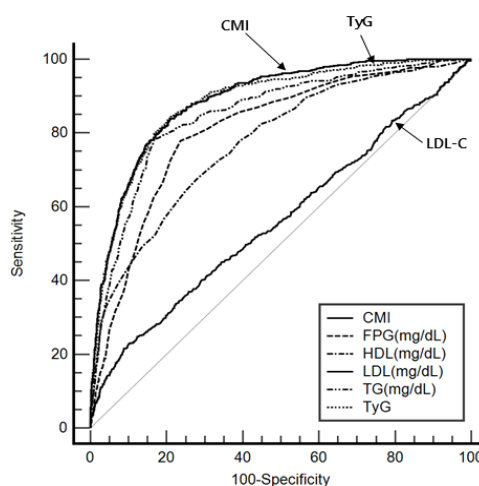


Fig. 2. ROC analysis for serological variables, CMI, and TyG

4. 대사증후군과 다양한 변수들에 대한 로지스틱 회귀 분석

대사증후군 발생 위험률(Odds ratio)을 산정하기 위해 로지스틱 회귀분석(Logistic regression) 실시한 결과는 Table 4에 나타났다.

변수로는 Age, Sex, 허리둘레(WC), 체질량 지수(BMI), 허리둘레/키(WHtR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 중성지방(TG), HDL-C, LDL-C, 공복혈당(FPG), CMI 지수, TyG 지수를 사용하였다. 회귀분석 결과, Age, 허리둘레

(WC), 수축기 혈압(SBP), 중성지방(TG), LDL-C, 공복혈당(FPG), CMI 지수, TyG 지수에서 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Age, 허리둘레(WC), 수축기 혈압(SBP)의 수치가 1 증가하면 대사증후군 발생 승산비는 각각 1.015배, 1.179배, 1.090배로 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 중성지방(TG)과 LDL-C 변수에서 수치가 1 증가하면, 대사증후군 발생 승산비는 각각 0.979배, 0.992배로 증가 또는 2.1%, 0.2% 감소하는 것으로 나타났다. CMI 지수와 TyG 지수에서 수치가 1 증가하면, 대사증후군 발생 승산비는 각각 3.03배, 69.16배 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4. Distribution of subjects in the metabolic syndrome

| Variable | B | S.E. | Wald | df | p-value | Odds Ratio Exp(B) | 95% C. I. for EXP(B) | |
|---------------|---------|-------|---------|----|---------|----------------------|----------------------|---------|
| | | | | | | | Lower | Upper |
| Year | .015 | .007 | 4.367 | 1 | .037 | 1.015 | 1.001 | 1.030 |
| WC(cm) | .165 | .012 | 201.301 | 1 | .001 | 1.179 | 1.153 | 1.206 |
| SBP(mmHg) | .086 | .007 | 151.057 | 1 | .001 | 1.090 | 1.075 | 1.105 |
| TG(mg/dL) | -.022 | .003 | 68.012 | 1 | .001 | .979 | .973 | .984 |
| LDL-C | -.004 | .002 | 4.847 | 1 | .028 | .992 | .992 | 1.000 |
| CMI | 1.109 | .167 | 44.018 | 1 | .001 | 3.03 | 2.185 | 4.208 |
| TyG | 4.236 | .316 | 179.190 | 1 | .001 | 69.16 | 37.194 | 128.600 |
| Constant term | -63.291 | 3.374 | 351.859 | 1 | .001 | .000 | | |

N=3429, Positive group=606, Negative group=2823, WC; waist circumference, SBP; systolic blood pressure, TG; triglyceride, LDL-C; low-density lipoprotein, cholesterol, CMI; cardiometabolic index(TG/HDL-C * WHtR), TyG; triglyceride-glucose index(Ln [TG (mg/dL) × FPG (mg/dL)/2])

IV. 고찰

대사증후군은 심혈관질환 및 당뇨병의 발생 위험을 높이며, 조기 발견과 진단이 매우 중요하다. 본 연구는 이러한 중요성을 해결하기 위해 부산지역에서 건강검진을 받은 성인 남녀 3,429명을 대상으로 신체 측정지수, 비만 지수, 혈청학적 변수, CMI 지수, TyG 지수 등 다양한 변수들에 대해 대사증후군 진단 예측지수로서 유용성을 알아보고자 하였다. 신[14]의 연구에서 대사증후군 진단 유·무에 따른 대상자의 특징에서 나이와 남성에서 정상군보다 대사증후군 진단그룹이 높게 나타났다($P<0.001$). 본 연구에서도 나이와 남성에서 대사증후군 진단그룹이 높게 나타나 기존 연구와 유사한 연구 결과를 보였다.

Alberti 등[18]의 연구에서 허리둘레(WC) 증가와 혈압 상승, 이상지질혈증(고중성지방, 낮은 HDL 콜레스테롤) 및 포도당 대사 장애를 포함한 대사증후군의 개별 구성 요소 사이에 강한 연관성을 발표하였다. 그리고, 신[14]은 연구에서 Alberti 등[18]이 제시한 변수 외 체질량지수(BMI), TyG 지수에서 대사증후군 관련하여 유의미한 차이를 보인다고 하였다($p<0.001$). 본 연구에서도 허리둘레(WC) 증가, 혈압 상승, 공복혈당장애, 높은 중성지방, 낮은 HDL-C, 높은 LDL-C, TyG 지수에서 기존 연구와 유사한 결과를 보였다. 이에 차이를 나타낸 변수들을 관리한다면 대사증후군 유병률을 낮출 수 있을 것으로 판단된다. Takahashi 등[19]은 체질량지수(BMI), 허리둘레(WC)와 대사증후군의 관련성을 조사한 연구에서 최적의 절단값으로 체질량지수(BMI)는 남성 $>24.0 \text{ kg/m}^2$, 여성 $>20.0 \text{ kg/m}^2$, 그리고 허리둘레(WC)는 남성 $>85 \text{ cm}$, 여성 $>80 \text{ cm}$ 에서 대사증후군의 발생 위험이 증가한다고 하였다. 본 연구에서 체질량 지수(BMI)는 남

성 $>25.2 \text{ kg/m}^2$, 여성 $>24.3 \text{ kg/m}^2$, 허리둘레(WC)는 남성 $>88 \text{ cm}$, 여성 $>80 \text{ cm}$ 에서 대사증후군 발생 위험이 증가하는 것으로 나타나 기존 연구와 비교하여 체질량지수(BMI)는 남성과 여성에서 높게 나타났으며, 허리둘레(WC)는 남성이 높게 나타났고, 여성은 유사한 결과를 보였다.

Li 등[3]과 Simental-Mendía 등[8], Guerrero-Romero 등[9]의 연구에서 TyG 지수는 인슐린 측정이 불가능한 경우 인슐린 대신 중성지방을 이용하여 인슐린 저항성을 확인할 수 있는 대체 검사로서, 건강인을 대상으로 인슐린 저항성을 평가하는데 TyG 지수가 높은 민감도와 특이도를 보인다고 하였다. 본 연구에서도 대사증후군 진단 예측에서 TyG 지수는 민감도(83.3%), 특이도(79.6%)를 보여 건강인을 대상으로 인슐린 저항성을 평가하는데 TyG 지수가 대사증후군 진단에 유용한 지수임을 확인하였다. Xu 등[20]은 건강한 정상체중(metabolically healthy normal weight: MHNW)과 정상체중 대사 비만(metabolic obesity with normal body weight: MONW) 대상자들을 대상으로 대사증후군을 식별하는 연구에서, 정상체중 대사 비만 그룹의 평균 TyG 지수는 7.7 ± 4.8 로 제시하고 있으며, 성별에서 여성(8.0 ± 5.1)은 남성(7.4 ± 4.7)보다 더 높은 TyG 지수를 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서는 대사증후군 그룹의 TyG 지수는 8.5 ± 0.6 였으며, 성별에서 여성(9.1 ± 0.5)은 남성(9.3 ± 0.5)보다 더 낮은 TyG 지수값을 나타내 기존 연구 결과와 비교하여 전체 TyG 지수는 높게 나타났고, 성별에서는 남성이 더 높은 TyG 지수를 나타내 기존 연구와 차이를 보였으며 이는 모집단의 차이인 것으로 판단된다. 신[14]의 연구에서는 대사증후군 진단을 위한 TyG 지수의 진단 능력을 평가하기 위해 ROC 분석을 시행하였고, TyG 지수는 AUC 값이 0.89, 민감도 86.7%, 특이도 80.1%를 보여 TyG 지수가 대

사증후군을 진단하는 예측지수로서 높은 진단능이 있다고 하였다. Manjuladevi 등[21]은 연구에서 대사증후군 진단을 위한 TyG 지수의 진단 능력을 평가하기 위해 ROC 분석을 시행하였고, TyG 지수는 AUC 값이 0.80, 민감도 74.4%, 특이도 7.14%, CMI 지수는 AUC 값이 0.80, 민감도 74.4%, 특이도 66.7%를 보여 TyG 지수와 CMI 지수가 대사증후군을 진단하는 예측지수로서 높은 진단능이 있다고 하였다. 본 연구에서도 대사증후군의 진단 능력을 평가하기 위해 TyG 지수와 CMI 지수에 대해 ROC 분석을 시행하였고, 결과, TyG 지수의 AUC 값이 0.88, 민감도가 83.3%, 특이도가 79.6%, CMI 지수는 AUC 값은 0.88, 83.8%의 민감도 및 79.1%의 특이도를 보여 기존 연구보다 높은 정확도와 민감도, 특이도를 보였다. 이는 TyG 지수와 CMI 지수가 대사증후군 진단의 잠재적 예측 지표로서 의미가 있음을 나타내는 것이며, 높은 AUC 값과 민감도를 가지고 있는 이 지표들은 대사증후군을 식별하기 위한 가치 있는 임상 대리 마커로 사용될 수 있는 것으로 판단된다. 이 등[22]은 한국인을 대상으로 한 당뇨병 연구에서 당뇨병과 TyG 지수가 상관이 있음을 입증하였으며, 본 연구에서도 당뇨병과 관련된 공복혈당(FPG)이 대사증후군 진단 요소에 포함되는 변수이며, 공복혈당(FPG)과 TyG 지수 사이에서 뚜렷한 양적 선형 관계를 보여($r=0.504$, $p<0.001$) 기존 연구와 유사한 연구 결과를 나타내 대사증후군 예방을 위해서는 혈당조절이 필요할 것으로 판단된다. Manjuladevi 등[22]은 인도 남부 지역 대상자들을 대상으로 한 연구에서 대사증후군을 예측하는 신뢰할 수 있는 지수로 TyG 지수와 CMI 지수를 제시하고 있으며, ROC 분석을 통한 최적의 절단값으로 TyG 지수는 4.68, CMI 지수는 0.64를 제시하였다. 본 연구에서는 ROC 분석을 통한 최적의 절단값으로 TyG 지수는 8.86, CMI 지수는 1.34로 나타나 기존 연구와 비교하여 거의 두 배 정도 높게 나타났다. 이는 지역적인 차이 때문으로 판단된다. 그 외 TyG 지수를 이용한 대사증후군 관련 ROC 분석 연구에서 David 등[23]은 TyG 지수의 최적의 절단값을 8.31, 신[14]은 8.81, Li 등[3]은 8.71로 제시하고 있다. 본 연구에서는 TyG 지수의 최적의 절단값은 8.86으로 나타나 기존 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 이러한 TyG 지수의 최적의 절단값을 임상에서 적용한다면 대사증후군 조기 진단에 일차적인 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

Duan 등[24]은 연구에서 CMI 지수가 대사 관련 지방간 질환 사이의 연관성을 입증하는 연구를 통해 대사증후군뿐만 아니라 관련 합병증도 진단할 수 있다고 하였다. 연구에서 제시된 CMI 지수의 AUC 값은 0.85, 민감도 87.5%, 특이도 80.0%, 최적의 절단값으로 >0.88 을 제시하였다 본 연

구에서도 대사증후군 관련 CMI 지수에서 AUC 값은 0.88, 민감도 83.8%, 특이도 79.1%, 최적의 절단값은 >1.34 로 나타나 기존 연구와 비교하여 AUC, 민감도, 특이도는 유사한 연구 결과를 보였고, 최적의 절단값은 차이를 보였다. 이는 기존 연구는 CMI 지수가 대사 관련 지방간 질환 사이의 연관성을 입증하는 연구인 반면 본 연구는 건강검진 대상자를 통한 CMI 지수가 대사증후군 진단 예측지수 연구로서 연구 모집단의 차이로 나타난 결과로 판단된다. Liu 등[25]은 연구에서 중국 인구의 정상체중 대사 비만(MONW)을 식별하기 위해 ROC 분석을 통해 CMI 지수에 대한 AUC 값을 제시하였으며, 이때, CMI 지수는 남성과 여성에서 AUC가 각각 0.85, 0.91로 제시하고 있다. 본 연구에서는 전체 대상자를 기준으로 대사증후군 그룹의 AUC 값이 0.85로 나타나 기존 연구와 유사한 결과를 나타냈다. Sabarinathan 등[26]은 연구에서 대사증후군의 진단 마커로서 CMI 지수를 제안하였으며, ROC 분석을 통해 CMI 지수는 AUC 값을 0.95로 제시하였다. 본 연구에서는 대사증후군 ROC 분석을 통해 CMI 지수의 AUC 값은 0.88로 낮게 나타나 기존 연구와 차이를 보였다. Ichiro 등[27]의 연구에서 CMI 지수는 지방과 혈중지질을 반영하는 새로운 지표이며, 고혈당증 및 당뇨병과 CMI 지수의 상관관계는 강한 상관이 있다고 하였다. 본 연구에서는 고혈당증 및 당뇨병과 연관되는 변수인 공복혈당(FPG)과 CMI 지수의 상관관계는 약한 상관을 보였다($r=0.262$, $P<0.001$). 이는 당뇨와 대사증후군은 유전, 생활 습관, 인슐린 저항성 및 염증과 같은 다양한 요인에 영향을 받는 복합적인 질환을 의미하며, 공복혈당(FPG)은 고혈당을 나타내는 단순 주요 지표이지, 대사증후군 진단 전체 집단을 대표하기에는 예측지수로서 미비함을 의미한다. Duan 등[24]은 연구에서 CMI 지수가 대사 관련 지방간 질환 사이의 연관성을 입증하는 연구를 통해 대사증후군뿐만 아니라 관련 합병증도 진단할 수 있는 CMI 지수의 AUC 값은 0.85를 제시하고 있으며, Lazzer 등[28]의 연구에서는 대사증후군 위험이 높은 비만 여성 그룹을 대상으로 대사증후군을 초기에 식별할 수 있는 예측지수로 CMI 지수의 AUC 값은 0.86을 제시하고 있다. 본 연구에서 건강검진 대상자를 대상으로 한 대사증후군 예측지수 연구에서 CMI 지수(AUC=0.88)가 다른 변수보다 가장 우수한 진단능을 보였다. 그리고, Duan 등[24]과 Lazzer 등[28]은 연구에서 대사증후군 초기에 진단하기 위한 최적의 절단값으로 CMI 지수의 경우 각각 >0.88 , >0.84 로 제시하고 있으나 본 연구에서는 CMI 지수에 대한 최적의 절단값으로 >1.34 로 나타나 기존 연구 결과와는 차이를 보였다. 이는 성별, 인종 및 기저 질환 유·무 등 모집단의 특성이 CMI 지수 및 대사증후군 진

단에 영향을 미친 것으로 판단되며, 기존 연구에서 최적의 절단값이 낮게 나타난 이유로는 대사증후군의 높은 유병률, 민감도를 높이기 위해 최적의 절단값이 낮게 나타났을 것으로 판단된다.

연구의 한계점으로, 첫째, 이 연구는 특정 지역에서 건강 검진을 받은 대상을 대상으로 하였기 때문에 전체의 인구를 대신하기에는 한계가 있다. 둘째, TyG 지수와 CMI 지수의 최적 절단값은 다른 연구와 일부 차이가 있으며, 이는 연구 대상자의 특성과 인구학적 요인에 대한 특성을 고려하지 않았기에 이러한 지표를 임상 실무에서 적용하기 어려운 한계가 있다. 마지막으로, 대사증후군은 다양한 요인에 영향을 받는 복합적인 질환으로, 단일 지표로만 진단하기 어려운 측면이 있다. 따라서 대사 증후군의 진단 예측지수로서 TyG 지수, CMI 지수 적용을 검증하기 위해서는 연구 대상자의 특성과 인구학적 요인을 포함하는 추가적인 연구가 필요하다고 판단되며, 본 연구의 결과를 추가적인 연구를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

V. 결론

CMI 지수와 TyG 지수는 대사증후군 진단과 매우 관련이 높은 예측지수로 여겨지며, 허리둘레(WC)도 대사증후군을 예측하는 뛰어난 변수로 확인되었다. 특히, ROC 분석 결과, CMI 지수와 TyG 지수가 대사증후군 발생 위험을 예측하는 가장 관련이 높은 인자로 나타났다. 이들 변수를 고려하여 임상에서 일차적으로 진료에 임한다면 대사증후군 예방과 조기진단에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] <https://health.kdca.go.kr>
- [2] Rodriguez-Colon SM, Mo J, Duan Y, Liu J, Caulfield JE, Jin X, et al. Metabolic syndrome clusters and the risk of incident stroke: The atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Stroke*. 2009;40(1):200-5. DOI: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.523035>
- [3] Li R, Li Q, Cui M, Yin Z, Li L, Zhong T, et al. Clinical surrogate markers for predicting metabolic syndrome in middle-aged and elderly Chinese. *Journal of Diabetes Investigation* 2018;9(2):411-18. DOI: <https://doi.org/10.1111/jdi.12708>
- [4] Dunn FL. Management of dyslipidemia in people with type 2 diabetes mellitus. *Rev Endocr Metab Disord*. 2010;11(1):41-51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11154-010-9132-6>
- [5] Cordero A, Laclaustra M, León M, Casasnovas JA, Grima A, Luengo E, et al. Comparison of serum lipid values in subjects with and without the metabolic syndrome. *Am J Cardiol*. 2008;102(4):424-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.03.079>
- [6] Moon SJ, Park JS, Ahn YH. The cut-off values of triglycerides and glucose index for metabolic syndrome in American and Korean Adolescents. *Journal of Korean Medical Science* 2017;32(3):427-33. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.3.427>
- [7] Bonora E, Targher G, Alberiche M, Bonadonna RC, Saggiani F, Zenere MB, Monauni T, Muggeo M. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: Studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. *Diabetes Care*. 2000;23(1):57-63. DOI: <https://doi.org/10.2337/diacare.23.1.57>
- [8] Simental-Mendía LE, Rodríguez-Morán M, Guerrero-Romero F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*. 2008;6(4):299-304. DOI: <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>
- [9] Guerrero-Romero F, Simental-Mendía LE, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernández-González SO, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2010;95(7):3347-51. DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0288>
- [10] Hsieh SD, Muto T. Metabolic syndrome in Japanese men and women with special reference to the anthropometric criteria for the assessment of obesity: Proposal to use the waist-to-height ratio. *Prev Med*. 2006;42(4):135-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2005.08.007>
- [11] Lee CMY, Huxley RR, Wildman RP, Woodward M.

- Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: A meta-analysis. *Journal Clinical Epidemiology* 2008; 61(7):646-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2007.08.012>
- [12] Ashwell M, Gunn P, Gibson S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: Systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2012;13(3):275-86. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00952.x>
- [13] Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J, IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet.* 2005; 366(9491):1059-62. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67402-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67402-8)
- [14] Shin KA. Triglyceride and Glucose (TyG) index is a clinical surrogate marker for the diagnosis of metabolic syndrome. *The Korean Society For Biomedical Laboratory Sciences.* 2017;23(4):348-54. DOI: <https://doi.org/10.15616/BSL.2017.23.4.348>
- [15] World Health Organization. Western pacific region, international association for the study of obesity, and international obesity task force. *The Asian-pacific perspective: Redefining obesity and its treatment.* Sydney, Australia: Health Communications Australia; 2000.
- [16] Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: An American Heart Association/ National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation.* 2005; 112(17):2735-52. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404>
- [17] Muller MP, Tomlinson G, Marrie TJ, Tang P, McGeer A, Low DE, et al. Can routine laboratory tests discriminate between severe acute respiratory syndrome and other causes of community-acquired pneumonia? *Clinical Infectious Diseases.* 2005;40(8):1079-86. DOI: <https://doi.org/10.1086/428577>
- [18] Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation.* 2009;120(16):1640-45. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644>
- [19] Takahashi M, Shimomura K, Proks P, Craig TJ, Negishi M, Akuzawa M, et al. A proposal of combined evaluation of waist circumference and BMI for the diagnosis of metabolic syndrome. *Endocrine Journal.* 2009;56(9):1079-82. DOI: <https://doi.org/10.1507/endocrj.k09e-197>
- [20] Xu X, Bhagavathula AS, Zhang Y, Ryan PM, Rahmani J, Qi X. Sex Differences in the TyG index and cardiovascular risk factors in metabolically obese normal weight phenotype. *International Journal of Endocrinology.* 2022;24:1139045. eCollection. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/1139045>
- [21] Manjuladevi MT, Periyasamy S, Saraswathy A. Evaluation of novel metabolic indices and lipid ratios to identify metabolic syndrome in South Indians. *Int J Med Rev Case Rep.* 2022;6(24):24-9. DOI: <https://doi.org/10.5455/IJMRCR.172-1658820482>
- [22] Lee SH, Kwon HS, Park YM, Ha HS, Jeong SH, Yang HK, et al. Predicting the development of diabetes using the product of triglycerides and glucose: The Chungju Metabolic Disease Cohort (CMC) study. *Public Library of Science One.* 2014;9(2):e90430. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090430>
- [23] David NG, Laura SI, Juan PD, Alejandro FM, Alfredo M. Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved diabetes prediction in patients with normal fasting glucose: The Vascular-Metabolic CUN cohort. *Preventive Medicine.* 2016;86:99-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.01.022>
- [24] Duan S, Yang D, Xia H, Ren Z, Chen J, Yao S. Cardiometabolic index: A new predictor for metabolic associated fatty liver disease in Chinese adults. *Front Endocrinol(Lausanne).* 2022;13:1004855. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1004855>

eCollection 2022.

- [25] Liu X, Wu Q, Yan G, Duan J, Chen Z, Yang P, et al. Cardiometabolic index: A new tool for screening the metabolically obese normal weight phenotype. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2021;44(6):1253-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01417-z>
- [26] Sabarinathan M, Deepak Rajan DS, Ananthi N, et al. Correlation of cardiometabolic index and high sensitivity c reactive protein as obesity markers in metabolic syndrome patients – a case control study. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2022;13(9):9553-61. DOI: <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S09.1116>
- [27] Ichiro W, Takashi D. The “cardiometabolic index” as a new marker determined by adiposity and blood lipids for discrimination of diabetes mellitus. *Clinica Chimica Acta*. 2015;438(1):274-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.08.042>
- [28] Lazzer S, D'Alleva M, Isola M, Martino MD, Caroli D, Bondesan A, et al. Cardiometabolic Index (CMI) and Visceral Adiposity Index (VAI) highlight a higher risk of metabolic syndrome in women with severe obesity. *J. Clin. Med*. 2023;12(9):3055. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12093055>

| 구분 | 성명 | 소속 | 직위 |
|------|-----|--------------|-----|
| 제1저자 | 안현 | 동의대학교 방사선학과 | 조교수 |
| 공동저자 | 윤현서 | 동의대학교 치위생학과 | 교수 |
| 교신저자 | 박충무 | 동의대학교 임상병리학과 | 부교수 |