



과체중 혹은 비만인 한국인 성인남녀에서 모발 칼슘-마그네슘 비율과 Triglyceride-Glucose 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율의 연관성: 예비연구

심효영, 정선영, 이용제, 박병진*

연세대학교 의과대학 가정의학교실

Relationship of Calcium–Magnesium Ratio in Hair with Triglyceride–Glucose Index and Triglyceride/High-Density Lipoprotein-Cholesterol Ratio among Overweight or Obese Korean Individuals: A Pilot Study

Hyo Young Sim, Sun Young Jung, Yong Jae Lee, Byoungjin Park*

Department of Family Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: The interaction between calcium and magnesium as a risk modifier for insulin resistance may be largely overlooked because the strict regulatory system in blood has been thought to maintain such homeostatic interactions under tight control. This study aimed to investigate the relationship between the calcium-magnesium ratio in hair with the triglyceride glucose index (TyG index) and triglyceride/HDL-cholesterol ratio (TG/HDL ratio) among overweight or obese Korean individuals.

Methods: This cross-sectional study included 56 participants fulfilling the inclusion criterion of a body mass index of 23 kg/m^2 or more. Intra-abdominal visceral adipose tissue (VAT) was measured by fat measurement computed tomography, while calcium and magnesium levels were measured by hair mineral analysis. A high TyG index and a high TG/HDL ratio were defined as >9.3 and >4.0 , respectively ($>75\text{th}$ percentile). Using multiple logistic regression analysis, we examined the associations between the TyG index, TG/HDL ratio, and calcium–magnesium ratio in hair.

Results: The mean age, body mass index, and VAT were 45.3 years, 28.5 kg/cm^2 , and 137.4 cm^2 , respectively. Compared to the controls, the odds ratios (95% confidence intervals) for a high TyG index and a high TG/HDL ratio were 16.03 (1.32–194.23) and 9.98 (1.05–94.98) per one increment of log (calcium-magnesium ratio), respectively, after adjusting for age, sex, body mass index, visceral adipose tissue, white blood cell count, total cholesterol, hypertension medication, diabetes medication, and dyslipidemia medication.

Conclusion: We found that the calcium-magnesium ratio in hair was positively and independently associated with the TyG index and TG/HDL ratio.

Keywords: Calcium; Magnesium; Hair Analysis; Triglyceride Glucose Index; Triglyceride/HDL-Cholesterol Ratio

서 론

인슐린 저항성은 유전적 요인과 환경적 요인의 상호 작용에 의해 발생할 수 있으며, 임상적으로는 당뇨병 발병에 중요한 병리생리학

적인 단초를 제공할 뿐만 아니라,¹⁾ 심혈관질환의 발생과 사망률을 높이는 것으로 보고되고 있다.²⁾ 따라서, 인슐린 저항성을 조기에 평가하여 적절히 추적관리하는 것이 일차의료 현장 및 공중보건학적 관점에서 중요한 임상적 함의를 가진다.

Received May 21, 2020 Revised October 29, 2020

Accepted November 22, 2020

Corresponding author Byoungjin Park

Tel: +82-31-5189-8763, Fax: +82-31-5189-8567

E-mail: bjpark96@yuhs.ac

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1733-5301>

Copyright © 2020 The Korean Academy of Family Medicine

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인슐린 저항성 측정방법에는 크게 직접적 방법과 간접적 방법이 있으며, 전자에는 고인슐린혈증 정상혈당 글루코스 클램프(hyperinsulinemic euglycemic glucose clamp), 인슐린 억제 검사(insulin suppression test)가 있으며, 후자에는 homeostatic model assessment for insulin resistance (HOMA-IR)과 quantitative insulin sensitivity check index (QUICKI) 등이 전통적으로 많이 활용되어 왔다.³⁾ 최근에는 비침습적인 방법으로 인슐린 검사 없이도 인슐린 저항성 평가에 유용하게 활용할 수 있는 지표로 TyG 지수(triglyceride glucose index, TyG index)와 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율(triglyceride to HDL-cholesterol ratio)이 주목 받고 있으며, 국내 역학연구에서도 심혈관질환의 예측 인자로서의 가능성이 있음이 보고된 바 있다.^{4,5)}

인체 내 미네랄 중 칼슘 및 마그네슘은 상호 작용하여 세포 수준에서 인슐린 저항성에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있으나,⁶⁾ 혈액 내에서의 농도는 항상성 유지 체계가 고도로 작동하고 있어 이들 간의 상호작용을 규명하기에 불충분한 경우가 많은 것이 사실이다. 본 연구에서는 세포 내 칼슘, 마그네슘의 상호작용을 평가할 수 있는 후보 표지자로서 모발 내 칼슘-마그네슘 비율과 TyG 지수 및 중성지방/고밀도콜레스테롤 비율과의 관련성을 알아보고자 하였다.

방법

1. 연구대상

2011년 4월부터 2013년 5월까지 용인세브란스병원 가정의학과에

Table 1. Clinical characteristics of the subjects according to presence of high TyG index

Variables	Controls (n=43)	High TyG index (n=14)	P-value
Age (y)	44.7±10.6	47.4±11.2	0.403
Male sex	9.3	35.7	0.018
Body mass index (kg/m ²)	28.7±4.6	28.2±4.0	0.746
Visceral adipose tissue (cm ²)	128.0±67.5	165.5±80.0	0.091
Fasting plasma glucose (mg/dL)	98.6±12.4	129.4±36.3	0.007
Total cholesterol (mg/dL)	193.2±40.9	187.2±27.0	0.609
Triglyceride (mg/dL)	121.7±45.0	240.3±45.8	<0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	51.5±12.4	46.7±8.4	0.185
White blood cells ($\times 10^3$ cell/ μ L)	6.4±1.4	6.8±1.3	0.426
Hair mineral (mg% or ratio)			
Calcium	112.3±71.2	118.6±64.9	0.867
Magnesium	8.6±6.2	6.6±4.1	0.295
Calcium/magnesium	16.4±6.7	19.7±8.5	0.150
Hypertension medication	11.6	42.9	0.010
Diabetes medication	9.3	28.6	0.071
Dyslipidemia medication	16.3	42.9	0.039

Values are presented as mean±standard deviation or percent unless otherwise indicated.

TyG, triglyceride glucose; HDL, high-density lipoprotein.

체중관리를 위해 내원한 체질량지수 23 kg/m² 이상의 과체중 및 비만에 해당하며 수검자 중 모발 미네랄검사와 복부 체지방 측정 컴퓨터 단층촬영 검사를 시행한 20세 이상의 성인 남녀 68명을 대상으로 하였다. 급성염증 질환을 배제하기 위해 백혈구 수 4.0×10^3 cell/ μ L 미만 혹은 10.0×10^3 cell/ μ L 이상인 경우는 제외하여(11명), 총 57명이 최종 분석에 포함되었다. 본 연구는 연세대학교 의과대학 용인세브란스병원 연구심의위원회의 승인 심사를 완료하였다(승인번호: 9-2019-0012).

2. 일반적인 특성 계측 및 평가

신체계측은 표준화된 장비와 측정방법을 통해 얻었으며(Look' Body110, Biospace, Seoul, Korea) 키와 체중을 각각 0.1 cm 및 0.1 kg 단위까지 측정하였고, 체질량 지수는 체중을 키의 제곱으로 나누어 계산하였다(kg/m^2). 모든 대상자들은 문진을 통해 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 약 복용 여부를 평가하였다. 혈액 검사는 8시간 이상 금식 상태로 재협하였으며 공복혈당, 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백콜레스테롤을 Hitachi 7600-110 Chemistry Autoanalyzer (Hitachi, Tokyo, Japan)로 평가하였고, 백혈구 수는 Automated Blood Cell Counter ADVIA 120 (Bayer Co., Tarrytown, NY, USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 모발미네랄 검사 및 복부 체지방 CT

참가자들은 채취 전 최소 2주 동안 파마를 하지 않았고, 채취 직

Table 2. Clinical characteristics of the subjects according to presence of high TG/HDL ratio

Variables	Controls (n=41)	High TG/HDL ratio (n=16)	P-value
Age (y)	44.1±10.0	48.6±12.1	0.156
Male sex	9.8	31.3	0.045
Body mass index (kg/m ²)	28.6±4.7	28.5±3.8	0.977
Visceral adipose tissue (cm ²)	124.4±63.2	169.8±83.5	0.031
Fasting plasma glucose (mg/dL)	102.7±20.8	114.9±31.1	0.165
Total cholesterol (mg/dL)	194.1±35.5	185.6±43.8	0.449
Triglyceride (mg/dL)	118.6±41.8	233.3±51.6	<0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	53.8±11.4	41.3±6.6	<0.001
White blood cells ($\times 10^3$ cell/ μ L)	6.5±1.4	6.5±1.3	0.930
Hair mineral (mg% or ratio)			
Calcium	128.5±67.1	104.4±73.3	0.244
Magnesium	8.9±6.1	6.1±4.5	0.098
Calcium/magnesium	16.1±6.0	19.7±9.3	0.167
Hypertension medication	19.5	18.8	0.947
Diabetes medication	4.9	37.5	0.001
Dyslipidemia medication	22.0	25.0	0.805

Values are presented as mean±standard deviation or percent unless otherwise indicated.

TG, triglyceride; HDL, high-density lipoprotein.

전 젤이나 헤어크림 등을 바르지 않았음을 확인한 후 머리카락 샘플(약 80 mg)을 스테인리스강 가위로 후두부 근위부에서 5 cm 이내로 채취하여 깨끗한 비닐봉지에 보관하였다. Scieux Elan 6100 (PerkinElmer Corporation, Waltham, MA, USA)을 이용하여 모발 샘플에서 칼슘과 마그네슘을 측정하였고, 농도는 모발 100 g당 mg 단위의 건조중량(mg%)으로 표시하였다. 복부 체지방 측정은 반듯이 누운 자세에서 Tomoscan 350 (Philips, Amsterdam, Netherland)을 이용하여 요추 4번에서 요추 5번 사이에서 3 mm 간격의 두께로 단층 촬영을 하여 정량화하였다.

4. 통계 분석 방법

TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율을 높은 군(75퍼센타일 이상, 'High TyG index' ≥ 9.3 , 'High TG/HDL ratio' ≥ 4.0)과 대조군으로 구획하였으며, 이들 간의 차이를 평가하기 위해 t 검정 및 카이제곱 검정을 실시하였다. 또한 모발 내 칼슘, 마그네슘, 칼슘-마그네슘 비율과 주요 대사지표와의 관계를 알아보기 위해 상관분석을 시행하였다. 마지막으로 다중로지스틱 회귀분석을 통해 칼슘, 마그네슘 및 이들 간의 비율이 'High TyG index' 군과 'High TG/HDL ratio' 군과 연관성이 있는지를 평가하였다.

결과

연구 대상자 평균 연령은 45.3 ± 10.7 세였으며 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율에 따른 구획에서 높은 군과 대조군간의 차이는 보이지 않았다. 평균 체지량지수는 28.5 kg/m^2 , 내장지방 137.4 cm^2 으로 TyG 지수에 따른 비교에서는 두 군간 차이를 보이지 않았고, 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율에 따른 비교에서 'High TG/HDL ratio' 군이 내장지방이 유의하게 높게 나왔다($P=0.031$). TyG 지수의 평균값은 8.8이었고, 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율의 평균값은 3.2였다. 평균 모발내 칼슘 농도는 121.4 mg%, 마그네슘 농도 8.1 mg%였으며 칼슘-마그네슘 비율은 17.1이었다(Table 1, 2). 모발 내 칼슘, 마그네슘, 칼슘-마그네슘의 비율과 주요 대사지표와의 상관성을 분석해 본 결과 칼슘-마그네슘의 비율은 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 유의한 양의 상관관계를 보였고($r=0.304$, $P=0.023$), 마그네슘 농도는 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 각각 유의한 음의 상관관계를 보였다($P=0.032$, $P=0.013$) (Table 3). 'High TyG index', 'High TG/HDL ratio'를 각각 종속 변수로 하고 나이, 성별, 체질량 지수, 내장지방, 백혈구수, 총콜레스테롤, 고혈압 투약여부, 당뇨병약 투약여부, 고지혈증약 투약여부를 보정하여 시행한 다중로지스틱 회귀분석을 시행한 결과 칼슘과 마그네슘 농도는 개별적으로는 두 가지 표지자와 연관성을 보이지 않았다.

Table 3. Correlation between hair mineral level and cardinal cardiovascular risk

Variable	Calcium ^a		Magnesium ^a		Calcium/magnesium ^a	
	r	P-value	r	P-value	r	P-value
Age	-0.148	0.279	-0.118	0.391	-0.015	0.915
Body mass index	-0.205	0.133	-0.140	0.308	-0.069	0.617
Visceral adipose tissue	-0.190	0.164	-0.135	0.325	-0.052	0.704
White blood cell	-0.268	0.048	-0.203	0.136	-0.046	0.737
Total cholesterol	0.009	0.947	-0.001	0.942	0.037	0.786
TyG index	-0.239	0.078	-0.288	0.032	0.185	0.175
TG/HDL ratio	-0.224	0.100	-0.331	0.013	0.304	0.023

TyG, triglyceride glucose; HDL, high-density lipoprotein.

^aValues have been analyzed after log-transformation.

Table 4. Multiple logistic regression analysis showing the independent contribution of calcium, magnesium, and their ratio to high TyG index and high TG/HDL ratio^a

Variables	High TyG index		High TG/HDL ratio	
	OR (95% Confidence intervals)	P-value	OR (95% Confidence intervals)	P-value
Calcium ^b	1.56 (0.41–5.94)	0.516	0.66 (0.19–2.31)	0.510
Magnesium ^b	0.73 (0.25–2.09)	0.554	0.44 (0.15–1.31)	0.139
Calcium/magnesium ^b	16.03 (1.32–194.23)	0.029	9.98 (1.05–94.98)	0.045

TyG, triglyceride glucose; HDL, high-density lipoprotein.

^aAdjusted for age, sex, body mass index, visceral adipose tissue, white blood cell count, total cholesterol, hypertension medication, diabetes medication, and dyslipidemia medication. ^bValues have been analyzed after log-transformation.

으나, 칼슘-마그네슘(로그변환)은 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 각각 교차비와 95% 신뢰구간 16.03 (1.32–194.23) ($P=0.029$), 9.98 (1.05–94.98) ($P=0.045$)로 유의한 양의 연관성을 보였다(Table 4).

고찰

이 연구에서는 일차진료 비만클리닉을 방문한 과체중 이상의 한국인 성인 남녀에서 내장지방량을 고려 후에도 모발 내 칼슘-마그네슘의 비율이 최근 주목받고 있는 인슐린 저항성 지표인 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 유의한 양의 연관성을 보였다.

모발 미네랄은 통합의학적 관점에서는 한 사람의 영양 유형은 물론 체내 호르몬, 자율신경 등의 항상성 기제 등과 밀접한 영향을 주고받고 있으며, 정통의학적 관점에서는 여러 질환의 초기 단계에서 유용한 진단적 의미가 내포될 수 있다고 보고된 바 있다.⁷⁾ 더불어 한 사람의 체내 미네랄 구성은 유기체 및 세포 내 분자생물학적 기능을 일정 부분 반영할 수 있고, 이는 세포 생물학을 이해하는 중요한 핵심 개념으로 작동하고 있다.⁸⁾ 미네랄은 서로 독립적으로 존재하는 것이 아니라 상호 영향을 주고 받는 아주 정교한 시스템 속에서 작동하고 있기 때문이다. 칼슘과 마그네슘은 인슐린 저항성과 혈관 경직도에 서로 길항적으로 작용하는 대표적인 미네랄로 혈액 내에서는 항상성 유지 체계가 고도로 작동하고 있어 초기 단계에서의 기능저하를 반영하지 못하며 불균형이 있을 경우는 질병이 어느 정도 진행된 후에 나타난다는 평가의 한계가 있으나, 반면 모발 미네랄의 경우 불균형 시 조직 내 기능적 부적응을 조기에 반영하고 있는 경우가 많다.⁹⁾

이전 연구들에서도 인슐린 저항성이 있는 환자에서 세포 내 칼슘 농도는 상대적으로 높지만 세포 내 마그네슘 농도는 상대적으로 낮게 나타났다.¹⁰⁾ 칼슘은 인슐린 수용체의 친화성에 영향을 주어 인슐린 분비에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 세포 내 마그네슘은 칼슘이 결합하는 막 또는 단백질에 경쟁적으로 결합함으로써 칼슘에 대한 길항제로 작용하며 인슐린 수용체 활성화에 필요한 타이로신 키나아제에 중요한 역할을 수행한다.^{11,12)} 기존의 모발미네랄을 이용한 연구에서는 칼슘과 마그네슘의 비율은 전통적인 인슐린 저항성 지표인 HOMA-IR과 연관성이 있음이 있다고 보고된 바 있다.¹³⁾ 최근에는 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율이 인슐린 저항성의 지표로 부각되었고 대사증후군을 예측하는 지표로 유용하게 활용될 수 있다고 보고된 바 있으며,¹⁴⁾ TyG 지수 역시 인슐린 저항성을 평가의 지표로 국내 역학연구에서 대사증후군 및 당뇨병 발생의 예측에

있어 HOMA-IR보다 더 우수하다는 보고도 이루어진 바 있다.^{15,16)} 특히, HOMA-IR이 간 관련 인슐린저항성을 더 잘 반영하고 있어 중심성 인슐린 저항성의 지표의 성격이 강하다면, TyG 지수는 근육과 관련된 말초 인슐린 저항성을 더 잘 반영하고 있다는 점에서 HOMA-IR과 인슐린 저항성의 평가에 있어 보완적인 성격이 있다.¹⁷⁾ 칼슘과 마그네슘의 조직 내 상호작용이 새롭게 주목받고 있는 인슐린 저항성 지표인 TyG 지수, 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율 모두 와 유의한 연관성을 밝힌 첫 연구이며, 대사불균형에 대한 영양학적 이해를 넓히고 대사 지표 개선을 위한 추가적인 단초가 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 제한점으로는 표본의 크기가 작아 예비연구의 성격을 띠는 단면연구로 모발 미네랄에 영향을 미칠 수 있는 식이 요인, 영양보충제 복용여부, 신체 활동량 등의 요인이 자료 수집 단계에서 평가되지 않아 잠재적 혼란변수 요인으로 작용할 수 있다는 점이다.

결론적으로 본 연구는 과체중 이상의 한국인 성인 남녀에서 모발 내 칼슘-마그네슘의 비율이 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 유의한 양의 연관성을 보여 진행성 인슐린 저항성을 평가하고 관리할 수 있는 예비연구로서의 의의를 지닌다. 추후 대규모 전향적 연구를 통한 이들 간의 관계 규명이 필요할 것으로 보인다.

요약

연구배경: 칼슘 및 마그네슘은 상호 작용하여 인슐린 저항성에 영향을 줄 수 있으나 혈중 농도는 항상성 유지 체계로 이들 간의 상호 작용을 규명하기에 불충분한 경우가 많다. 본 연구에서는 모발 내 칼슘-마그네슘 비율과 TyG 지수 및 중성지방/고밀도콜레스테롤 비율과의 관련성을 알아보고자 하였다.

방법: 일차진료 비만클리닉을 방문한 체질량지수 23 kg/m^2 이상의 수진자 중 모발 미네랄검사와 복부 체지방 컴퓨터 단층촬영을 시행한 57명을 대상으로 하였다. 다중로지스틱 회귀분석을 통해 칼슘, 마그네슘 및 이들 간의 비율이 'High TyG index' (TyG 지수 ≥ 9.3 ; 75퍼센타일)과 'High TG/HDL ratio' (TG/HDL 비율 ≥ 4.0 ; 75퍼센타일)과 연관성이 있는지를 평가하였다.

결과: 연구 대상자 평균 연령은 45.3 ± 10.7 세였으며, 체지량 지수는 28.5 kg/m^2 , 내장지방은 137.4 cm^2 이었다. 칼슘-마그네슘 비율(로그변환)은 혼란변수를 보정한 후 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 각각 교차비와 95% 신뢰구간 16.03 (1.32–194.23), 9.98 (1.05–94.98)로 유의한 양의 연관성을 보였다($P=0.029$, $P=0.045$).

결론: 과체중 이상의 한국인 성인 남녀에서 모발 내 칼슘-마그네슘의 비율이 TyG 지수 및 중성지방/고밀도 콜레스테롤 비율과 유의한

양의 연관성을 보였다. 추후 대규모 전향적 연구를 통한 이들 간의 관계 규명이 필요할 것으로 보인다.

중심단어: 칼슘; 마그네슘; 모발; TyG 지수; 중성지방/고밀도콜레스테롤 비율

CONFLICT OF INTEREST

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

ORCID

Hyo Young Sim, <https://orcid.org/0000-0002-1664-8878>

Sun Young Jung, <https://orcid.org/0000-0001-6667-6140>

Yong Jae Lee, <https://orcid.org/0000-0002-6697-476X>

Byoungjin Park, <https://orcid.org/0000-0003-1733-5301>

REFERENCES

- DeFronzo RA, Bonadonna RC, Ferrannini E. Pathogenesis of NIDDM. A balanced overview. *Diabetes Care* 1992; 15: 318-68.
- Ginsberg HN. Insulin resistance and cardiovascular disease. *J Clin Invest* 2000; 106: 453-8.
- Singh B, Saxena A. Surrogate markers of insulin resistance: a review. *World J Diabetes* 2010; 1: 36-47.
- Chung TH, Shim JY, Kwon YJ, Lee YJ. High triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio and arterial stiffness in postmenopausal Korean women. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2019; 21: 399-404.
- Lee SB, Ahn CW, Lee BK, Kang S, Nam JS, You JH, et al. Association between triglyceride glucose index and arterial stiffness in Korean adults. *Cardiovasc Diabetol* 2018; 17: 41.
- Ma B, Lawson AB, Liese AD, Bell RA, Mayer-Davis EJ. Dairy, magnesium, and calcium intake in relation to insulin sensitivity: approaches to modeling a dose-dependent association. *Am J Epidemiol* 2006; 164: 449-58.
- Wolowiec P, Michalak I, Chojnicka K, Mikulewicz M. Hair analysis in health assessment. *Clin Chim Acta* 2013; 419: 139-71.
- Fleet JC, Replogle R, Salt DE. Systems genetics of mineral metabolism. *J Nutr* 2011; 141: 520-5.
- Park B, Kim MH, Cha CK, Lee YJ, Kim KC. High calcium-magnesium ratio in hair is associated with coronary artery calcification in middle-aged and elderly individuals. *Biol Trace Elem Res* 2017; 179: 52-8.
- Resnick LM. Cellular calcium and magnesium metabolism in the pathophysiology and treatment of hypertension and related metabolic disorders. *Am J Med* 1992; 93: 11S-20S.
- Williams PF, Caterson ID, Cooney GJ, Zilkens RR, Turtle JR. High affinity insulin binding and insulin receptor-effector coupling: modulation by Ca²⁺. *Cell Calcium* 1990; 11: 547-56.
- Curry DL, Bennett LL, Grodsky GM. Requirement for calcium ion in insulin secretion by the perfused rat pancreas. *Am J Physiol* 1968; 214: 174-8.
- Chung JH, Yum KS. Correlation of hair mineral concentrations with insulin resistance in Korean males. *Biol Trace Elem Res* 2012; 150: 26-30.
- Hong SB, 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* 2018; 50: 245-52.
- Shin KA. Triglyceride and glucose (TyG) index is a clinical surrogate marker for the diagnosis of metabolic syndrome. *Biomed Sci Lett* 2017; 23: 348-54.
- 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.
- Einarson TR, Acs A, Ludwig C, Panton UH. Prevalence of cardiovascular disease in type 2 diabetes: a systematic literature review of scientific evidence from across the world in 2007-2017. *Cardiovasc Diabetol* 2018; 17: 83.