

## Comparison of Predictive Value of Obesity and Lipid Related Variables for Metabolic Syndrome and Insulin Resistance in Obese Adults

Kyung A Shin<sup>†,\*</sup>

Department of Clinical Laboratory Science, Shinsung University, Dangjin 31801, Korea

In this study, obese adults were compared for their ability to predict obesity and lipid related variables and their optimal cutoff values to predict metabolic syndrome and insulin resistance. In this study, 9,256 adults aged 20 years or older and less than 80 years old, who were in the Gyeonggi region from January 2014 to December 2016 and who were examined at a general hospital, were enrolled. The diagnostic criteria for obesity were WHO (World Health Organization), and BMI 25 kg/m<sup>2</sup> or more presented in the Asia-Pacific region. Metabolic syndrome was diagnosed based on the criteria of American Heart Association / National Heart, Lung, and Blood Institute (AHA / NHLBI). According to the results of receiver operating characteristic curve (ROC) analysis, Triglyceride / HDL-cholesterol (TG / HDL-C), Triglyceride and Glucose (TyG) index, lipid accumulation product (LAP) and visceral adiposity index (VAI) showed high predictive power for diagnosing metabolic syndrome. The diagnostic accuracy of LAP (AUC: 0.854) for males and VAI (0.888) for females was the highest. The optimal cutoff value of LAP was 42.71 for male and 35.44 for female, and the cutoff value of VAI was 1.92 for male and 2.15 for female. In addition, WHtR (waist to height ratio), TyG index, and LAP were used as predictors of insulin resistance in obese adults. Therefore, LAP and VAI were superior to other indicators in predicting metabolic syndrome in obese adults.

**Key Words:** Insulin resistance, Lipid, Metabolic syndrome, Obesity

### 서 론

대사증후군은 생활습관과 식습관의 변화로 인해 비만 인구의 증가와 동반하여 지속적으로 증가하는 추세이다. 2007년부터 2010년까지 국민건강영양조사를 통해 분석한 결과 30세 이상 한국인의 대사증후군 유병률은 28.8%로 보고된다(Korea Ministry of Health and Welfare, 2012). 대사증후군은 심혈관계 질환과 당뇨병을 유발하는 관련 위험요인의 복합체로서, 복부비만, 혈압상승, 공복혈당 상승, 중성지방 상승, 고밀도 지단백(high density lipoprotein, HDL)-콜레스테롤 감소가 위험요소로 알려져 있다(Galassi et al.,

2006; Ford et al., 2008; Alberti et al., 2009). 또한 인슐린저항성은 탄수화물 및 지질 대사, 자율신경계, 혈관내피세포 기능에 이상을 일으키며, 대사증후군 위험요소들과 연관성이 입증되면서 대사증후군을 일으키는 근본 원인으로 제시된다(Hsueh and Quiñones, 2003; Perseghin et al., 2003). 따라서 대사증후군은 복부 지방축적과 인슐린저항성으로 인한 만성 염증상태를 나타낸다(Esser et al., 2014).

대사증후군과 인슐린저항성의 발병 및 진행을 예방하기 위해서는 대사증후군 발병위험이 높은 환자를 조기에 진단하는 것이 중요하다(Gu et al., 2018). 특히 인슐린저항성을 진단하는 표준방법인 고인슐린혈증 정상혈당 클램프(hyperinsulinemic euglycemic glucose clamp)법은 임상에

Received: June 5, 2019 / Revised: July 16, 2019 / Accepted: July 24, 2019

\*Professor.

†Corresponding author: Kyung A Shin. Department of Clinical Laboratory Science, Shinsung University, 1 Daehak-ro, Jeongmi-myeon, Dangjin 31801, Korea. Tel: +82-41-350-1408, Fax: +82-41-350-1355, e-mail: mobitz2@hanmail.net

©The Korean Society for Biomedical Laboratory Sciences. All rights reserved.

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

적용하는데 있어서 실용적이지 못하다는 한계가 있다 (Elahi, 1996).

체질량지수(body mass index, BMI), 허리둘레와 신장 비율(waist / height ratio, WHtR), 중성지방과 HDL-콜레스테롤 비율(TG / HDL-C), LAP (lipid accumulation product), VAI (visceral adiposity index), Triglyceride and Glucose (TyG) index는 일반적으로 대사증후군을 예측하는 간단하고 유용한 지표로 제안된다(Wang et al., 2009; Li et al., 2018; Shin, 2018a; Shin, 2018b). 선행연구에서 BMI와 WHtR은 심장대사 위험요소를 진단하기 위한 인체 측정학적 변인으로 간주되었다(Wang et al., 2009; Shin, 2018a). 최근에 제시된 LAP와 VAI는 내장비만을 측정하는데 유용한 것으로 알려져 있다(Kahn, 2005; Amato et al., 2010). LAP는 허리둘레와 중성지방의 조합으로 계산되며, VAI 공식에는 BMI 및 허리둘레의 신체계측 지표와 중성지방 및 HDL-콜레스테롤의 지질 지표로 구성된다(Kahn, 2005; Amato et al., 2010). TyG Index는 인슐린저항성을 진단하는 간접적 지표인 HOMA-IR (homeostasis model assessment of insulin resistance)보다 높은 진단적 가치를 보여 대사증후군 위험을 인식하는데 좋은 지표로 알려진다(Shin, 2017).

심혈관계 질환의 위험을 예측하는데 있어서 지질 지표를 개별적으로 평가하는 것보다 지질 비율을 확인하는 것이 진단 효율성을 높일 수 있다고 보고된다(Eliasson et al., 2011). 지질 비율은 또한 심혈관계 질환 및 만성 신장 질환의 위험을 평가하는 데 사용될 수 있다(Arsenault et al., 2011; Zhang et al., 2014). Gaziano 등(1997)에 따르면 TG / HDL-C 비율은 심근경색의 강력한 예측인자이며, 인종이나 민족과 관계없이 고인슐린혈증과 유의한 관련성을 보고하였다. 특히 중성지방의 상승과 HDL-콜레스테롤의 저하는 모두 대사증후군의 구성 요소이다.

이와 같이 WHtR, LAP, VAI, TyG index, 지질 비율 등의 다양한 지표들과 대사증후군의 상관관계가 입증되었지만, 대사증후군을 예측하기 위한 최적의 기준치(optimum cut-off values)를 제시한 연구는 아직까지 미흡하다. 이에 본 연구에서는 비만 성인을 대상으로 성별에 따른 대사증후군 및 인슐린저항성에 대한 비만과 지질관련 변수의 예측능력과 최적의 기준치를 비교함으로써 어떠한 지표가 대사증후군과 인슐린저항성을 예측하는 가장 좋은 지표인지를 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 연구 대상

이 연구는 2014년 1월부터 2016년 12월까지 경기지역에 위치한 종합병원에서 건강검진을 받은 20세 이상 80세 이하의 비만 성인남녀를 대상으로 하였다. 전체 9,280명의 대상자 중 심혈관질환자, 신장질환자, 간염보균자, 간경화, 간암을 포함한 간질환자를 제외한 연구 대상자는 남성 7,109명, 여성 2,147명으로 총 9,256명이었다. 비만 진단기준은 WHO (World Health Organization) 아시아태평양지역에서 제시하는 BMI 25 kg/m<sup>2</sup> 이상을 기준으로 하였다(WHO, 2004). 병력사항은 건강검진 설문지에 자기기입식 방법으로 조사하였으며, 이 연구는 경기지역 종합병원에서 기관생명윤리심의위원회(institutional review board)에서 심의를 받고 수행하였다(IRB No: SP-2019-11-020-021).

### 연구방법

**인체측정 변인의 계측 및 혈압측정:** 신장 및 체중의 측정은 체성분 측정기 인바디 720 (Biospace Co., Seoul, Korea)을 사용하였으며, 체중을 키의 제곱으로 나누어 BMI를 계산하였다. 허리둘레는 25~30 cm 정도 양발을 체중이 분산되게 벌리고 숨을 내쉬 다음 갈비뼈 제일 아래 부분과 골반의 가장 높은 부위의 중간위치를 측정하였다. 엉덩이 둘레는 옆으로 보았을 때 엉덩이의 가장 높은 부위를 수평으로 측정하였다. 자동혈압계(A&D Co., Asahi, Japan)로 10분간 안정을 취한 후 수축기와 이완기 혈압을 측정하였다.

**비만 및 지질관련 변수의 측정:** 비만관련 지표인 WHtR은 허리둘레(cm)를 신장(m)으로 나눈 값으로 구하였다. 지질관련 지표인 TyG index는  $\ln [TG (mg/dL) \times FPG (mg/dL) / 2]$ 의 공식으로 계산하였다(Simental-Mendía et al., 2008). LAP는 여성의 경우  $(WC - 58) \times TG$ , 남성의 경우  $(WC - 65) \times TG$ 로 계산하였다(Kahn, 2005). VAI는 여성은  $[WC / 36.58 + (1.89 \times BMI)] \times (TG / 0.81) \times (1.52 / HDL)$ , 남성의 경우  $[WC / 39.68 + (1.88 \times BMI)] \times (TG / 1.03) \times (1.31 / HDL)$ 의 공식에 따라 산출하였다(Amato et al., 2010).

**대사증후군 진단 및 생화학적 분석:** 대사증후군의 진단은 American Heart Association (AHA) / National Heart, Lung, and

Blood Institute (NHLBI) 지침의 기준에 따라 3가지 이상 해당하는 경우 대사증후군으로 판정하였으며, 1~2개의 대사증후군 기준에 해당하는 경우는 대사증후군 진단기준으로 판정하였다(Grundy et al., 2005). 구체적인 진단기준은 ① 허리둘레는 여성  $\geq 88$  cm, 남성  $\geq 102$  cm ② 혈압은 수축기 혈압  $\geq 130$  mmHg 또는 이완기 혈압  $\geq 85$  mmHg ③ 공복혈당은  $\geq 100$  mg/dL ④ HDL-콜레스테롤은 여성  $< 50$  mg/dL, 남성  $< 40$  mg/dL ⑤ 중성지방은  $\geq 150$  mg/dL 이다. 진단기준 중 복부비만은 WHO의 아시아태평양지역에서 제시하고 있는 기준에 따라 여성은  $\geq 80$  cm, 남성은  $\geq 90$  cm을 적용하였다(WHO, 2000). 혈액검사는 8시간 이

상 공복상태에서 채혈 후 분석하였다. 생화학적 변수 중 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 저밀도 지단백(low density lipoprotein, LDL)-콜레스테롤, 공복혈당, 요산, 고감도 C-반응성단백(high sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)은 TBA-200FR NEO (Toshiba, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 당화혈색소(hemoglobin A1c, HbA1c)는 고속액체크로마토그래피법(high performance liquid chromatography)을 적용한 Variant II (Bio Rad, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 인슐린은 전기화학발광 면역분석법(electrochemiluminescence immunoassay)의 원리를 적용한 Roche Modular Analytics E170 (Roche, Mannheim, Germany)으로 측정하였

**Table 1.** Anthropometric and characteristics of the study male subjects

Variables	With MetSy (N=1,448)	Without MetSy (N=5,661)	P-value	With IR (N=97)	Without IR (N=7,012)	P-value
Age (years)	48.18 $\pm$ 10.76	45.25 $\pm$ 10.43	<0.001	49.49 $\pm$ 12.55	45.79 $\pm$ 10.52	0.005
Height (cm)	171.80 $\pm$ 6.31	171.26 $\pm$ 6.41	0.004	170.96 $\pm$ 6.95	171.38 $\pm$ 6.38	0.523
Weight (kg)	83.48 $\pm$ 9.96	78.17 $\pm$ 8.12	<0.001	83.71 $\pm$ 12.30	79.19 $\pm$ 8.71	<0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.25 $\pm$ 2.53	26.63 $\pm$ 1.82	<0.001	28.54 $\pm$ 2.79	26.94 $\pm$ 2.07	<0.001
WC (cm)	93.38 $\pm$ 5.92	87.38 $\pm$ 5.58	<0.001	94.25 $\pm$ 7.93	88.52 $\pm$ 6.08	<0.001
HC (cm)	102.44 $\pm$ 43.02	98.36 $\pm$ 24.14	0.001	100.58 $\pm$ 6.44	99.18 $\pm$ 29.34	0.644
WHtR	0.54 $\pm$ 0.03	0.51 $\pm$ 0.03	<0.001	0.55 $\pm$ 0.04	0.51 $\pm$ 0.03	<0.001
SBP (mmHg)	123.23 $\pm$ 14.52	113.03 $\pm$ 11.88	<0.001	119.63 $\pm$ 15.22	115.04 $\pm$ 13.08	0.001
DBP (mmHg)	80.42 $\pm$ 10.51	73.40 $\pm$ 9.26	<0.001	76.77 $\pm$ 9.91	74.81 $\pm$ 9.94	0.054
TC (mg/dL)	200.74 $\pm$ 36.71	199.24 $\pm$ 34.53	0.162	200.89 $\pm$ 40.82	199.53 $\pm$ 34.91	0.703
TG (mg/dL)	242.70 $\pm$ 121.07	148.09 $\pm$ 89.15	<0.001	224.71 $\pm$ 156.18	166.57 $\pm$ 102.63	<0.001
HDL-C (mg/dL)	43.63 $\pm$ 9.99	50.44 $\pm$ 10.53	<0.001	45.21 $\pm$ 8.95	49.10 $\pm$ 10.79	<0.001
LDL-C (mg/dL)	124.35 $\pm$ 33.25	127.09 $\pm$ 30.84	0.005	124.00 $\pm$ 32.05	126.57 $\pm$ 31.35	0.422
GLU (mg/dL)	108.70 $\pm$ 29.81	91.28 $\pm$ 15.72	<0.001	127.29 $\pm$ 43.82	94.38 $\pm$ 19.79	<0.001
HbA1c (%)	6.20 $\pm$ 1.12	5.61 $\pm$ 0.62	<0.001	6.81 $\pm$ 1.56	5.71 $\pm$ 0.76	<0.001
Insulin ( $\mu$ U/mL)	8.12 $\pm$ 4.06	5.85 $\pm$ 3.15	<0.001	13.93 $\pm$ 4.60	5.71 $\pm$ 2.49	<0.001
HOMA-IR	0.42 $\pm$ 1.06	0.22 $\pm$ 0.60	<0.001	4.09 $\pm$ 1.25	0.21 $\pm$ 0.55	<0.001
UA (mg/dL)	6.41 $\pm$ 1.45	6.25 $\pm$ 1.28	<0.001	6.16 $\pm$ 1.43	6.28 $\pm$ 1.32	0.378
hs-CRP (mg/dL)	0.21 $\pm$ 0.50	0.17 $\pm$ 0.40	0.001	0.38 $\pm$ 1.11	0.17 $\pm$ 0.40	0.075
TG/HDL-C	5.95 $\pm$ 3.57	3.16 $\pm$ 2.26	<0.001	5.22 $\pm$ 3.66	3.71 $\pm$ 2.79	<0.001
TyG index	9.35 $\pm$ 0.48	8.66 $\pm$ 0.56	<0.001	9.37 $\pm$ 0.62	8.79 $\pm$ 0.61	<0.001
LAP	74.65 $\pm$ 40.52	35.95 $\pm$ 24.00	<0.001	70.69 $\pm$ 46.43	43.46 $\pm$ 31.79	<0.001
VAI	3.31 $\pm$ 1.97	1.70 $\pm$ 1.22	<0.001	2.91 $\pm$ 1.99	2.02 $\pm$ 1.53	<0.001

Calculated by independent *t*-test

Values are presented as means  $\pm$  standard deviations

Abbreviations: MetSy, metabolic syndrome; IR, insulin resistance; BMI, body mass index; WC, waist circumference; HC, hip circumference; WHtR, waist to height ratio; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; GLU, fasting glucose; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance; UA, uric acid; hs-CRP, high sensitivity C-reactive protein; TyG, triglyceride and glucose; LAP, lipid accumulation product; VAI, visceral adiposity index

다. 인슐린저항성 평가는 HOMA-IR을 적용하였으며, 공복혈당과 인슐린 농도를 이용하여 [공복 인슐린( $\mu\text{IU/mL}$ )  $\times$  공복혈당( $\text{mmol/L}$ ) / 22.5]로 계산하였다. 인슐린저항성은 HOMA-IR치가 3.0 이상에 해당하는 경우 인슐린저항성으로 판정하였다(Lee et al., 2006). HOMA-IR을 포함한 비만 및 지질관련 변수는 공식에 맞춰  $\text{mg/dL}$ 는  $\text{mmol/L}$ 로 환산하여 계산하였다.

### 통계분석

이 연구에서 대사증후군과 인슐린저항성 유무에 따른 대상자의 인체측정학적 및 생화학적 특성의 차이를 검증하고자 독립표본  $t$ -검증(independent sample  $t$ -test)을 적용하였다. 성별에 따른 대사증후군 구성요소 및 인슐린저항성의 차이는 카이스퀘어 검증(chi-squared test)을 실시하였다.

대사증후군 정도에 따른 비만 및 지질관련 지표의 차이는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)으로 확인하였으며, 사후검정으로 Scheffe 방법을 적용하였다. 또한 ROC(receiver operating characteristic) 분석을 이용하여 비만 및 지질관련 지표가 대사증후군 및 인슐린저항성 예측을 위해 정확한 지표인지를 확인하기 위해 면적을 구하여 비교하였다. 또한 대사증후군 및 인슐린저항성을 예측하기 위한 비만 및 지질관련 지표의 적정 기준치를 확인하기 위해 민감도와 특이도의 합이 최대가 되는 지점을 선택하였다. 이 연구에서 ROC 분석을 제외한 모든 통계분석은 SPSS 통계프로그램(IBM, NY, USA)으로 처리하였으며, ROC 분석은 MedCalc Statistical Software 19.0.3 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgium)을 사용하였다. 또한 이 연구의 모든 통계적 유의성의 평가기준은  $P < 0.05$ 로 설정하였다.

**Table 2.** Anthropometric and characteristics of the study female subjects

Variables	With MetSy (N=489)	Without MetSy (N=1,658)	P-value	With IR (N=39)	Without IR (N=2,108)	P-value
Age (years)	55.39 $\pm$ 11.21	49.82 $\pm$ 11.54	<0.001	58.92 $\pm$ 10.95	50.94 $\pm$ 11.67	<0.001
Height (cm)	155.86 $\pm$ 5.92	156.57 $\pm$ 5.84	0.017	155.38 $\pm$ 7.09	156.43 $\pm$ 5.84	0.271
Weight (kg)	68.06 $\pm$ 8.34	65.69 $\pm$ 7.35	<0.001	68.98 $\pm$ 9.98	66.18 $\pm$ 7.59	0.089
BMI ( $\text{kg/m}^2$ )	28.00 $\pm$ 2.59	26.79 $\pm$ 2.18	<0.001	28.48 $\pm$ 2.72	27.04 $\pm$ 2.32	0.002
WC (cm)	86.27 $\pm$ 6.26	81.07 $\pm$ 6.40	<0.001	89.29 $\pm$ 8.78	82.12 $\pm$ 6.62	<0.001
HC (cm)	101.56 $\pm$ 58.88	96.92 $\pm$ 22.47	0.103	98.51 $\pm$ 7.01	97.95 $\pm$ 34.56	0.920
WHtR	0.55 $\pm$ 0.04	0.51 $\pm$ 0.04	<0.001	0.57 $\pm$ 0.06	0.52 $\pm$ 0.04	<0.001
SBP (mmHg)	120.95 $\pm$ 16.65	109.75 $\pm$ 13.25	<0.001	119.23 $\pm$ 21.53	112.17 $\pm$ 14.68	0.003
DBP (mmHg)	77.18 $\pm$ 10.96	70.43 $\pm$ 9.58	<0.001	70.76 $\pm$ 9.35	71.99 $\pm$ 10.32	0.461
TC (mg/dL)	204.04 $\pm$ 36.89	199.80 $\pm$ 34.45	0.019	206.48 $\pm$ 40.74	200.66 $\pm$ 34.95	0.305
TG (mg/dL)	189.64 $\pm$ 91.98	99.54 $\pm$ 48.31	<0.001	155.05 $\pm$ 95.72	119.41 $\pm$ 71.14	0.002
HDL-C (mg/dL)	46.67 $\pm$ 10.05	59.74 $\pm$ 12.77	<0.001	52.97 $\pm$ 13.54	56.84 $\pm$ 13.37	0.074
LDL-C (mg/dL)	130.59 $\pm$ 33.34	124.19 $\pm$ 31.53	<0.001	131.61 $\pm$ 34.24	125.54 $\pm$ 32.01	0.242
GLU (mg/dL)	106.16 $\pm$ 28.03	89.69 $\pm$ 14.63	<0.001	130.94 $\pm$ 47.32	92.75 $\pm$ 18.22	<0.001
HbA1c (%)	6.27 $\pm$ 1.09	5.62 $\pm$ 0.58	<0.001	7.00 $\pm$ 1.58	5.75 $\pm$ 0.74	<0.001
Insulin ( $\mu\text{U/mL}$ )	8.03 $\pm$ 4.19	5.67 $\pm$ 3.16	<0.001	14.13 $\pm$ 4.45	5.64 $\pm$ 2.70	<0.001
HOMA-IR	0.58 $\pm$ 1.12	0.32 $\pm$ 0.69	<0.001	4.29 $\pm$ 1.37	0.31 $\pm$ 0.63	<0.001
UA (mg/dL)	4.87 $\pm$ 1.45	4.47 $\pm$ 0.98	<0.001	4.52 $\pm$ 1.00	4.57 $\pm$ 1.03	0.798
hs-CRP (mg/dL)	0.21 $\pm$ 0.26	0.18 $\pm$ 0.42	0.106	0.29 $\pm$ 0.25	0.18 $\pm$ 0.39	0.088
TG/HDL-C	4.32 $\pm$ 2.50	1.79 $\pm$ 1.07	<0.001	3.15 $\pm$ 2.31	2.35 $\pm$ 1.84	0.007
TyG index	9.09 $\pm$ 0.47	8.29 $\pm$ 0.48	<0.001	9.03 $\pm$ 0.58	8.46 $\pm$ 0.58	<0.001
LAP	57.94 $\pm$ 30.06	25.14 $\pm$ 14.88	<0.001	52.38 $\pm$ 32.74	32.24 $\pm$ 23.44	<0.001
VAI	3.40 $\pm$ 1.97	1.36 $\pm$ 0.81	<0.001	2.53 $\pm$ 1.75	1.81 $\pm$ 1.45	0.002

Calculated by independent  $t$ -test

Values are presented as means  $\pm$  standard deviations

Abbreviations: See Table 1

## 결 과

### 대사증후군 및 인슐린저항성 유무에 따른 대상자의 인체측정학적 및 생화학적 특성

남성 대상자를 대사증후군 및 인슐린저항성 존재 유무로 구분하여 인체측정학적 및 생화학적 특성을 비교한 결과, 총콜레스테롤을 제외한 모든 지표에서 집단간 유의한 차이가 있었다(모두  $P<0.05$ ). 특히 WHtR과 TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 대사증후군 진단군인 경우 높게 나타났다(모두  $P<0.001$ ). 인슐린저항성 유무에 따라 신장, 엉덩이 둘레, 이완기 혈압, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 요산, hs-CRP를 제외한 모든 지표에서 집단간 유의한 차이를 나타냈다(모두  $P<0.05$ ). 특히 WHtR, TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 인슐린저항성군에서 높았다(모두  $P<0.001$ ) (Table 1). 여성 대상자를 대사증후군 및 인슐린저항성 유무로 구분하여 인체측정학적 및 생화학적 특성의 차이를 비교한 결과, 엉덩이 둘레, hs-CRP를 제외한 모든 변인에서 집단간 유의한 차이를 보였다(모두  $P<0.05$ ). 특히 WHtR, TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI은 대사증후

군 진단군인 경우 높았다(모두  $P<0.001$ ). 인슐린저항성 유무에 따라 연령( $P<0.001$ ), BMI ( $P=0.002$ ), 허리둘레( $P<0.001$ ), WHtR ( $P<0.001$ ), 수축기 혈압( $P=0.003$ ), 중성지방( $P=0.002$ ), 공복혈당( $P<0.001$ ), HbA1c ( $P<0.001$ ), 인슐린

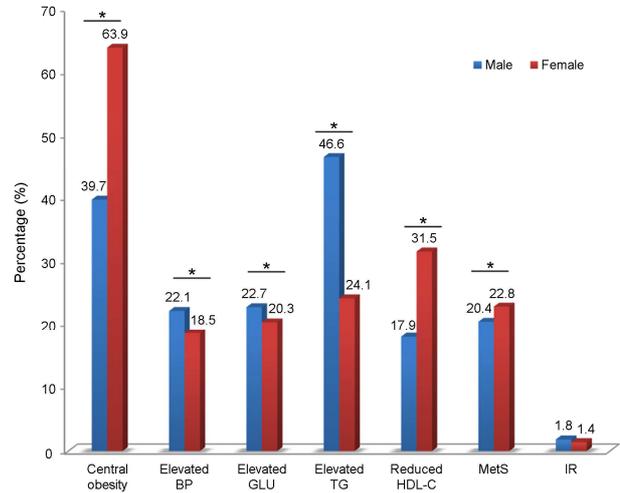


Fig. 1. Prevalence of MetS, IR and MetS components in males and females. \*,  $P<0.05$ . Abbreviations: See Table 1.

Table 3. Differences in obesity and lipid related variables according to the degree of metabolic syndrome

Variables	MetSy	Pre MetSy	Without MetSy	P-value
Male	N=1,448	N=4,010	N=1,651	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.25±2.53 <sup>ab</sup>	26.93±1.97 <sup>a</sup>	25.92±1.08	<0.001
WC (cm)	93.38±5.92 <sup>ab</sup>	88.71±5.70 <sup>a</sup>	84.15±3.67	<0.001
WHtR	0.54±0.03 <sup>ab</sup>	0.51±0.03 <sup>a</sup>	0.49±0.02	<0.001
TG/HDL-C	5.95±3.57 <sup>ab</sup>	3.71±2.44 <sup>a</sup>	1.83±0.70	<0.001
TyG index	9.35±0.48 <sup>ab</sup>	8.83±0.54 <sup>a</sup>	8.26±0.36	<0.001
LAP	74.65±40.52 <sup>ab</sup>	42.63±25.23 <sup>a</sup>	19.71±7.54	<0.001
VAI	3.31±1.9 <sup>ab</sup>	2.01±1.31 <sup>a</sup>	0.97±0.37	<0.001
Female	N=489	N=1,229	N=429	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.00±2.59 <sup>ab</sup>	27.16±2.35 <sup>a</sup>	25.71±0.98	<0.001
WC (cm)	86.27±6.26 <sup>ab</sup>	83.05±6.13 <sup>a</sup>	75.40±2.68	<0.001
WHtR	0.55±0.04 <sup>ab</sup>	0.53±0.04 <sup>a</sup>	0.48±0.02	<0.001
TG/HDL-C	4.32±2.50 <sup>ab</sup>	1.98±1.14 <sup>a</sup>	1.23±0.52	<0.001
TyG index	9.09±0.47 <sup>ab</sup>	8.38±0.48 <sup>a</sup>	8.03±0.38	<0.001
LAP	57.94±30.06 <sup>ab</sup>	28.84±15.30 <sup>a</sup>	14.54±5.88	<0.001
VAI	3.40±1.97 <sup>ab</sup>	1.53±0.86 <sup>a</sup>	0.89±0.38	<0.001

Calculated by one way ANOVA and Scheffe test

Values are presented as means ± standard deviations

a, significantly different from without MetSy at  $P<0.05$ ; b, significantly different from Pre MetSy at  $P<0.05$

Abbreviations: See Table 1.

( $P<0.001$ ), HOMA-IR ( $P<0.001$ )은 인슐린저항성군에서 유의하게 높았다. 또한 TG / HDL-C ( $P=0.007$ ), TyG index ( $P<0.001$ ), LAP ( $P<0.001$ ), VAI ( $P=0.002$ )도 인슐린저항성군이 높았다(Table 2).

#### 성별에 따른 대사증후군 구성요소 및 인슐린저항성의 발생 빈도 차이

복부비만, 낮은 HDL-콜레스테롤혈증, 대사증후군 유병률은 여성에서 통계적으로 유의하게 높은 빈도를 보였으며, 높은 혈압, 고혈당, 고중성지방혈증은 남성에서 높은 빈도를 나타냈다(모두  $P<0.05$ ). 그러나 인슐린저항성 유병률은 성별에 따른 차이를 보이지 않았다(Fig. 1).

#### 대사증후군 정도에 따른 비만 및 지질관련 변인의 차이

남성의 대사증후군 정도에 따른 비만 및 지질관련 변인의 차이를 살펴보면, BMI, 허리둘레, WHtR, TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 대사증후군 전단계와 대사증후군 진단군의 경우 대사증후군 위험요인이 없는군보다 높게 나타났고, 대사증후군 진단군은 대사증후군 전단계군보다 높았다(모두  $P<0.001$ ). 여성의 대사증후군 정도에 따른 비만 및 지질관련 변인의 차이를 확인한 결과, 남성과 동일하게 BMI, 허리둘레, WHtR, TG / HDL-C, TyG index, LAP,

VAI는 대사증후군 전단계군이 대사증후군 위험요인이 없는군보다 높았으며, 대사증후군 진단군은 대사증후군 위험요인이 없는군과 대사증후군 전단계군보다 높았다(모두  $P<0.001$ ) (Table 3).

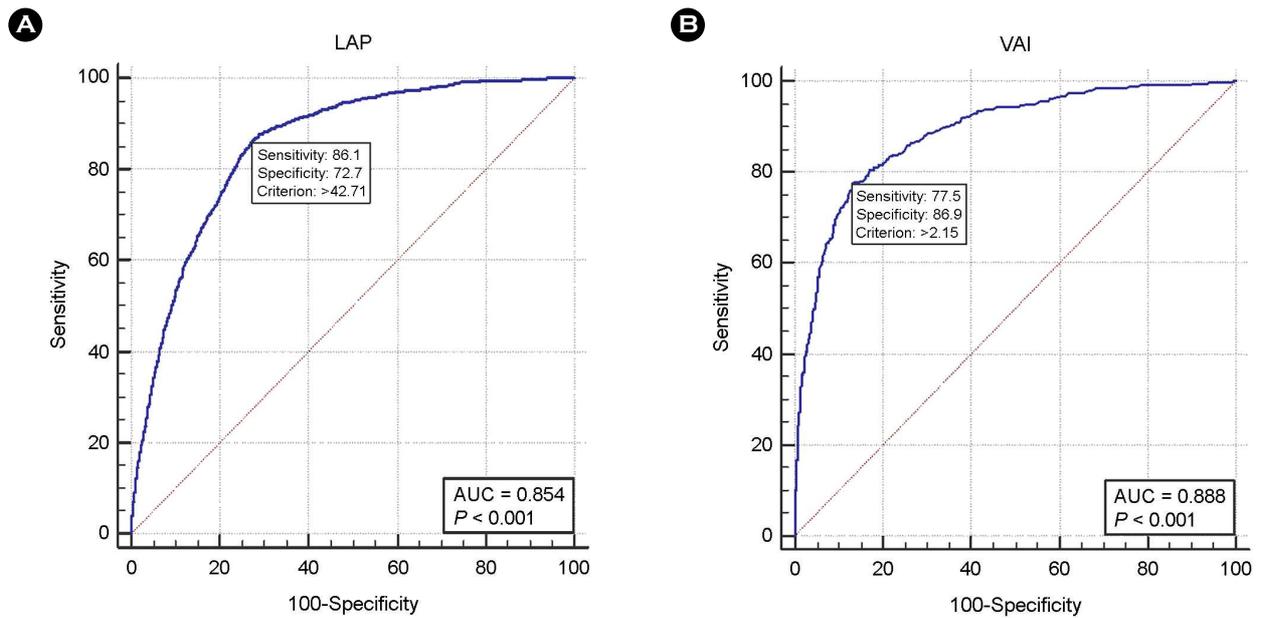
#### 대사증후군 예측을 위한 비만 및 지질관련 변인 평가

비만 성인남성의 대사증후군 예측을 위한 BMI의 최적 기준치는 26.00, AUC 값은 0.709(민감도 73.55%, 특이도 57.55%)이었다. 허리둘레의 최적 기준치는 89.00, AUC 값은 0.793(민감도 82.73%, 특이도 71.35%)이었다. TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 BMI와 허리둘레보다 대사증후군을 예측하는 더 유용한 지표였다. 또한 WHtR은 BMI보다는 유용한 지표였으나, 대사증후군을 예측하는데 허리둘레보다 유용한 지표는 아닌 것으로 나타났다(Table 4). 비만 성인여성의 대사증후군 예측을 위한 BMI의 최적 기준치는 26.80, AUC 값은 0.655(민감도 67.28%, 특이도 58.56%)이었다. 허리둘레의 최적 기준치는 79.00, AUC 값은 0.739(민감도 94.07%, 특이도 45.05%)이었다. TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 BMI와 허리둘레보다 대사증후군을 예측하는 더 유용한 지표였다. 또한 WHtR은 BMI보다는 유용한 지표였으나, 허리둘레보다는 예측능력이 낮았다. 특히 비만 성인남성에서 LAP는 대사증후군

**Table 4.** Areas under the receiver operating characteristic curve (AUC) for predicting metabolic syndrome

	Cutoff value	AUC (95% CI)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
<b>Male</b>				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.00	0.709 (0.698~0.719)	73.55	57.55
WC (cm)	89.00	0.793 (0.783~0.802)	82.73	71.35
WHtR	0.52	0.759 (0.749~0.769)	70.30	70.18
TG/HDL-C	3.36	0.803 (0.794~0.813)	81.84	67.06
TyG index	8.91	0.835 (0.826~0.843)	84.94	68.93
LAP	42.71	0.854 (0.845~0.862)	86.12	72.74
VAI	1.92	0.815 (0.805~0.824)	80.59	70.06
<b>Female</b>				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.80	0.655 (0.635~0.679)	67.28	58.56
WC (cm)	79.00	0.739 (0.720~0.758)	94.07	45.05
WHtR	0.51	0.730 (0.711~0.749)	85.69	51.99
TG/HDL-C	2.51	0.881 (0.866~0.894)	80.16	81.85
TyG index	8.74	0.886 (0.872~0.899)	80.57	83.17
LAP	35.44	0.882 (0.867~0.895)	80.16	81.60
VAI	2.15	0.888 (0.874~0.901)	77.51	86.91

Abbreviations: See Table 1



**Fig. 2. ROC curve of the most useful indicator to predict the MetSy in males (A) and females (B).** Abbreviations: ROC, receiver operating characteristic; See Table 1.

**Table 5.** Areas under the receiver operating characteristic curve (AUC) for predicting insulin resistance

	Cutoff value	AUC (95% CI)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
<b>Male</b>				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.00	0.696 (0.685~0.706)	78.35	51.63
WC (cm)	92.60	0.722 (0.711~0.732)	57.73	77.58
WHtR	0.53	0.729 (0.719~0.739)	61.86	73.69
TG/HDL-C	3.15	0.665 (0.654~0.676)	74.23	53.17
TyG index	9.12	0.744 (0.697~0.791)	62.89	71.59
LAP	42.89	0.730 (0.719~0.740)	76.29	61.49
VAI	1.85	0.677 (0.666~0.688)	71.13	58.11
<b>Female</b>				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.00	0.661 (0.641~0.681)	51.28	79.08
WC (cm)	84.50	0.752 (0.733~0.770)	69.23	66.79
WHtR	0.54	0.756 (0.737~0.774)	71.79	69.02
TG/HDL-C	2.30	0.644 (0.623~0.664)	61.54	62.76
TyG index	8.70	0.755 (0.736~0.773)	74.36	66.94
LAP	25.56	0.728 (0.709~0.747)	87.18	50.38
VAI	2.17	0.663 (0.643~0.683)	56.41	73.29

Abbreviations: See Table 1

예측을 위해 가장 유용한 지표였으며, 비만 성인여성의 타났다(Table 4, Fig. 2). VAI는 대사증후군을 예측하는 가장 효율적인 지표로 나

## 인슐린저항성 예측을 위한 비만 및 지질관련 변인 평가

비만 성인남성의 인슐린저항성 예측을 위한 BMI의 최적 기준치는 26.00, AUC 값은 0.696(민감도 78.35%, 특이도 51.63%)이었다. 허리둘레의 최적 기준치는 92.60, AUC 값은 0.722(민감도 57.73%, 특이도 77.58%)이었다. WHtR, TyG index, LAP는 BMI와 허리둘레보다 인슐린저항성을 예측하는 유용한 지표였으나, TG / HDL-C, VAI는 BMI와 허리둘레보다 더 유용한 지표는 아니었다(Table 5). 비만 성인여성의 인슐린저항성 예측을 위한 BMI의 최적 기준치는 28.00, AUC 값은 0.661(민감도 51.28%, 특이도 79.08%)이었다. 허리둘레의 최적 기준치는 84.50, AUC 값은 0.752(민감도 69.23%, 특이도 66.79%)이었다. WHtR, TyG index는 BMI와 허리둘레보다 인슐린저항성을 예측하는 더 유용한 지표였으며, LAP와 VAI는 BMI보다 인슐린저항성을 예측하는데 더 높은 유용성을 보였다. 특히 비만 성인남성에서 TyG index는 인슐린저항성 예측을 위한 가장 유용한 지표였으며, 비만 성인여성의 WHtR은 인슐린저항을 예측하는 가장 효율적인 지표로 나타났다(Table 5).

## 고 찰

본 연구에서 비만 및 지질관련 변수 중 어떠한 지표가 대사증후군과 인슐린저항성을 예측하는 가장 좋은 지표인지를 확인한 결과, 비만 성인에서 TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 대사증후군을 예측하는데 있어서 우수한 지표였으며, 남성은 LAP, 여성은 VAI가 가장 높은 진단 정확도를 보였다. 또한 WHtR, TyG index, LAP는 남녀 모두에서 인슐린저항성을 예측하는데 있어서 우수하지는 않지만 활용 가능한 지표로 나타났다.

대사증후군은 제 2형 당뇨병이나 심혈관계 질환의 위험요인이 한 개인에게 군집하여 나타나는 질환으로, 비만과 인슐린저항성이 주요 원인으로 제시된다(Reaven, 1988). 특히 대사증후군 위험요인 중 비만은 BMI, 허리둘레 및 허리둘레와 엉덩이 둘레 비율(waist / hip ratio, WHR) 같은 인체계측 지표에 의해 추정된다(Pouliot et al., 1994; Haslam and James, 2005). 그러나 이와 같은 지표들의 제한점은 체지방 분포에 대한 제한된 정보만을 제공하며, 내장지방 분포를 확인할 수 없다는 점이다(Pouliot et al., 1994; Haslam and James, 2005). 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 지방 축적과 분포를 고려한 지표들이 보고된다.

Kahn (2005)은 과도한 지방 축적을 확인하는 새로운 지

표로서 LAP를 소개하였으며, LAP는 심혈관계 위험을 식별하는데 광범위하게 적용된다. Amato 등(2010)에 의해 소개된 VAI는 지방 조직의 기능과 분포를 확인할 수 있는 지표로서 심혈관계 질환 위험과 독립적으로 연관되어 있다. 최근 연구에 따르면 LAP와 VAI는 대사증후군을 진단하기 위한 간단하고 유용한 지표로 제안된다(Goldani et al., 2015; Guo et al., 2016; Li et al., 2018). BMI, WHtR, TG / HDL-C, LAP, VAI의 5가지 지표는 중국 노인에서 대사증후군을 진단하는데 높은 예측력을 보이며, 그 중에서 LAP가 가장 높은 AUC 값(남성 0.897, 여성 0.875)을 보여 대사증후군을 진단하는데 우수한 지표로 나타났다(Gu et al., 2018).

비만 성인을 대상으로 시행한 본 연구결과, 대사증후군을 예측하는데 남성은 LAP (AUC: 0.854), 여성은 VAI (AUC: 0.888)의 진단 정확도가 가장 높았다. 또한 남녀 모두에서 TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 전통적인 지표인 BMI와 허리둘레보다 대사증후군을 예측하는데 있어서 AUC 값이 0.8 이상의 높은 진단 정확도를 보였다. 반면에 WHtR, TyG index, LAP는 남녀 모두에서 인슐린저항성을 예측하는데 AUC 값이 0.7 이상 0.8 이하로 진단에 활용 가능한 지표였다.

중국 노인을 대상으로 대사증후군 예측을 위한 LAP의 적정 기준치는 남성 26.35, 여성 31.04였으며(Gu et al., 2018), 중국 성인을 대상으로 한 연구에서는 남성 34.7, 여성 27.3이었다(Guo et al., 2016). 또한 스페인 성인에서 대사증후군 예측을 위한 LAP의 적정 기준치는 남성 48.09, 여성 31.77이었으며(Taverna et al., 2011), 폐경기 여성의 경우 47.63으로 높게 보고된다(Namazi Shabestari et al., 2016). 본 연구에서 LAP의 적정 기준치는 남성 42.71, 여성 35.44로 나타났으며, VAI의 적정 기준치는 남성 1.92, 여성 2.15였다. 백인을 대상으로 대사증후군 예측을 위한 VAI의 적정 기준치는 1.9 이상으로 제시되며(Amato et al., 2010), 대사증후군에 대한 적정 기준치의 상이한 결과는 연구 대상자의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

최근에 TyG index가 인슐린저항성을 예측하는데 간단하면서 신뢰할 수 있는 지표로 추천되며, 당뇨병 및 심혈관 질환의 발병과 관련이 있다고 보고된다(Simental-Mendía et al., 2008; Lee et al., 2014; Sánchez-Íñigo et al., 2016). 또한 Shin (2017)은 TyG index와 대사증후군 위험요인간의 관련성을 확인하였으며, 인슐린저항성을 평가하는데 HOMA-IR보다 유용한 지표로 보고하였다. 본 연구에서 비만 성인을 대상으로 대사증후군을 예측하는 TyG index의 적정

기준치는 남성 8.91, 여성 8.74였다. Shin (2017)은 대사증후군 예측을 위한 건강한 성인에서 TyG index의 적정 기준치는 8.81로 보고하였으며, 중국 노인을 대상으로 대사증후군을 예측할 수 있는 적정 기준치로 8.7을 제시하고 있어 비만 성인을 대상으로 한 본 연구결과와 유사하였다(Li et al., 2018).

Yang 등(2017)은 WHtR가 BMI와 허리둘레보다 대사증후군에 대한 더 나은 선별 지표라고 보고하였다. 본 결과에서 WHtR은 대사증후군을 예측하는데 BMI보다는 유용하지만 허리둘레보다 유용한 지표는 아니었으며, TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI보다 대사증후군 예측력이 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 인체계측 지표만을 포함한 변수로 대사증후군을 진단하는 것보다 인체계측 지표에 생화학적 변인을 포함한 변수에서 대사증후군에 대한 예측 정확도가 높다는 것을 뒷받침하는 결과이다.

TG / HDL-C는 대사증후군 위험이 높은 환자를 확인하는 잠재적인 도구로 제안되며, TG / HDL-C는 인슐린저항성을 측정하는데 대체 가능한 지표로 보고된다(McLaughlin et al., 2005; Cordero et al., 2008). 특히 한국 청소년을 대상으로 TG / HDL-C의 대사증후군을 확인하기 위한 적정 기준치는 3.3으로 보고되며, 단일 지질 측정치 및 HOMA-IR보다 지질 비율을 활용하는 것이 청소년의 대사증후군을 진단하는데 우수한 지표임을 입증하였다(Chu et al., 2019). 또한 Cordero 등(2008)은 스페인 성인을 대상으로 한 대규모 연구에서 대사증후군을 진단하기 위한 TG / HDL-C의 적정 기준치는 남성 2.75, 여성 1.65로 보고하였다. 본 연구에서는 비만인의 대사증후군에 대한 TG / HDL-C의 적정 기준치는 남성 3.36, 여성 2.51로 나타나, 스페인 성인을 대상으로 한 선행연구보다 높은 기준치를 보였다.

비만 및 지질관련 변수들은 주로 서양인을 대상으로 설정된 지표들로서 아시아인과 서양인은 신체구성 및 혈중 지질수치에 차이를 보일 수 있으므로, 이러한 지표를 아시아인에게 적용 가능한지를 확인하는 것은 중요하다. 특히 서양인과 비교해 아시아인은 BMI가 상대적으로 낮은 수준임에도 불구하고 비만으로 인한 질병 유병률은 높은 특성을 보이고 있어 아시아인에게 맞는 적정 기준치를 설정하는 것이 필요하다(Gill, 2006). 이 연구의 한계는 비만에 영향을 미치는 식이상태나 운동여부, 비만 유지기간과 같은 잠재적인 요인에 대한 정보가 부족하여 연구에서 배제되었다는 점이다. 또한 비만인을 대상으로 하였으나, 비만 정도에 따라 분류하지 않았고 BMI 25 kg/m<sup>2</sup> 이

상을 모두 비만인으로 분류하였다는 제한점이 있다. 따라서 향후 비만 정도 및 비만 유지기간, 연령별 비만 및 지질관련 변수의 대사증후군 및 인슐린저항성에 대한 예측 능력을 확인하는 연구가 추가되어야 할 것이다. 그러나 본 연구는 BMI 및 허리둘레와 비교하여 WHtR, TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI를 포함한 비만 및 지질관련 변수의 대사증후군 및 인슐린저항성에 대한 예측력을 동시에 비교 평가하였다는데 의미가 있다 하겠다.

결론적으로 비만 성인에서 TG / HDL-C, TyG index, LAP, VAI는 대사증후군을 예측하는 유용한 지표였으며, 특히 LAP와 VAI는 대사증후군을 예측하는데 있어서 다른 지표들보다 우수한 변수였다. 또한 WHtR, TyG index, LAP는 비만 성인의 인슐린저항성을 예측하는데 있어서 활용 가능한 지표로 나타났다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

None.

#### CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### REFERENCES

- Alberti KG, 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: 1640-1645.
- Amato MC, Giordano C, Galia M, Criscimanna A, Vitabile S, Midiri M, et al. Visceral Adiposity Index: a reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*. 2010. 33: 920-922.
- Arsenault BJ, Boekholdt SM, Kastelein JJ. Lipid parameters for measuring risk of cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2011. 8: 197-206.
- Chu SY, Jung JH, Park MJ, Kim SH. Risk assessment of metabolic syndrome in adolescents using the triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio and the total cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio. *Ann Pediatr Endocrinol*

- Metab. 2019. 24: 41-48.
- 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: 424-428.
- Elahi D. In praise of the hyperglycemic clamp. A method for assessment of beta-cell sensitivity and insulin resistance. *Diabetes Care.* 1996. 19: 278-286.
- Eliasson B, Cederholm J, Eeg-Olofsson K, Svensson AM, Zethelius B, Gudbjörnsdóttir S. Clinical usefulness of different lipid measures for prediction of coronary heart disease in type 2 diabetes: a report from the Swedish National Diabetes Register. *Diabetes Care.* 2011. 34: 2095-2100.
- Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Scheen AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2014.105: 141-150.
- Ford ES, Li C, Sattar N. Metabolic syndrome and incident diabetes: current state of the evidence. *Diabetes Care.* 2008. 31: 1898-1904.
- Galassi A, Reynolds K, He J. Metabolic syndrome and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis. *Am J Med.* 2006. 119: 812-819.
- Gaziano JM, Hennekens CH, O'Donnell CJ, Breslow JL, Buring JE. Fasting triglycerides, high-density lipoprotein, and risk of myocardial infarction. *Circulation.* 1997. 96: 2520-2525.
- Gill T. Epidemiology and health impact of obesity: an Asia Pacific perspective. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2006. 15: 3-14.
- Goldani H, Adami FS, Antunes MT, Rosa LH, Fassina P, Quevedo Grave MT, et al. Applicability of the visceral adiposity index (VAI) in the prediction of the components of the metabolic syndrome in elderly. *Nutr Hosp.* 2015. 32: 1609-1615.
- 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: 2735-2752.
- Gu Z, Zhu P, Wang Q, He H, Xu J, Zhang L, et al. Obesity and lipid-related parameters for predicting metabolic syndrome in Chinese elderly population. *Lipids Health Dis.* 2018. 17: 289.
- Guo SX, Zhang XH, Zhang JY, He J, Yan YZ, Ma JL, et al. Visceral Adiposity and Anthropometric Indicators as Screening Tools of Metabolic Syndrome among Low Income Rural Adults in Xinjiang. *Sci Rep.* 2016. 6: 36091.
- Haslam DW, James WP. Obesity. *Lancet.* 2005. 366: 1197-1209.
- Hsueh WA, Quiñones MJ. Role of endothelial dysfunction in insulin resistance. *Am J Cardiol.* 2003. 92: 10J-17J.
- Kahn HS. The "lipid accumulation product" performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison. *BMC Cardiovasc Disord.* 2005. 5: 26.
- Korea Ministry of Health and Welfare. Korean national health and nutrition examination survey '07~'10 [Internet]. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2012 [cited 2019 May 13]. Available from: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pHqT6158rPAJ:www.mohw.go.kr/react/modules/download.jsp%3FBOARD\\_ID%3D140%26CONT\\_SEQ%3D268137%26FILE\\_SEQ%3D102553+&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pHqT6158rPAJ:www.mohw.go.kr/react/modules/download.jsp%3FBOARD_ID%3D140%26CONT_SEQ%3D268137%26FILE_SEQ%3D102553+&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr)
- Lee S, Choi S, Kim HJ, Chung YS, Lee KW, Lee HC, et al. Cutoff values of surrogate measures of insulin resistance for metabolic syndrome in Korean non-diabetic adults. *J Korean Med Sci.* 2006. 21: 695-700.
- 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. *PLoS One.* 2014. 9: e90430.
- 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. *J Diabetes Investig.* 2018. 9: 411-418.
- McLaughlin T, Reaven G, Abbasi F, Lamendola C, Saad M, Waters D, et al. Is there a simple way to identify insulin-resistant individuals at increased risk of cardiovascular disease? *Am J Cardiol.* 2005. 96: 399-404.
- Namazi Shabestari A, Asadi M, Jouyandeh Z, Qorbani M, Kelishadi R. Association of Lipid Accumulation Product with Cardio-Metabolic Risk Factors in Postmenopausal Women. *Acta Med Iran.* 2016. 54: 370-375.
- Perseghin G, Petersen K, Shulman GI. Cellular mechanism of insulin resistance: potential links with inflammation. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003. 27: S6-11.
- Pouliot MC, Després JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A, et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol.* 1994. 73: 460-468.
- Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes.* 1988. 37: 1595-1607.
- Sánchez-Íñigo L, Navarro-González D, Fernández-Montero A, Pastrana-Delgado J, Martínez JA. The TyG index may predict the development of cardiovascular events. *Eur J Clin Invest.*

2016. 46: 189-197.
- Shin KA. Triglyceride and glucose (TyG) index is a clinical surrogate marker for the diagnosis of metabolic syndrome. *Biomedical Science Letters*. 2017. 23: 348-354.
- Shin KA. Assessing a body shape index and waist to height ratio as a risk predictor for insulin resistance and metabolic syndrome among Korean adults. *Korean J Clin Lab Sci*. 2018a. 50: 44-53.
- Shin KA. Significance of non HDL-cholesterol and triglyceride to HDL-cholesterol ratio as predictors for metabolic syndrome among Korean elderly. *Korean J Clin Lab Sci*. 2018b. 5: 245-252.
- 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. *Metab Syndr Relat Disord*. 2008. 6: 299-304.
- Taverna MJ, Martínez-Larrad MT, Frechtel GD, Serrano-Ríos M. Lipid accumulation product: a powerful marker of metabolic syndrome in healthy population. *Eur J Endocrinol*. 2011. 164: 559-567.
- Wang F, Wu S, Song Y, Tang X, Marshall R, Liang M, et al. Waist circumference, body mass index and waist to hip ratio for prediction of the metabolic syndrome in Chinese. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2009. 19: 542-547.
- World Health Organization. *The Asia-Pacific Perspective: Redefining obesity and its treatment*. Sydney, Australia: health communications Australia; 2000. p19-20.
- WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*. 2004. 363: 157-163.
- Yang H, Xin Z, Feng JP, Yang JK. Waist-to-height ratio is better than body mass index and waist circumference as a screening criterion for metabolic syndrome in Han Chinese adults. *Medicine (Baltimore)*. 2017. 96: e8192.
- Zhang L, Yuan Z, Chen W, Chen S, Liu X, Liang Y, et al. Serum lipid profiles, lipid ratios and Chronic Kidney Disease in a Chinese population. *Int J Environ Res Public Health*. 2014. 11: 7622-7635.

<https://doi.org/10.15616/BSL.2019.25.3.256>

**Cite this article as:** Shin KA. Comparison of Predictive Value of Obesity and Lipid Related Variables for Metabolic Syndrome and Insulin Resistance in Obese Adults. *Biomedical Science Letters*. 2019. 25: 256-266.