Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 12, pp. 283-290, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.12.283

한국 성인에서 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 중성지방-혈당 지수의 유용성

신경아[1*], 김은재[2]
[1]신성대학교 임상병리과 교수, [2]서울대병원 의학연구혁신센터 산부인과 연구교수

Usefulness of Triglyceride and Glucose Index to Predict the Risk of Hyperuricemia in Korean Adults

Kyung-A Shin[1*], Eun Jae Kim[2]
[1]Professor, Dept. of Clinical Laboratory Science, Shinsung University
[2]Research professor, Dept. of Obstetrics and Gynecology, Seoul National University

요 약 본 연구는 한국 성인을 대상으로 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 중성지방-혈당 지수(triglyceride and glucose index, TyG index)의 유용성을 평가하였다. 서울지역 종합병원에서 2017년부터 2019년까지 건강진단을 실시한 20세 이상 남성 14,266명, 여성 9,033명을 대상으로 하였다. TyG 지수에 따른 고요산혈증 발생 위험도는 로지스틱 회귀분석을 실시하였으며, TyG 지수의 고요산혈증 위험 예측능력을 확인하기 위해 ROC 곡선을 구하였다. 고요산혈증을 예측하기 위한 TyG 지수의 정확도는 0.68이며, 남성 0.61, 여성 0.67이었다(각각 $p<0.001$). TyG 지수의 고요산혈증 발생 위험은 1사분위수보다 4사분위수에서 1.69배 높았으며, 남성은 2.03배, 여성은 2.07배 높았다(각각 $p<0.05$). 따라서 TyG 지수는 고요산혈증의 선별검사로서 진단적 유용성은 높지 않았으나, TyG 지수와 고요산혈증간에는 관련이 있었다.

주제어 : 중성지방-혈당 지수, 고요산혈증, 요산, 인슐린저항성, 이상지질혈증

Abstract The purpose of this study was to evaluate the usefulness of the triglyceride and glucose(TyG) index to predict the risk of hyperuricemia in Korean adults. This study included 14,266 men and 9,033 women over 20 years old who underwent health screenings from 2017 to 2019 at a general hospital in Seoul. To confirm the risk of hyperuricemia and predictive ability of the TyG index, logistic regression analysis and ROC curves were obtained. The accuracy of the TyG index for predicting hyperuricemia was 0.68, 0.61 for men and 0.67 for women(respectively $p<0.001$). The risk of hyperuricemia in the TyG index was 1.69 times higher in the fourth quartile than in the first quartile, 2.03 times higher in men and 2.07 times higher in women(respectively $p<0.05$). Thus the TyG index was not of high diagnostic usefulness as a screening test for hyperuricemia, but it was related to the TyG index and hyperuricemia.

Key Words : Triglyceride and glucose index, Hyperuricemia, Uric acid, Insulin resistance, Dyslipidemia

*Corresponding Author : Kyung-A Shin(mobitz2@hanmail.net)
Received October 12, 2020 Revised November 13, 2020
Accepted December 20, 2020 Published December 28, 2020

1. 서론

1.1 서론

고요산혈증은 요산 일나트륨(monosodium urate) 결정이 관절이나 연부조직에 침착되어 통풍으로 진행될 수 있으며[1], 고혈압, 대사증후군, 당뇨병, 인슐린저항성, 심부전 및 심방세동과 관련이 있다고 보고된다[2-5]. 혈청 요산은 내피기능을 손상시켜 산화질소의 생체 이용률을 감소시키며, 내피세포의 산화질소 감소는 인슐린감수성을 감소시킨다고 보고된다[6,7]. 따라서 고요산혈증은 인슐린저항성 발병에 중요한 역할을 한다[7]. 또한 고인슐린혈증은 요산의 신장 배설을 감소시켜 혈액 내 요산치의 상승을 유발하여 인슐린저항성과 고요산혈증의 질병 위험을 높이는 악순환으로 이어진다[8,9].

이상지질혈증과 고혈당증은 인슐린저항성의 두 가지 기본 특징이며, 대사증후군 구성요소이다[10-12]. 최근 중성지방-혈당 지수(triglyceride and glucose index; TyG index)는 중성지방과 공복혈당 농도를 결합한 복합지표로서 인슐린저항성과 유의한 상관성을 보이며, 인슐린저항성의 신뢰할 수 있는 대리지표로 보고되고 있다[13]. TyG 지수는 대사증후군, 제 2형 당뇨병 및 심혈관질환 발병 위험과 관련이 있으며, 고혈압, 말초동맥질환 및 허혈성 심장질환을 예측할 수 있음이 입증되었다[14-17]. 특히 TyG 지수와 심혈관질환간의 관련성을 뒷받침하는 기전으로 전신염증, 산화스트레스, 내피기능장애 및 인슐린저항성에 의해 매개되는 혈관 재형성이 제시되고 있다[18-21]. 따라서 인슐린저항성을 모니터링하는 것은 고요산혈증을 예방하는데 도움이 되며, 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 지표로서 TyG 지수의 유용성을 확인함으로서 고요산혈증을 예방하는데 혈당과 중성지방을 동시에 조절하는 것이 중요함을 시사해 줄 수 있다[22].

이와 같이 고요산혈증은 인슐린저항성 및 심혈관질환과 상관관계가 있다고 보고되지만, TyG 지수와 고요산혈증간의 연관성에 대해서는 아직 근거가 불충분하다. Shi 등[22]은 40세 이상 중국인에서 TyG 지수와 고요산혈증간에 선형적이고 강력한 연관성을 보고하였다. 또한 Gu 등[23]은 중국인을 대상으로 한 코호트 연구에서 TyG 지수가 고요산혈증을 예방하는데 도움이 될 수 있다고 보고하였다. 그러나 이러한 관련성은 국가나 인종에 따라 차이를 보이며, 한국인에게 적용하는데 제한이 있다.

한국인을 대상으로 TyG 지수와 고요산혈증간의 연관성을 확인한 연구는 Byun 등[24]의 연구가 유일하다. 이 연구는 국민건강영양조사 자료를 이용하여 정상군과 고요산혈증군간 TyG 지수의 차이 비교 및 요산과 TyG 지수와의 상관관계를 규명하고 있으며, 고요산혈증을 예측하는데 TyG 지수의 유용성과 고요산혈증을 예측하기 위한 적정 절단 값(cut off value)을 제시하고 있지 못하다.

따라서 이 연구는 건강검진을 시행한 한국 성인을 대상으로 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 TyG 지수의 유용성을 확인하고 TyG 지수가 고요산혈증 위험을 예측하는데 적절한 지표인지를 평가하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

이 연구는 서울지역 종합병원의 건강검진센터에서 2017년 1월에서 2019년 12월까지 건강진단을 실시한 20세 이상 수진자를 연구대상으로 하였다. 결측치 등으로 자료가 불충분한 대상자 625명을 제외한 남성 14,266명, 여성 9,033명으로 총 23,299명을 최종 조사대상으로 하였다.

2.2 연구방법

2.2.1 신체계측

혈압은 10분간 휴식을 취한 상태에서 HBP-9020 (OMRON, Kyoto, Japan) 자동 혈압측정계를 이용하여 측정하였다. Inbody 770(Biospace, Seoul, Korea) 자동 체성분 분석기를 이용하여 키와 몸무게를 측정하였으며, 몸무게(kg)를 키(m^2)로 나누어 체질량지수를 계산하였다. 허리둘레는 WHO에서 권고하는 방법에 따라 측정하였다[25].

2.2.2 혈액검사

혈액검사는 8시간 이상 공복 후 채혈하여 Hitachi 7600(Hitachi, Tokyo, Japan) 자동 생화학분석기로 요산, 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 혈당을 측정하였다. 측정된 혈청 요산치에 따라 고요산혈증을 정의하였으며, 남성 〉7 mg/dL, 여성 〉6 mg/dL인 경우 고요산혈증으로 정의하였다[26]. Hemoglobin A_{1C}(HbA_{1C})는 Variant II Turbo (Bio-Rad, CA, USA)로 측정하였으며, 인슐린은 Roche Modular Analytics E170(Roche, Mannheim, Germany) 장비로 측정하였다. HOMA-IR은 Matthews 등[27]이 제시한 [공복 인슐린(μU/mL)×공복 혈당

(mg/dL)/405] 공식에 따라 계산하였으며, TyG 지수는 Simental-Mendía 등[28]이 제시한 Ln[TG(mg/dL) ×FPG(mg/dL)/2]공식으로 계산하였다.

2.3 통계분석

연구 대상자의 일반적 특성은 평균±표준편차로 제시하였다. 성별에 따라 정상군과 고요산혈증군간의 임상적 특성은 독립표본 *t*-검정으로 분석하였으며, 요산과 TyG 지수 및 관련지표들간의 상관관계는 Pearson의 상관분석을 시행하였다. TyG 지수를 사분위수로 나누어 연령과 체질량지수, 허리둘레를 통제한 후 로지스틱 회귀분석을 실시하여 TyG 지수에 따른 고요산혈증 발생 위험도와 95% 신뢰구간을 제시하였다. TyG 지수의 고요산혈증 위험 예측능력을 확인하기 위해 receiver operating characteristic(ROC) 곡선을 구하였으며, Youden's index가 가장 높은 값을 최적 절단 값으로 설정하였다. 본 연구의 ROC 분석은 MedCalc Statistical Software 19.0.3(MedCalc Software, Mariakerke, Belgium)으로 시행하였으며, ROC 분석 이외의 자료분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Inc., version 21.0, Chicago, USA)으로 처리하였다. 본 연구의 통계적 유의성은 $p<0.05$로 판정하였다.

3. 결과

3.1 정상군과 고요산혈증군간의 임상적 특성

성별에 따라 정상군과 고요산혈증군간의 임상적 특성의 차이는 Table 1에 제시하였다. 남성의 경우 연령은 정상군이 고요산혈증군보다 더 높았다($p<0.001$). 키, 몸무게, 체질량지수, 허리둘레, 수축기와 이완기 혈압, 총콜레스테롤, 중성지방, LDL-콜레스테롤, 인슐린, 요산, TyG 지수는 정상군보다 고요산혈증군이 높았으며(각각 $p<0.001$), HDL-콜레스테롤, 혈당, HbA1c는 정상군보다 고요산혈증군에서 낮았다(각각 $p<0.001$). 그러나 HOMA-IR은 집단간 차이가 없었다. 여성의 경우 연령, 몸무게, 체질량지수, 허리둘레, 수축기와 이완기 혈압, 총콜레스테롤, 중성지방, LDL-콜레스테롤, 혈당($p=0.001$), HbA1c, 인슐린, HOMA-IR($p=0.025$), 요산, TyG 지수는 정상군보다 고요산혈증군에서 높게 나타났으며, HDL-콜레스테롤은 정상군보다 고요산혈증군이 낮았다(각각 $p<0.001$).

Table 1. Clinical characteristics of study subjects according to the presence or absence of hyperuricemia

Variables	Men		*p* value	Women		*p* value
	Normal	Hyperuricemia		Normal	Hyperuricemia	
N(%)	11,380	2,886		8,715	318	
Age(years)	46.27±11.18	43.36±10.21	<0.001	44.73±11.46	48.73±14.40	<0.001
Hight(cm)	171.24±6.39	172.18±6.29	<0.001	158.81±5.93	157.66±5.95	0.001
Weight(cm)	71.55±9.91	76.46±10.80	<0.001	56.51±7.88	62.26±10.85	<0.001
BMI(kg/m^2)	24.39±2.88	25.74±3.05	<0.001	22.44±3.17	25.07±4.16	<0.001
WC(cm)	83.09±7.52	86.23±7.46	<0.001	72.74±7.83	78.71±9.36	<0.001
SBP(mmHg)	112.37±12.98	113.90±13.14	<0.001	104.24±14.16	109.65±14.82	<0.001
DBP(mmHg)	72.64±9.79	74.12±10.12	<0.001	66.53±9.71	70.50±11.25	<0.001
TC(mg/dL)	193.35±33.43	202.83±35.54	<0.001	188.91±33.34	200.20±36.65	<0.001
TG(mg/dL)	136.50±87.05	176.91±116.31	<0.001	89.24±55.29	126.11±75.04	<0.001
HDL-C(mg/dL)	52.53±12.14	49.99±11.44	<0.001	62.57±13.87	56.30±13.54	<0.001
LDL-C(mg/dL)	120.74±30.13	127.72±31.98	<0.001	112.29±30.44	124.02±32.29	<0.001
Glucose(mg/dL)	92.78±21.52	90.85±14.10	<0.001	86.89±14.34	89.54±13.30	0.001
HbA1C(%)	5.67±0.82	5.56±0.49	<0.001	5.50±0.57	5.68±0.61	<0.001
Insulin(μU/mL)	5.06±3.17	5.88±3.62	<0.001	4.45±2.74	6.41±3.64	<0.001
HOMA-IR	0.21±0.59	0.19±0.59	0.154	0.23±0.55	0.32±0.77	0.025
Uric acid(mg/dL)	5.58±0.92	7.88±0.77	<0.001	4.12±0.82	6.78±0.83	<0.001
TyG index	8.57±0.61	8.80±0.63	<0.001	8.11±0.56	8.47±0.63	<0.001

[1] Abbreviations: BMI, body mass index; WC, waist circumference; 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; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR, homeostasis model assessment for insulin resistance; TyG index, triglyceride glucose index.

3.2 요산과 TyG 지수 및 관련지표간의 상관관계

성별을 분류하여 요산과 TyG 지수 및 관련지표간의 상관성을 확인한 결과는 Table 2에 제시하였다. 전체 대상자에서 TyG 지수는 지질 및 혈당관련지표 중 요산과 가장 높은 상관관계를 보였으며(r=0.353, p<0.001), 중성지방이 두 번째로 높은 상관성을 나타냈다(r=0.341, p<0.001). 남성에서는 중성지방(r=0.209, p<0.001)이 TyG 지수(r=0.167, p<0.001)보다 높은 상관관계를 보였으며, 여성에서도 TyG 지수(r=0.188, p<0.001)보다 중성지방(r=0.200, p<0.001)이 높은 상관성을 나타냈다.

3.3 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 TyG 지수의 절단 값

고요산혈증 위험을 예측하기 위해 ROC 분석을 통해 TyG 지수의 최적 절단 값을 측정한 결과는 Table 3과 같으며, Fig.1은 전체 대상자의 ROC 곡선으로 양성율을 나타냈다. AUC(area under the ROC curve)는 곡선의 아래 면적으로 분류 정확도를 나타내며, 전체 대상자에서 TyG 지수의 AUC는 0.68, 절단 값은 8.52, 민감도 66.5%, 특이도 60.9%로 나타났다. 남성의 고요산혈증 위험을 예측하기 위한 TyG 지수의 AUC값은 0.61, 절단

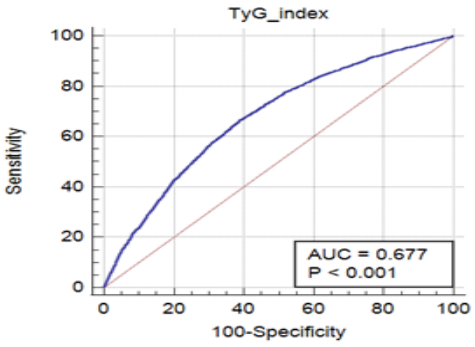

Fig. 1. Receiving operating curve of TyG index for predicting hyperuricemia in all subjects
[1] Abbreviations: AUC, area under the curve.

Table 2. Correlation between uric acid and TyG index

Variables	Overall		Men		Women	
	r	p value	r	p value	r	p value
TyG index	0.353	<0.001	0.167	<0.001	0.188	<0.001
TG(mg/dL)	0.341	<0.001	0.209	<0.001	0.200	<0.001
TC(mg/dL)	0.169	<0.001	0.153	<0.001	0.140	<0.001
HDL-C(mg/dL)	-0.311	<0.001	-0.122	<0.001	-0.126	<0.001
LDL-C(mg/dL)	0.201	<0.001	0.136	<0.001	0.155	<0.001
Glucose(mg/dL)	0.027	<0.001	-0.114	<0.001	0.036	0.001
HbA1C(%)	-0.005	0.478	-0.135	<0.001	0.078	<0.001
Insulin(μU/mL)	0.181	<0.001	0.135	<0.001	0.162	<0.001
HOMA-IR	-0.012	0.074	-0.012	0.160	0.034	0.001

[1] Abbreviations: See Table 1.

Table 3. Areas under the receiver operating characteristic curve(AUC) for detecting hyperuricemia with TyG index

Variables		Cutoff value	AUC(95% CI)	Sensitivity(%)	Specificity(%)	p value
TyG index	Overall	8.52	0.677(0.671-0.683)	66.51	60.93	<0.001
	Men	8.70	0.609(0.601-0.617)	57.48	59.32	<0.001
	Women	8.39	0.669(0.660-0.679)	58.81	71.35	<0.001
Triglyceride(mg/dL)	Overall	116	0.684(0.678-0.690)	64.58	63.02	<0.001
	Men	135	0.620(0.612-0.628)	56.06	61.44	<0.001
	Women	95	0.671(0.661-0.681)	60.06	68.15	<0.001
Glucose(mg/dL)	Overall	86	0.554(0.547-0.560)	59.86	49.63	<0.001
	Men	115	0.509(0.501-0.517)	3.74	92.43	0.121
	Women	89	0.579(0.569-0.589)	41.51	71.44	<0.001

[1] Abbreviations: AUC, area under the curve; CI, confidence interval.

Table 4. Odds rations(OR) and 95% confidence intervals(CI) for hyperuricemia associated with TyG index

	TyG index			
	Q1	Q2	Q3	Q4
Overall	1(reference)	1.138(1.003-1.292)*	1.344(1.189-1.520)*	1.687(1.493-1.905)*
Men	1(reference)	1.239(1.083-1.417)*	1.569(1.376-1.789)*	2.028(1.779-2.313)*
Women	1(reference)	1.035(0.681-1.572)	1.117(0.746-1.671)	2.066(1.411-3.027)*

1) Abbreviations: See Table 1.
2) Adjusted for age, BMI, waist circumference.
3) *; <0.05.

값은 8.70, 민감도 57.5%, 특이도 59.3%였으며, 여성의 경우 AUC값은 0.67, 절단 값은 8.39, 민감도 58.8%, 특이도 71.4%로 나타났다. 또한 중성지방의 고요산혈증 예측을 위한 ROC 분석결과는 모든 대상자에서 AUC값은 0.68, 절단 값은 116 mg/dL, 민감도 64.6%, 특이도 63.0%로 나타났다. 성별에 따라 남성의 AUC값은 0.62, 절단 값은 135 mg/dL, 민감도 56.1%, 특이도 61.4%였으며, 여성의 AUC값은 0.67, 절단 값은 95 mg/dL, 민감도 60.1%, 특이도 68.2%로 나타났다.

3.4 TyG 지수 사분위수에 따른 고요산혈증 발생의 위험도

TyG 지수를 사분위수로 나누어 분위수에 따른 고요산혈증 발생의 위험도를 확인한 결과는 Table 4와 같다. 전체 대상자에서 TyG 지수 1사분위수와 비교해 고요산혈증 발생 위험이 2사분위수에서 1.14배(95% CI; 1.003-1.292), 3사분위수에서는 1.34배(95% CI; 1.189-1.520), 4사분위수는 1.69배(95% CI; 1.493-1.905) 높게 나타났다. 남성의 경우 TyG 지수 1사분위수와 비교해 2사분위수에서 고요산혈증 발생 위험이 1.24배(95% CI; 1.083-1.417), 3사분위수에서는 1.57배(95% CI; 1.376-1.789), 4사분위수는 2.03배(95% CI; 1.779-2.313) 높게 나타났다. 여성은 TyG 지수 1사분위수와 비교해 4사분위수에서 고요산혈증 발생 위험이 2.07배(95% CI; 1.411-3.027) 높았다.

4. 고찰 및 결론

고요산혈증 위험을 예측하기 위한 TyG 지수의 유용성을 확인한 본 연구결과 TyG 지수는 진단 정확도가 0.68로 고요산혈증의 선별검사로서 진단적 유용성이 높지 않은 것으로 나타났다. 그러나 TyG 지수는 가장 낮은 분위수와 비교해 높은 분위수에서 고요산혈증의 발생 위험이 유의하게 높은 것으로 나타나, TyG 지수와 고요산혈증간에 관련이 있음이 확인되었다.

고요산혈증은 전 세계 의료시스템에 막대한 부담을 주는 대사이상으로[29,30], 이전 연구에 따르면 인슐린저항성과 고요산혈증간에 밀접한 연관성이 밝혀졌다[7-9]. 혈청 요산치가 1mg/dL 증가할수록 당뇨병 17%, 당뇨병성 미세혈관 합병증 28%, 사망률은 9% 증가한다고 보고된다[2,31]. 또한 고요산혈증은 내피기능장애 및 병리적 혈관 재형성을 유발하여 심혈관질환, 뇌졸중, 만성 심부전, 제 2형 당뇨병 및 인슐린저항성을 유발하는 병인으로 알려져 있다[2-7]. 고요산혈증이 인슐린저항성을 유발하는 기전은 높은 요산 수치가 NADPH(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) 산화효소와 활성산소종(reactive oxygen species, ROS) 생성을 증가시켜 산화 스트레스를 유도하여 인슐린 신호 세포에 산화적 손상을 유발하기 때문으로 보고되고 있다[32].

최근 연구에서 인슐린저항성을 평가하는 간편한 지표로서 중성지방과 공복혈당을 복합적으로 평가하는 TyG 지수의 유용성이 입증되었다[13]. TyG 지수가 높을수록 제 2형 당뇨병 발병률이 상승하며, 심혈관 사건 및 대사이상 발생률과 양의 상관관계를 보여 TyG 지수가 인슐린 기반 지표보다 저렴한 비인슐린 기반의 지표임이 확인되었다[16,33,34].

최근 Shi 등[22]의 연구에 따르면 40세 이상 중국인을 대상으로 TyG 지수가 고요산혈증을 구별하는데 유용한 지표임을 보고하였다. 본 연구결과에서 고요산혈증을 예측하기 위한 TyG 지수의 정확도는 0.68, 성별을 분류하더라도 남성 0.61, 여성 0.67이었으며, 이는 중성지방 단일 지표의 진단 정확도와 유사한 결과를 보였다. 또한 TyG 지수는 민감도와 특이도도 높지 않아 고요산혈증의 선별검사 지표로서 제한이 있는 것으로 나타났으며, Shi 등[22]의 연구결과와 차이를 보였다. 이러한 상이한 결과

는 연구대상자의 차이일 수도 있지만 고요산혈증을 예측하기 위한 TyG 지수의 유용성을 확인하는 통계방법의 차이 때문으로 사료된다.

TyG 지수를 사분위수로 나누었을 때 고요산혈증 위험이 하위 사분위수보다 상위 사분위수에서 2.73배 더 높았으며, TyG 지수와 고요산혈증 사이에 선형적이고 강력한 연관성을 보인다고 보고된다[22]. 또한 코호트 기반 연구에서 TyG 지수는 고요산혈증 위험증가와 연관성을 보여 임상에서 고요산혈증 예방을 위한 측정 도구로 사용될 가능성이 있다고 제시되었다[23]. 본 연구결과 정상군과 비교해 고요산혈증군에서 TyG 지수가 유의하게 높았다. 또한 TyG 지수가 1사분위수보다 4사분위수에서 고요산혈증 발생 위험이 1.69배 높았으며, 남성은 2.03배, 여성은 2.07배 높게 나타나 선행연구와 유사한 결과를 보였다. 특히 남성에서는 TyG 지수 분위수가 높을수록 고요산혈증 발생 위험이 증가하였다. 이러한 TyG 지수와 혈청 요산 사이의 관련성은 주로 중성지방에 의한 것으로 나타났다. Byun 등[24]은 정상군보다 고요산혈증군에서 TyG 지수가 높게 나타났으며, 높은 요산치는 인슐린저항성을 유발하므로 인슐린 측정이 어려운 경우 간단한 TyG 지수를 활용할 수 있다고 보고하였다.

이상지질혈증과 고혈당증은 인슐린저항성의 두 가지 기본 특징이다[10-12]. 중성지방은 간에서 생성되는 유리지방산에서 합성되며, 유리지방산은 에너지 잉여, 간의 지방생성 증가에 의해 증가한다[35]. 인슐린저항성은 인슐린 분비가 증가함에도 불구하고 인슐린 작용이 감소된 상태로서 이상지질혈증이 동반되면 지방분해를 유발하고 지방세포에서 혈액으로 유리지방산을 과도하게 방출한다[11,12]. 이러한 지방산은 간으로 유입되어 간에서 중성지방 합성 및 혈액 내 방출을 촉진하여 고중성지방혈증과 더불어 대사증후군을 유발하게 된다[11,12]. 더욱이 높은 혈장 포도당 농도는 고인슐린혈증과 관련이 있다[36]. 따라서 고요산혈증을 예방하기 위해 중성지방과 공복혈당을 동시에 조절하는 것이 필요하리라 생각된다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 내포하고 있다. 첫째, 단면연구로 TyG 지수와 고요산혈증간의 인과관계를 검증할 수 없었다. 둘째, 서울지역 일개 종합병원에서 건강검진을 실시한 20세 이상을 조사 대상으로 하였으며, 다른 대상자에 확대 적용하는데 제한이 있다. 셋째, 식습관이나 운동유무에 대한 정보가 부족하여 이를 반영하지 못하였으며, 이러한 요인들에 의해 잠재적인 편향이 발생했을 수 있다.

결론적으로 한국 성인을 대상으로 TyG 지수와 고요산혈증 발생 위험간에 관련성이 있었으나, TyG 지수는 고요산혈증 위험을 예측하는 유효한 예측변수로는 활용에 제한이 있는 것으로 나타났다. 향후 다양한 대상자에서 TyG 지수가 고요산혈증의 위험지표로 활용 가능한지에 대한 추가연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

[1] E. Krishnan. (2014). Interaction of inflammation, hyperuricemia, and the prevalence of hypertension among adults free of metabolic syndrome: NHANES 2009-2010. *Journal of the American Heart Association, 3(2)*, e000157.
DOI: 10.1161/JAHA.113.000157

[2] S. Kodama et al. (2009). Association between serum uric acid and development of type 2 diabetes. *Diabetes Care, 32(9)*, 1737-1742.
DOI: 10.2337/dc09-0288

[3] F. Cortese et al. (2019). Uric acid: from a biological advantage to a potential danger. A focus on cardiovascular effects. *Vascular Pharmacology, 120*, 106565.
DOI: 10.1016/j.vph.2019.106565

[4] E. Krishnan, C. K. Kwoh, H. R. Schumacher & L. Kuller. (2007). Hyperuricemia and incidence of hypertension among men without metabolic syndrome. *Hypertension, 49(2)*, 298-303.
DOI: 10.1161/01.HYP.0000254480.64564.b6

[5] D. Grassi et al. (2013). Chronic hyperuricemia, uric acid deposit and cardiovascular risk. *Current Pharmaceutical Design, 19(13)*, 2432-2438.
DOI: 10.2174/1381612811319130011

[6] U. M. Khosla et al. (2005). Hyperuricemia induces endothelial dysfunction. *Kidney International, 67(5)*, 1739-1742.
DOI: 10.1111/j.1523-1755.2005.00273.x

[7] D. Roy, M. Perreault & A. Marette. (1998). Insulin stimulation of glucose uptake in skeletal muscles and adipose tissues in vivo is NO dependent. *American Journal of Physiology, 274(4)*, E692-E699.
DOI: 10.1152/ajpendo.1998.274.4.E692

[8] E. Muscelli et al. (1996). Effect of insulin on renal sodium and uric acid handling in essential hypertension. *American Journal of Hypertension, 9(8)*, 746-752.
DOI: 10.1016/0895-7061(96)00098-2

[9] D. Toyoki et al. (2017). Insulin stimulates uric acid reabsorption via regulating urate transporter 1 and ATP-binding cassette subfamily G member 2. *American Journal of Physiology-Renal Physiology, 313(3)*, F826-F834.
DOI: 10.1152/ajprenal.00012.2017

[10] M. E. Emukowhate, D. Perera & A. Wierzbicki. (2014). Dyslipidaemia related to insulin resistance and cardiovascular disease in South Asian and West African populations. *Current Pharmaceutical Design, 20(40),* 6270-6275.
DOI: 10.2174/1381612820666140620114948

[11] N. Mikhail. (2009). The metabolic syndrome: insulin resistance. *Current Hypertension Reports, 11(2),* 156-158.
DOI: 10.1007/s11906-009-0027-4

[12] R. H. Eckel, S. M. Grundy & P. Z. Zimmet. (2005). The metabolic syndrome. *Lancet, 365(9468),* 1415-1428.
DOI: 10.1016/S0140-6736(05)66378-7

[13] G. Unger, S. F. Benozzi, F. Perruzza & G. L. Pennacchiotti. (2014). Triglycerides and glucose index: a useful indicator of insulin resistance. *Endocrinology and Nutrition, 61(10),* 533-540.
DOI: 10.1016/j.endonu.2014.06.009

[14] A. Sánchez-García et al. (2020). Diagnostic Accuracy of the Triglyceride and Glucose Index for Insulin Resistance: A Systematic Review. *International Journal of Endocrinology, 2020,* 4678526.
DOI: 10.1155/2020/4678526

[15] L. Sánchez-Íñigo, D. Navarro-González, A. Fernández-Montero, J. Pastrana-Delgado & J. A. Martínez. (2016). The TyG index may predict the development of cardiovascular events. *European Journal of Clinical Investigation, 46(2),* 189-197.
DOI: 10.1111/eci.12583

[16] D. Navarro-González, L. Sánchez-Íñigo, J. Pastrana-Delgado, A. Fernández-Montero & J. A. Martinez. (2016). 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, 86,* 99-105.
DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.01.022

[17] R. Zheng & Y. Mao. (2017). Triglyceride and glucose (TyG) index as a predictor of incident hypertension: a 9-year longitudinal population-based study. *Lipids in Health and Disease, 16(1),* 175.
DOI: 10.1186/s12944-017-0562-y

[18] M. Laakso & Johanna Kuusisto. (2014). Insulin resistance and hyperglycaemia in cardiovascular disease development. *Nature Reviews Endocrinology, 10(5),* 293-302.
DOI: 10.1038/nrendo.2014.29

[19] P. Angoorani et al. (2018). Validity of triglyceride-glucose index as an indicator for metabolic syndrome in children and adolescents: the CASPIAN-V study. *Eating and Weight Disorders, 23(6),* 877-883.
DOI: 10.1007/s40519-018-0488-z

[20] S. W. Yang, K. H. Park & Y. J. Zhou. (2016). The Impact of Hypoglycemia on the Cardiovascular System: Physiology and Pathophysiology. *Angiology. 67(9),* 802-809.
DOI: 10.1177/0003319715623400

[21] J. P. Bastard, M. E. Lavoie, V. Messier, D. Prud'homme & R. Rabasa-Lhoret. (2012). Evaluation of two new surrogate indices including parameters not using insulin to assess insulin sensitivity/resistance in non-diabetic postmenopausal women: a MONET group study. *Diabetes & Metabolism, 38(3),* 258-263.
DOI: 10.1016/j.diabet.2012.01.004

[22] W. Shi, L. Xing, L. Jing, Y. Tian & S. Liu. (2019). Usefulness of triglyceride-glucose index for estimating hyperuricemia risk: Insights from a general population. *Postgraduate Medical Journal, 131(5),* 348-356.
DOI: 10.1080/00325481.2019.1624581

[23] Q. Gu, X. Hu, J. Meng, J. Ge, S. J. Wang & X. Z. Liu. (2020). Associations of triglyceride-glucose index and its derivatives with hyperuricemia risk: A Cohort study in Chinese general population. *International Journal of Endocrinology, 2020,* 3214716.
DOI: 10.1155/2020/3214716

[24] J. S. Byun, J. N. Kim, Y. S. Song, Y. K. Roh & M. K. Choi. (2019). The relationship between hyperuricemia and triglyceride glucose index: Based on 2016 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean Journal of Family Practice, 9(3),* 266-271.
DOI: 10.21215/kjfp.2019.9.3.266

[25] World Health Organization. (1999). *Report of a WHO consultation on obesity: Preventing and managing, the global epidemic.* Geneva.

[26] L. You, A. Liu, G. Wuyun, H. Wu & P. Wang. (2014). Prevalence of hyperuricemia and the relationship between serum uric acid and metabolic syndrome in the Asian Mongolian area. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis, 21(4),* 355-365.
DOI: 10.5551/jat.20529

[27] D. R. Matthews, J. P. Hosker, A. S. Rudenski, B. A. Naylor, D. F. Treacher & R. C. Turner. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia, 28(7),* 412-419.
DOI: 10.1007/BF00280883

[28] L. E. Simental-Mendía, M. Rodríguez-Morán & F. Guerrero-Romero. (2008). The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders, 6(4),* 299-304.
DOI: 10.1089/met.2008.0034

[29] T. Bardin & P. Richette. (2017). Impact of comorbidities on gout and hyperuricaemia: an update on prevalence and treatment options. *BMC Medicine, 15(1),* 123.
DOI: 10.1186/s12916-017-0890-9

[30] C. Borghi et al. (2015). Serum uric acid and the risk of cardiovascular and renal disease. *Journal of Hypertension, 33(9),* 1729-1741
DOI: 10.1097/HJH.0000000000000701

[31] Y. Xu et al. (2013). Hyperuricemia as an independent predictor of vascular complications and mortality in type 2 diabetes patients: a meta-analysis. *Public Library of Science One, 8(10),* e78206.
DOI: 10.1371/journal.pone.0078206

[32] Y. Zhu et al. (2014). High uric acid directly inhibits insulin signalling and induces insulin resistance. *Biochemical and Biophysical Research Communications, 447(4),* 707-714.
DOI: 10.1016/j.bbrc.2014.04.080

[33] S. Li et al. (2019). The role of the triglyceride (triacylglycerol) glucose index in the development of cardiovascular events: a retrospective cohort analysis. *Scientific Reports, 9(1),* 7320.
DOI: 10.1038/s41598-019-43776-5

[34] J. L. Jin et al. (2018). Triglyceride glucose index for predicting cardiovascular outcomes in patients with coronary artery disease. *Journal of Thoracic Disease, 10(11),* 6137-6146.
DOI: 10.21037/jtd.2018.10.79

[35] K. L. Donnelly, C. I. Smith, S. J. Schwarzenberg, J. Jessurun, M. D. Boldt & E. J. Parks. (2005). Sources of fatty acids stored in liver and secreted via lipoproteins in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Clinical Investigation, 115(5),* 1343-1351.
DOI: 10.1172/JCI23621

[36] G. M. Reaven. (1988). Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes, 37(12),* 1595-1607.
DOI: 10.2337/diab.37.12.1595

신 경 아(Kyung-A Shin) [정회원]

· 2004년 2월 : 한국체육대학교 건강관리학과 운동생리학(체육학 석사)
· 2011년 2월 : 한국체육대학교 체육학과 운동생리학(이학박사)
· 2013년 3월 ~ 현재 : 신성대학교 임상병리과 교수

· 관심분야 : 대사증후군, 보건역학, 운동생리
· E-Mail : mobitz2@hanmail.net

김 은 재(Eun Jae Kim) [정회원]

· 2003년 2월 : 고려대학교 생명유전공학과 유전공학(유전공학 석사)
· 2013년 2월 : 고려대학교 생명유전자원공학과 생화학 및 생물공학(이학박사)
· 1996년 8월 ~ 현재 : 서울대병원 의학연구혁신센터 산부인과 연구교수

· 관심분야 : 유전학, 면역학, 대사증후군
· E-Mail : sunways@korea.ac.kr