당뇨병전기 환자에서 대사증후군의 예측인자로 허리/신장비의 효용성

김지민, 백민경, 주상현, 신민영, 김미주, 박연희, 박광인, 정경혜, 김현진, 구본정*

충남대학교 의과대학 내과학교실

Validation of Waist-to-Height Ratio for Predicting Metabolic Syndrome in Patients with Prediabetes

Ji Min Kim, Min Kyung Back, Sang Hyeon Ju, Min Young Shin, Mi Joo Kim, Yeon-hee Park, Kwang-In Park, Kyong-Hye Joung, Hyun Jin Kim, Bon Jeong Ku*

Department of Internal Medicine, Chungnam National University School of Medicine, Daejeon, Korea

Background: Metabolic syndrome is associated with type 2 diabetes and cardiovascular disease in patients with prediabetes. The aim of this study was to investigate and compare WHtR (Waist-to-Height Ratio) as a predictor of metabolic syndrome with other anthropometric indices as in Body Mass Index (BMI), Waist Circumference (WC) and Waist to Hip Ratio (WHR) in prediabetes. **Methods:** A total of 816 subjects with prediabetes were recruited from a community based Cohort Study. Receiver operating characteristic (ROC) curve was performed to find the optimal cutoff value of WHtR. Area under the curve (AUC) was calculated for each anthropometric index and correlation coefficient between WHtR and various demographic and clinical factors was calculated. **Results:** WHtR had a significant correlation with metabolic parameters except for fasting glucose and increased with increasing number of risk factors for metabolic syndrome. AUC of WHtR was significantly higher than that of other anthropometric indices. The optimal cutoff value of WHtR was 0.53 for metabolic syndrome in prediabetes. **Conclusion:** WHtR may be the simple and effective anthropometric index for predicting metabolic syndrome in prediabetic patients.

Key words: Prediabetic state, Metabolic syndrome, Waist-to-height ratio

서론

최근 식습관 및 생활 양식의 서구화로 인해 비만 인구가 급격히 늘고 있으며, 2011년에 국민건강통계에서 만 19세 이상의 31.9%가 비만에 해당하는 것으로 조사되었다.¹ 비만은 인슐린 저항성이나 내피세포 기능 장애 등과 관련이 있으며, 대사증후군, 당뇨병 및 심혈관 질환의 위험인자로 잘 알려져 있다.² 특히 대사증후군의 경우에는 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C), 높은 중성지방(triglyceride, TG), 복부 비만, 고혈압, 고혈당을 보이는 만성적인 대사 장애로 복부비만과의 연관성이 높다.

비만을 평가하는 지표로는 비만도, 체질량지수(body mass index, BMI), 체지방 분석을 통한 체지방량(body fat mass), 허리둘레(waist circumference, WC), 허리/엉덩이 둘레비(waist-to-hip ratio, WHR), 허리/신장비(waist-to-height ratio, WHtR) 등 여러 가지가 있으며, 이 중에서 복부 비만을 반영하는 지표로는 허리/엉덩이 둘레비, 허리/신장비, 허리둘레 등이 있다. 최근 연구에서 이와 같은 복부 비만을 반영하는 지표들이 대사증후군을 예측하는 지표로도 유용하다고 보고하고 있다.³⁻⁵ 건강검진 대상자 2,299명을 대상으로 진행되었던 국내의 한 연구에서 허리둘레 및 허리/신장비가 대사증후군의 각 구성요소와 유의한 상관관계를 보여 대사증후군의 선별검사 지표로 사용할

Corresponding author: Bon Jeong Ku
Department of Internal Medicine, Chungnam National University School of Medicine,
282 Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon 301-712, Korea
Tel +82-42-280-7149 Fax +82-42-280-7995 E-mail bonjeong@cnu.ac.kr
Received May 22, 2014 Reviewed Jun. 6, 2014 Accepted Jul. 10, 2014

Copyright © 2015 Korean Society for the Study of Obesity

© 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.

수 있음을 보고하였다.⁶

지난 2005년 미국당뇨병학회(American Diabetes Association, ADA)와 유럽당뇨병연구학회(European Association for the Study of Diabetes, EASD)는 대사증후군을 하나의 질환으로 보고 진단 및 치료하는 진료행위를 명확한 연구결과가 나올 때까지 중단해야 한다는 성명을 발표하였다.⁷ 이후 대사증후군이 있는 경우 당뇨병 및 심혈관 질환의 위험성이 증가한다는 여러 연구 결과가 나오고 있지만 아직까지 모든 일반인을 대상으로 하여 대사증후군을 예측, 진단하는 것을 권고하는 가이드라인은 없다. 하지만 당뇨병전기는 대사증후군과 동반되는 경우가 많으며, 당뇨병전기에서 대사증후군 동반 시 협심증, 심근경색, 뇌경색 등의 심혈관 질환의 위험이 증가할 뿐만 아니라 인슐린 저항성을 높여 당뇨병으로의 진행과도 관련이 있다.⁸⁻¹¹ 당뇨병에 대한 교차비를 비교했을 때 공복혈당 장애와 대사증후군 동반 시 공복혈당 장애만 있을 시에 비해 당뇨병 위험도가 3배 가량 더 높아지는 것으로 나타났다.¹² 그렇기에 당뇨병전기 환자에서 대사증후군을 조기에 예측하고 적절한 관리 및 치료가 시행된다면 당뇨병 및 심혈관 질환의 발생을 낮출 수 있을 것이다.

현재 대사증후군 예측을 위한 지표로 가장 많이 사용되는 것은 체질량지수이다. 편리성을 고려하여 체질량지수가 보편적으로 사용되고 있지만 복부 비만에 대한 반영도가 부족하여 대사증후군의 예측에는 부적절하다는 보고들이 있다.^{7,13} 반면에 허리/신장비는 허리 둘레를 신장으로 보정한 수치로 체질량지수에 비해 복부 비만을 잘 반영하는 것으로 알려져 있으며 대사성 질환의 위험도 예측에 있어 더 유용하다는 연구 결과들이 있다. 또한 허리/신장비는 허리둘레에 비해서도 당뇨병 및 심혈관 질환의 위험을 더 잘 예측한다는 메타 분석도 있었다.¹⁴ 따라서 본 연구에서는 체질량지수, 허리둘레, 허리/엉덩이 둘레비와 허리/신장비를 비교하여 대사증후군 예측의 지표로서 허리/신장비의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

방 법

1. 연구대상 및 기간

2005년 12월부터 2006년 2월까지 지역사회 코호트 사업에 참여한 충청남도 금산군 주민을 대상으로 하였다. 40세 이상 70세 이하의 주민 1,871명이 자발적 동의 후에 사업에 참여하였으며, 이 중 748명이 60세 이상에 해당되었다. 고연령군의 비율이 높았기에 당뇨병 전기에 해당하는 사람이 816명으로 많게 나타났으며 본 연구는 이들을 대상으로 하였다. 공복 혈당 장애(impaired fasting glucose, IFG)에 해당하는 사람은 77명, 내당능 장애(impaired glucose tolerance, IGT)는 455명, 공복 혈당 장애와 내당능 장애에 모두 해당되는 사람은 44명, 그리고 공복 혈당 장애 및 내당능 장애에는 해당되지 않지만 당화혈

색소(hemoglobin A1c, HbA1c) 5.7-6.4%로 당뇨병전기로 진단된 사람은 328명이었다.

2. 연구내용 및 방법

설문조사를 통해 대상 환자의 성별, 연령, 기저질환(당뇨병 및 심혈관 질환, 고지혈증 유무), 복용 약제, 흡연 및 음주 등의 생활 습관을 파악하였다. 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레를 측정하였으며, 이로부터 체질량지수, 허리/신장비 및 허리/엉덩이 둘레비를 계산하였다. 체질량지수는 체중(kg)/신장(m)²의 공식을 이용하여 산출하였다. 허리둘레는 마지막 늑골의 하단과 장골능선의 상단 부위의 중간 지점에서 숨을 내쉬 상태에서 줄자를 이용하여 측정하였으며 엉덩이 둘레는 대퇴골 대전자의 가장 넓은 부위에서 측정하였다. 혈압 측정은 디지털 혈압계를 이용하였으며 10분 이상 안정상태를 취하고 5분 이상 간격을 두고 2회 측정하여 그 평균값으로 하였다. 혈액의 채취는 8시간 이상 충분한 공복 상태에서 시행하였으며 식후 2시간 혈당 값을 얻기 위해 75 g당 부하 후 2시간째 다시 혈액을 채취하였다. 혈당(serum glucose), TG, 총콜레스테롤(total cholesterol, TC), HDL-C를 자동분석기(Hitachi 747, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였고, 저밀도 지단백 콜레스테롤(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)은 다음의 공식¹⁵을 이용하여 계산하였다.

$$\text{LDL-C} = \text{TC} - [\text{HDL-C} + (\text{TG}/5)]$$

당화혈색소의 측정은 Variant II turbo (Turbo; Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)를 이용한 고속 액체 크로마토그래피(High-performance liquid chromatography, HPLC)로 측정하였으며 인슐린 농도는 방사면역측정법(DPC Coat-a-count insulin, LA, USA)으로 측정하였다. 인슐린 저항성은 공복 인슐린과 공복 혈당을 이용한 HOMA-IR (homeostasis model for insulin resistance)로 평가하였으며, 다음 공식을 이용하였다.

$$\text{HOMA-IR} = [\text{공복 인슐린(mU/L)} \times \text{공복 혈당(mmol/L)}] / 22.5$$

향후 10년간 심혈관 질환의 위험도는 Framingham risk score를 통하여 산출하였다.¹⁶

3. 정의

당뇨병전기는 미국당뇨병학회의 진단기준에 따라 공복 혈당 장애(공복 혈당이 100-125 mg/dL인 경우), 내당능 장애(경구 당부하 후 2시간 혈당이 140-199 mg/dL인 경우), 또는 당화혈색소가 5.7-6.4%인 경우로 하였다.¹⁷

대사증후군의 진단은 미국 국립 콜레스테롤 교육 프로그램의 성인 치료 패널 III (NCEP ATP-III) 진단기준을 이용하였으며, WC는 90 cm (남) 또는 85 cm (여) 초과, 혈청 TG 150 mg/dL 이상, 혈청 HDL-C 40 mg/dL (남) 또는 50 mg/dL (여) 미만, 수축기 혈압 130 mmHg 이상 혹은 이완기 혈압 85 mmHg 이상, 그리고 공복 혈당 100 mg/dL 이상의 5가지 중 3가지 이상에 해당되는 경우로 하였다.¹⁸ WC는 대한비만학회의 기준(남 90 cm, 여 85 cm)을 사용하였다.¹⁹

이상지질혈증은 NCEP ATP-III 지침을 참고하여 혈청 TG가 150 mg/dL 이상, TC가 200 mg/dL 이상, LDL-C 130 mg/dL 이상, HDL-C 40 mg/dL 미만 중 하나라도 해당되는 경우이거나 이상지질혈증을 진단받고 약물 복용 중인 사람도 포함하였다.²

4. 통계분석

본 연구에서는 허리/신장비와 체질량지수의 대사증후군에 대한 진단력을 비교하기 위해 수용자 반응 특성(receiver operating characteristic, ROC) 곡선을 이용한 곡선하 면적(area under curve, AUC) 값을 구하였고, 허리/신장비와 여러 임상지표들 사이의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하였다. 그리고 대사증후군의 유무에 따라 두 군으로 나누어 서로 비교 분석하였고, 이는 독립표본 *t*-검정(independent *t*-test)을 이용하였다. 대사증후군과 허리/신장비의 ROC 곡선을 이용하여 적절한 민감도, 특이도를 갖는 허리/신장비 값을 산출하였고, 이를 기준으로 하여 대상군을 두 군으로 나누어 독립표본 *t*-검정을 이용하여 서로 비교 분석하였다. 통계적 분석은 SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), Medcalc version 12.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium)을 이용하였고, *P*값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

대상군의 평균 연령은 57.5±7.4세였고, 체질량지수는 남자는 23.7±3.0 kg/m², 여자는 24.9±3.4 kg/m²였다. 허리둘레는 남자 87.8±8.5 cm, 여자 86.8±10.3 cm으로 양 군에 차이가 없었으나(*P* = 0.063), 여자에서 복부비만에 해당하는 비율이 높게 나타났다. 허리/신장비는 평균 0.55±0.06이었고, 남자는 0.53±0.05, 여자는 0.57±0.07로 여자에게서 더 높았다(*P* < 0.001) (Table 1).

2. 대사증후군 환자의 특성

대사증후군의 동반유무에 따라서 대사증후군 동반군인 MetS군과 동반하지 않은 non-MetS군으로 구분하였다. 전체 816명 중 MetS

Table 1. The general characteristics of the study subjects

	Total (N=816)	Male (N=349)	Female (N=467)	<i>P</i> value*
Age (year)	57.5±7.4	57.5±7.3	57.5±7.5	0.996
Height (cm)	158.5±8.7	165.8±6.1	153.0±5.8	<0.001
Weight (kg)	61.3±9.9	65.3±9.6	58.3±9.0	<0.001
Hip (cm)	81.8±13.6	79.9±14.0	83.2±13.1	0.001
BMI (kg/m ²)	24.4±3.3	23.7±3.0	24.9±3.4	<0.001
WC (cm)	87.1±9.6	87.8±8.5	86.6±10.3	0.063
SBP (mmHg)	134.7±16.3	135.5±16.1	134.1±16.5	0.216
DBP (mmHg)	84.1±10.3	85.4±10.7	83.1±9.8	0.001
Fasting glucose (mg/dL)	95.8±10.0	97.8±10.2	94.3±9.5	<0.001
PP2 (mg/dL)	138.6±32.0	135.5±35.3	141.0±29.1	0.020
TC (mg/dL)	214.3±38.5	207.2±37.8	219.6±38.2	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	173.9±99.6	188.1±111.1	163.2±88.7	0.001
HDL-C (mg/dL)	45.1±10.6	44.2±11.0	45.8±10.3	0.037
LDL-C (mg/dL)	127.7±33.7	119.4±34.1	133.8±32.1	<0.001
HbA1c (%)	5.6±0.4	5.6±0.4	5.6±0.4	0.419
Insulin (μU/mL)	8.8±4.8	7.5±3.4	9.7±5.4	<0.001
WHtR	0.55±0.06	0.53±0.05	0.57±0.07	<0.001
WHR	1.1±0.3	1.1±0.3	1.1±0.3	0.001
HOMA-IR	2.08±1.21	1.83±0.89	2.27±1.37	<0.001
Framingham risk score	14.2±3.1	13.8±2.3	14.5±3.6	0.001
MetS (%)	455 (55.8)	163 (46.7)	292 (62.5)	<0.001 [†]
Dyslipidemia (%)	696 (85.3)	294 (84.2)	402 (86.1)	0.485

Data was expressed as mean±SD.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; PP2, 2 hours postprandial glucose; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; WHtR, waist to height ratio; WHR, waist to hip ratio; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; MetS, metabolic syndrome.

**P* value from independent *t*-test between male and female (except metabolic syndrome), [†]*P* value from chi-square test between male and female.

군은 455명이었으며 남자는 163명(35.8%), 여자는 292명(64.2%)으로 여자에서 더 많았다(*P* < 0.001). MetS군의 허리/신장비는 0.58±0.06이었으며 non-MetS군의 허리/신장비 0.52±0.06보다 높았다(*P* < 0.001). MetS군과 non-MetS군의 WC는 각각 90.8±8.2 cm, 82.4±9.2 cm으로 현저한 차이를 보였으며(*P* < 0.001), TG는 각각 210.5±106.0 mg/dL, 127.7±66.8 mg/dL로 큰 차이를 보였다(*P* < 0.001). 이외에도 대사증후군의 진단 요소인 LDL-C, 공복 혈당 역시 MetS군에서 높았으며, HDL-C는 낮았다(Table 2).

3. 대사증후군의 위험요소들과 허리/신장비와의 상관관계

대사증후군의 각각의 위험요소와 허리/신장비와의 상관 계수를 보면 HDL-C가 낮을수록 허리/신장비가 높았으며(*P* < 0.05), WC, 수축기 혈압, TG, LDL-C와는 양의 상관관계를 보였다(*P* < 0.05) (Table 3).

다음으로 대사증후군의 위험요소 수와 허리/신장비의 상관관계를 알아보았다. 대사증후군의 NCEP ATP-III 진단기준에 해당하는 5가지 구성 요소에 하나도 해당되지 않는 사람은 33명으로 평균 허리/신

Table 2. Comparison of various clinical factors between MetS group and non-MetS group

	Non-MetS (N=361)	MetS (N=455)	P value*
Age (year)	57.8±7.4	57.2±7.4	0.250
Height (cm)	158.9±8.3	158.2±8.9	0.234
Weight (kg)	58.3±8.8	63.7±10.1	<0.001
Hip (cm)	82.5±12.5	81.2±14.3	0.179
BMI (kg/m ²)	23.1±2.9	25.4±3.2	<0.001
WC (cm)	82.4±9.2	90.8±8.2	<0.001
SBP (mmHg)	129.6±15.7	138.7±15.7	<0.001
DBP (mmHg)	81.6±10.2	86.0±9.9	<0.001
Fasting glucose (mg/dL)	93.1±8.9	98.0±10.2	<0.001
PP2 (mg/dL)	137.1±33.9	139.9±30.4	0.217
TC (mg/dL)	213.3±39.0	215.2±38.1	0.483
Triglyceride (mg/dL)	127.7±66.8	210.5±106.0	<0.001
HDL-C (mg/dL)	49.6±11.5	41.5±8.2	<0.001
LDL-C (mg/dL)	126.9±34.2	128.2±33.3	0.590
HbA1c (%)	5.6±0.3	5.6±0.4	0.939
Insulin (μU/mL)	7.7±4.9	9.6±4.6	<0.001
WHtR	0.52±0.06	0.58±0.06	<0.001
WHR	1.04±0.27	1.16±0.28	<0.001
HOMA-IR	1.79±1.23	2.32±1.15	<0.001
Framingham risk score	13.3±2.9	14.9±3.1	<0.001

Data was expressed as mean ± SD.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; PP2, 2 hours postprandial glucose; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; WHtR, waist to height ratio; WHR, waist to hip ratio; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; MetS, metabolic syndrome.

*P value from independent t test between MetS group and non-MetS group.

장비는 0.499였다. 반면에 5가지의 구성 요소에 모두 해당되는 40명의 평균 허리/신장비는 0.591로 차이를 보였다. 해당되는 구성 요소의 개수가 1,2,3,4개인 군의 평균 허리/신장비는 각각 0.512, 0.527, 0.567, 0.585로 진단기준에 많이 해당될수록 허리/신장비가 증가됨을 알 수 있었다($P<0.001$) (Fig. 1).

4. 대사증후군 예측에 있어 허리/신장비와 다른 지표들과의 비교

AUC 값을 이용하여 여러 지표들의 대사증후군 진단력을 비교하여 보았다. 허리/신장비의 AUC 값은 0.76으로 체질량지수 0.72, 허리둘레 0.75, 허리/엉덩이 둘레비 0.66인 것에 비해 높게 나타났으며, 허리둘레를 제외하고는 남, 녀 모두에서 비슷한 차이를 보였다. 허리/신장비는 전체에서 허리 둘레보다 높은 AUC 값을 보였으나 차이는 크지 않았으며 남, 녀 나누어 비교 시에는 허리둘레가 더 높은 AUC 값을 보였다(Table 4).

5. 허리/신장비의 절단값(cut off value) 및 허리/신장비에 따른 특성

적정 민감도, 특이도를 나타내는 허리/신장비의 절단값을 찾기 위해

Table 3. Pearson's correlations between WHtR and various variables

	Total	Male	Female
Age (year)	-0.067*	-0.153*	-0.026
Height (cm)	-0.311*	-0.120*	-0.185*
Weight (kg)	0.325*	0.476*	0.482*
Hip (cm)	-0.348*	-0.420*	-0.403*
WC (cm)	0.881*	0.925*	0.948*
SBP (mmHg)	0.074*	0.038	0.120*
DBP (mmHg)	-0.048	-0.044	-0.001
Fasting glucose (mg/dL)	0.040	0.051	0.120*
PP2 (mg/dL)	0.196*	0.106*	0.238*
TC (mg/dL)	0.038	-0.053	0.016
Triglyceride (mg/dL)	0.089*	0.200*	0.091*
HDL-C (mg/dL)	-0.233*	-0.425*	-0.179*
LDL-C (mg/dL)	0.114*	-0.026	0.077
HbA1c (%)	-0.087*	-0.102	-0.099*
Insulin (μU/mL)	0.123*	0.133*	0.042
WHR	0.636*	0.686*	0.727*
HOMA-IR	0.113*	0.127*	0.043
Framingham risk score	0.103*	0.076	0.072

WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; PP2, 2 hours postprandial glucose; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; WHtR, waist to height ratio; WHR, waist to hip ratio; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance.

*P value < 0.05.

Fig. 1. Correlation for waist to height ratio (WHtR) and number of risk factors for metabolic syndrome (MetS). WHtR were 0.499 in a group that had no metabolic risk factor, and 0.591 in a group that had 5 metabolic risk factors, respectively. WHtR increased with increasing number of risk factors for metabolic syndrome. Total: $r=0.448$, P value < 0.001, Male: $r=0.448$, P value < 0.001, Female: $r=0.423$, P value < 0.001.

ROC 곡선을 사용하였다. 허리/신장비가 0.53일 때 민감도 및 특이도가 각각 81.3% 및 60.9%로 가장 적절한 값을 얻을 수 있었으며, MetS군 455명 중 81.5%인 371명에서 허리/신장비가 0.53 이상으로 나타났다.

허리/신장비가 0.53 이상인 군과 미만인 군을 비교하였을 때 0.53 미만인 군의 평균 체중은 58.0 ± 8.7 kg, 0.53 이상인 군의 평균 체중은 63.3 ± 10.1 kg이었으며, 체질량지수는 각각 22.5 ± 2.5 kg/m², $25.5 \pm$

Table 4. Area under curve (AUC) for various anthropometric indices to predict metabolic syndrome

	WHtR	WHR	BMI	WC
Total	0.762 (0.729-0.796)*	0.660 (0.621-0.698)*	0.718 (0.683-0.753)*	0.752 (0.718-0.786)*
Male	0.754 (0.703-0.805)*	0.680 (0.624-0.736)*	0.729 (0.677-0.782)*	0.804 (0.757-0.851)*
Female	0.744 (0.696-0.793)*	0.692 (0.639-0.745)*	0.698 (0.648-0.747)*	0.748 (0.698-0.798)*

Data are AUC (95% confidence interval).

WHtR, waist to height ratio; WHR, waist to hip ratio; BMI, body mass index; WC, waist circumference.

*P value < 0.05.

Table 5. The comparison of various clinical factors according to the WHtR cut-off value

	≤ 0.53 (N=304)	> 0.53 (N=512)	P value*
Age (year)	58.2 ± 7.8	57.1 ± 7.1	0.040
Height (cm)	160.3 ± 8.6	157.4 ± 8.6	< 0.001
Weight (kg)	58.0 ± 8.7	63.3 ± 10.1	< 0.001
Hip (cm)	88.0 ± 7.9	78.1 ± 14.8	< 0.001
BMI (kg/m ²)	22.5 ± 2.5	25.5 ± 3.2	< 0.001
WC (cm)	78.1 ± 6.5	92.4 ± 6.8	< 0.001
SBP (mmHg)	134.0 ± 16.9	135.1 ± 16.0	0.336
DBP (mmHg)	84.9 ± 10.2	83.6 ± 10.3	0.083
Fasting glucose (mg/dL)	94.7 ± 10.4	96.4 ± 9.7	0.016
PP2 (mg/dL)	132.2 ± 34.0	142.4 ± 30.2	< 0.001
TC (mg/dL)	215.1 ± 40.1	213.9 ± 37.6	0.668
Triglyceride (mg/dL)	158.8 ± 88.5	182.8 ± 104.7	0.001
HDL-C (mg/dL)	48.5 ± 11.4	43.0 ± 9.6	< 0.001
LDL-C (mg/dL)	125.7 ± 35.5	128.8 ± 32.6	0.193
HbA1c (%)	5.7 ± 0.3	5.6 ± 0.4	< 0.001
Insulin (μIU/mL)	5.7 ± 0.3	9.0 ± 4.8	0.056
HOMA-IR	1.98 ± 1.25	2.14 ± 1.19	0.058
Framingham risk score	14.0 ± 3.0	14.3 ± 3.2	0.119

Data was expressed as mean ± SD.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; PP2, 2 hours postprandial glucose; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance.

*P value from independent t-test.

3.2 kg/m²으로 0.53 이상인 군에서 유의하게 높았다($P < 0.001$). 또한 WC, TG, 공복 혈당, 모두 허리/신장비가 0.53 이상인 군에서 통계적으로 유의하게 높았으며, HDL-C는 더 낮게 나타났다(Table 5).

고 찰

본 연구에서는 당뇨병전기 환자에서 대사증후군의 예측인자로 허리/신장비의 효용성에 대해 알아보았다. 허리둘레, 체질량지수, 허리/엉덩이 둘레비, 허리/신장비와 대사증후군 사이의 상관계수 및 AUC 값을 비교하였을 때, 대사증후군을 예측하는 데 있어 유용한 지표로 허리/신장비를 이용할 수 있음을 알 수 있었다.

체질량지수는 현재 임상에서 가장 흔하게 사용되는 비만을 평가하는 지표이나 체내 지방 분포를 제대로 반영하지 못하는 단점이 있

다. 또한 인종에 따라 체지방의 차이를 보이며, 체질량지수가 동일하여도 동양인에서 서양인보다 체지방량이 높은 것으로 나타나 체질량지수와 비만 및 연관 질환과의 관련성이 유의하지 않다는 것이 보고되고 있다.²⁰⁻²³ 체질량지수, 허리/신장비와 여러 요소들의 상관계수를 비교하였을 때에도, 체질량지수의 경우에는 체중과는 높은 상관관계를 보이고 있으나 허리 둘레와의 상관관계는 허리/신장비에 비해 높지 않음을 알 수 있다. 이는 체질량지수가 비만의 지표로는 유용하나 복부 비만은 잘 반영하지 못한다는 것을 나타내며 복부 비만이 인슐린 저항성 및 만성 대사질환과 더 관련이 높음을 고려할 때^{24,25} 체질량지수는 대사증후군을 예측하기에 한계가 있음을 의미한다. 대사증후군의 진단 기준에 허리 둘레가 포함되어 있어 허리 둘레 및 허리/신장비의 AUC 값이 과평가되었다는 제한점은 있으나 본 연구에서도 대사증후군 진단에 있어서 허리둘레 및 허리/신장비가 체질량지수보다 높은 AUC 값을 보였다. 또한 대사증후군에 해당되는 455명 중 체질량지수가 25 kg/m² 이상인 사람은 243명이었고 30 kg/m² 이상인 사람은 32명밖에 되지 않아 정상 체질량지수에서도 대사증후군이 발생할 수 있으며 체질량지수가 대사증후군의 예측인자로는 바람직하지 못하다는 것을 생각해 볼 수 있다.

반면에 허리 둘레, 허리/엉덩이 둘레비, 허리/신장비는 복부 비만의 임상적 지표로서 체질량지수보다 비만 연관 질환을 예측하는 데 유용한 예측인자로 사용될 수 있음이 알려져 있다. 하지만 본 연구에서 허리/엉덩이 둘레비는 허리 둘레 및 허리/신장비에 비해 낮은 AUC 값을 보여 대사증후군 진단에 있어 허리 둘레, 허리/신장비만큼 유용하지는 못함을 알 수 있었다.

현재 복부 비만의 지표로 허리/신장비보다는 허리 둘레가 주로 사용되고 있으나, 허리 둘레가 개개인의 신장에 따라 달라짐을 고려할 때 신장이 작은 동양인에게 서양인에서와 같은 절단값을 적용하기는 어렵다. National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III)에서 복부 비만의 기준을 남자는 허리둘레 102 cm 이상, 여자는 허리둘레 88 cm 이상으로 제시하였지만, 2000년도 World Health Organization (WHO)/International Association for the Study of Obesity (IASO)/International Obesity Task Force (IOTF) 기준에서는 아시아인은 비만의 정도가 서양인보다 낮은 상태에서 건강 위험도가 높음을 제시하면서 아시아, 태평양지역 사람을

위한 비만 기준에서 복부 비만의 기준을 남자는 허리 둘레 90 cm 이상, 여자는 허리 둘레 80 cm 이상으로 할 것을 권고하였다.^{26,27} 또한 대한비만학회에서는 한국인에서의 절단값을 남자는 허리둘레 90 cm 이상, 여자는 허리둘레 85 cm 이상으로 할 것을 제시하였다.¹⁹

허리둘레는 인종, 성별뿐만 아니라 나이에 따라서도 절단값이 달라져야 한다. 하지만 허리/신장비는 신장으로 허리둘레를 보정하여 성별, 연령, 인종에 상관없이 공통적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다.^{28,29} 특히 이전 연구들에서 동양인에서 당뇨 발병 위험도가 서양인에 비해 2-5배 높으며 주요 요인으로 복부 비만을 제시하였던 것을 고려할 때 허리/신장비는 한국인에게 유용한 대사질환의 예측 인자로 사용될 수 있다.^{30,31}

그러나 아직 허리/신장비의 적절한 절단값에 대해 확정된 것은 없다. 이전 논문들에서 Browning 등³²은 허리/신장비의 절단값을 0.5로 제시하였고, 중국에서 시행한 한 연구에서는 대사증후군 예측을 위한 허리/신장비의 절단값으로 0.52를 주장하였다.³³ 앞서 언급한 것처럼 허리/신장비는 인종에 상관없이 공통적으로 사용할 수 있기에 본 연구에서도 우선 Browning 등³²이 제시한 0.5를 절단값으로 하여 분석을 시행하였다. 허리/신장비의 절단값을 0.5로 할 경우 허리/신장비가 0.5 이상인 654명 중 424 (64.8%)명이 대사증후군에 해당되었으며 0.5 미만인 군에서는 19.1%가 대사증후군으로 나타났다. 허리/신장비가 0.52 이상인 556명 중에서는 391명(70.3%)이 대사증후군에 해당되었다. 본 연구에서는 ROC 곡선을 이용하여 얻은 절단값 0.53을 이용하였을 때 허리/신장비가 0.53 이상인 512명 중 371명(72.5%)이 대사증후군으로 나타났으며, 대사증후군 455명 중 약 81.5%가 해당되었다.

본 연구에서 허리/신장비가 실제로 인슐린 저항성 및 심혈관 질환의 예측 인자로 유용한지 평가를 위해 HOMA-IR 값 및 Framingham risk score와 허리/신장비와의 상관관계를 분석하였다. 인슐린 저항성을 의미하는 HOMA-IR 값은 허리/신장비와 상관관계를 보였다. 남, 녀 나누어 비교 시에는 여자에서 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 이는 성별에 따른 인슐린 저항성의 차이가 관련이 있을 것으로 생각된다.^{34,35} Framingham risk score 역시 전체 집단에서는 허리/신장비와 상관관계를 보였으나 남, 녀 나누어 비교 시에는 통계적으로 유의하지 않았다. Framingham risk score는 비만, 고중성지방혈증, hs-CRP의 상승 같이 심혈관 질환의 독립적 위험 인자를 포함하지 않고 있으며 실제로 Framingham risk score가 대사증후군 여부보다 심혈관 질환을 더 잘 예측할지에 대한 것은 아직 논란이 있다. 또한 Framingham risk score는 서양인을 대상으로 한 것으로 동양인에게 똑같이 적용하기 어렵다는 점이 있을 수 있으며³⁶ 이런 것들로 인해 남, 녀의 하위그룹분석에서 상관성이 없게 나왔을 가능성이 있다. 이전의 메타 분석에서는 허리/신장비가 심혈관 질환의 예측 인자로 유용하다는 보고가 있었으며³⁷ 허리/신장비를 통한 대사증후군 예측이 실제로 당뇨병

및 심혈관 질환 발생 위험도를 낮출 수 있는지에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한 본 연구는 당뇨병전기에 해당되는 사람만을 대상으로 하였기에 일반인에게 동일한 허리/신장비의 절단값을 적용할 수 있을지에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 이번 연구가 특정 지역, 40세 이상, 70세 이하의 특정 연령군만을 대상으로 하였다는 점도 하나의 제한점이 될 수 있다.

대사증후군은 여러 위험요소들을 평가하여 진단하는 하나의 증후군이기에 때문에 실제로 임상에서 진단이 간단하지 않으며 간과하기 쉽다. 하지만 허리/신장비는 쉽게 측정이 가능하여 대사증후군의 예측 및 이후 대사 관련 질환의 추적관찰 지표로도 간단하게 사용할 수 있다. 또한 환자 스스로도 측정이 가능하기에 치료에 있어 환자의 참여도와 순응도를 높이는 데에도 유용할 것으로 생각된다.

결론적으로 당뇨병전기 환자에서 대사증후군을 예측하는 지표로써 허리/신장비를 이용할 수 있으며, 적정 절단값은 0.53이었다. 본 연구는 당뇨병전기 환자에서 단면조사연구로 진행되었기 때문에 추후 전향적이며 일반인을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

배경: 당뇨병전기 환자에서 대사증후군 동반 시 당뇨병 및 심혈관 질환이 증가하는 것으로 알려져 있으나 대사증후군을 예측하는 지표로 명확하게 제시된 것은 없다. 본 연구에서는 체질량지수 및 다른 임상적 지표와 허리/신장비를 비교하여 대사증후군의 예측 지표로써 허리/신장비의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

방법: 2005년 12월부터 2006년 2월까지 지역사회 코호트 사업을 위해 참여한 충청남도 금산군 주민 중 당뇨병 전기에 해당하는 총 816명을 대상으로 하였다. 곡선하 면적(area under curve, AUC)값을 통해 허리/신장비와 다른 지표들의 대사증후군에 대한 진단력을 비교하였으며 허리/신장비와 여러 임상요소들 사이의 상관관계를 분석하였다.

결과: 공복 혈당을 제외한 대사증후군 각각의 위험 요소는 허리/신장비와 유의한 상관관계를 보였으며, 대사증후군의 진단 기준에 많이 해당될수록 허리/신장비 또한 증가를 보였다 ($P < 0.001$). AUC 값을 이용하여 대사증후군의 진단력을 비교 시 허리/신장비가 다른 지표들에 비해 우수하였다. 대사증후군의 예측에 있어서 허리/신장비의 적정 절단값은 0.53으로 나타났다.

결론: 당뇨병전기 환자에서 대사증후군의 간단하고 유용한 예측 지표로써 허리/신장비를 이용할 수 있겠다.

중심 단어: 당뇨병전기, 대사증후군, 허리/신장비

Conflicts of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

1. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2011: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-2). Seoul: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2012.
2. National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 2002;106:3143-421.
3. Jia WP, Lu JX, Xiang KS, Bao YQ, Lu HJ, Chen L. Prediction of abdominal visceral obesity from body mass index, waist circumference and waist-hip ratio in Chinese adults: receiver operating characteristic curves analysis. *Biomed Environ Sci* 2003;16:206-11.
4. Shao J, Yu L, Shen X, Li D, Wang K. Waist-to-height ratio, an optimal predictor for obesity and metabolic syndrome in Chinese adults. *J Nutr Health Aging* 2010;14:782-5.
5. Park YS, Kim JS. Association between waist-to-height ratio and metabolic risk factors in Korean adults with normal body mass index and waist circumference. *Tohoku J Exp Med* 2012;228:1-8.
6. Kim JI, Yu BC, Jeon MJ, Kim JM, Choi JS, Park JY, et al. Correlation of metabolic syndrome with waist circumference and waist-to-height ratio. *Korean J Obes* 2009;18:87-93.
7. Kahn R, Buse J, Ferrannini E, Stern M; American Diabetes Association; European Association for the Study of Diabetes. The metabolic syndrome: time for a critical appraisal: joint statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care* 2005;28:2289-304.
8. Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsén B, Lahti K, Nissén M, et al. Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2001;24:683-9.
9. Alexander CM, Landsman PB, Teutsch SM, Haffner SM; Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III); National Cholesterol Education Program (NCEP). NCEP-defined metabolic syndrome, diabetes, and prevalence of coronary heart disease among NHANES III participants age 50 years and older. *Diabetes* 2003;52:1210-4.
10. Hunt K, Resendez RG, Williams K, Haffner SM, Stern MP; San Antonio Heart Study. National Cholesterol Education Program versus World Health Organization metabolic syndrome in relation to all-cause and cardiovascular mortality in the San Antonio Heart Study. *Circulation* 2004;110:1251-7.
11. Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, et al. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA* 2002;288:2709-16.
12. Lorenzo C, Williams K, Hunt KJ, Haffner SM. The National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III, International Diabetes Federation, and World Health Organization definitions of the metabolic syndrome as predictors of incident cardiovascular disease and diabetes. *Diabetes Care* 2007;30:8-13.
13. Park HS, Oh SW, Kang JH, Park YW, Choi JM, Kim YS, et al. Prevalence and associated factors with metabolic syndrome in South Korea -from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 1998-. *Korean J Obes* 2003;12:1-14.
14. 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;13:275-86.
15. Park JH, Lim S, Lim JY, Kim KI, Han MK, Yoon IY, et al. An overview of the Korean longitudinal study on health and aging. *Psychiatry Investig* 2007;4:84-95.
16. D'Agostino RB Sr, Vasan RS, Pencina MJ, Wolf PA, Cobain M, Massaro JM, et al. General cardiovascular risk profile for use in primary care: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2008;117:743-53.
17. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes--2014. *Diabetes Care* 2014;37 Suppl 1:14-80.
18. Lim DM, Park KY, Koh GP. The biochemical markers of coronary heart disease correlates better to metabolic syndrome defined by WHO than by NCEP-ATP III or IDF in Korean type 2 diabetic patients. *Korean Diabetes J* 2008;32:157-64.
19. Lee SY, Park HS, Kim DJ, Han JH, Kim SM, Cho GJ, et al. Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults. *Diabetes Res Clin Pract* 2007;75:72-80.

20. Daniels SR, Khoury PR, Morrison JA. The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. *Pediatrics* 1997;99:804-7.
21. Quak SH, Furnes R, Lavine J, Baur LA; Obesity Working Group. Obesity in children and adolescents. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2008;47:254-9.
22. Yoo SY, Kim M, Kim S, Kim SH, Ko SJ, Beom JW, et al. Relationship between obesity indices and cardiovascular risk score in Korean type 2 diabetes patients. *Korean J Obes* 2013;22:148-54.
23. Wang J, Thornton JC, Russell M, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RN Jr. Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1994;60:23-8.
24. Després JP. Abdominal obesity as important component of insulin-resistance syndrome. *Nutrition* 1993;9:452-9.
25. Ritchie SA, Connell JM. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2007;17:319-26.
26. Tan CE, Ma S, Wai D, Chew SK, Tai ES. Can we apply the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel definition of the metabolic syndrome to Asians? *Diabetes Care* 2004;27:1182-6.
27. World Health Organization Western Pacific Region; International Association for the Study of Obesity; International Obesity Task Force. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Sydney: Health Communications Australia Pty Limited; 2000.
28. Ashwell M, Lejeune S, McPherson K. Ratio of waist circumference to height may be better indicator of need for weight management. *BMJ* 1996;312:377.
29. Hsieh SD, Yoshinaga H, Muto T, Sakurai Y, Kosaka K. Health risks among Japanese men with moderate body mass index. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:358-62.
30. Chowdhury TA, Grace C, Kopelman PG. Preventing diabetes in south Asians. *BMJ* 2003;327:1059-60.
31. Misra A, Khurana L. Obesity-related non-communicable diseases: South Asians vs White Caucasians. *Int J Obes (Lond)* 2011;35:167-87.
32. Browning LM, Hsieh SD, Ashwell M. A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value. *Nutr Res Rev* 2010;23:247-69.
33. Liu L, Ping Z, Li L, Yang Y, Li C, Zhang M. Power and the cutoff value of waist-to-height ratio predicting metabolism syndrome. *Wei Sheng Yan Jiu* 2012;41:992-6.
34. Macotela Y, Boucher J, Tran TT, Kahn CR. Sex and depot differences in adipocyte insulin sensitivity and glucose metabolism. *Diabetes* 2009;58:803-12.
35. Otsuki M, Kasayama S, Saito H, Mukai M, Koga M. Sex differences of age-dependent changes of insulin sensitivity in Japanese non-diabetic subjects. *Diabetes Care* 2005;28:2590-1.
36. Bansal M, Shrivastava S, Mehrotra R, Agarwal V, Kasliwal RR. Low Framingham risk score despite high prevalence of metabolic syndrome in asymptomatic North-Indian population. *J Assoc Physicians India* 2009;57:17-22.
37. Lee CM, Huxley RR, Wildman RP, Woodward M. Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *J Clin Epidemiol* 2008;61:646-53.