

Received: May 15, 2021

Revised: May 20, 2021

Accepted: May 21, 2021

**Corresponding Author:**

Dae Hyun Kim, M.D., Ph.D.  
Department of Family Medicine, Keimyung  
University School of Medicine, Dongsan  
Medical Center, 1035, Dalgubeol-daero,  
Dalseo-gu, Daegu 42601, Korea  
Tel: +82-53-258-4175  
E-mail: dhkim@dsmc.or.kr

## 과체중 성인에서 생활습관병의 선별지표로서의 허리둘레-신장 비

이민진<sup>1</sup>, 서영성<sup>2</sup>, 홍승완<sup>2</sup>, 김대현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>꽃비 피부과

<sup>2</sup>계명대학교 의과대학 가정의학교실

## Waist-to-Height Ratio as an Index for Screening Lifestyle-Related Diseases in Overweight Adults

Min Jin Lee<sup>1</sup>, Young Sung Suh<sup>2</sup>, Seung Wan Hong<sup>2</sup>, Dae Hyun Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Flower-be Dermatology Clinic, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Department of Family Medicine, School of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

Central obesity carries more metabolic risks compared with total obesity assessed by Body mass index (BMI). Also, there's paradoxical relationship between BMI and all-cause mortality in overweight group ( $23 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ ). The aim of this study is to assess relationship between waist-to-height ratio (WHtR) and lifestyle-related diseases such as metabolic syndrome, hypertension, and type 2 diabetes in overweight group, and to find the most predictable and useful obesity index for screening lifestyle-related diseases. A total of 3,994 overweight ( $23 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ ) adults from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2013-2015 (KNHANES VI) were included. We assessed the relationship between WHtR and metabolic syndrome components using multiple regression analysis, and assessed the relationship between abdominal obesity ( $\text{WHtR} \geq 0.5$ ) and lifestyle-related diseases using complex samples logistic regression analysis. Also, to find the most useful index to predict lifestyle-related diseases, we calculated the areas under the Receiver operating characteristic curves. WHtR was significantly related to metabolic syndrome components. Odds ratios of metabolic syndrome, hypertension and type 2 diabetes were 2.187, 1.445, 2.463 in abdominal obese group ( $\text{WHtR} \geq 0.5$ ), respectively. Area under the curve of WHtR was the most significantly highest among those of obesity indices. WHtR is a simple and useful obesity index to predict lifestyle-related diseases in overweight Korean adults. Further investigations for other obesity indices are needed to predict lifestyle-related diseases better.

**Keywords:** Body mass index, Lifestyle-related diseases, Metabolic syndrome, Waist-height ratio

### Introduction

2016년 국민건강영양조사에 따르면 우리나라 만 30세 이상 성인에서 비만 유병률은 2005년도의 34.0%에 비해 37.0%로 증가했으며, 비만뿐만 아니라 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 대사증후군 유병률도 함께 증가하는 추세를 보였다[1]. 비만은 단순히 하나의 질병이기 보다는 대사장애를 일으킬 수 있는 질환의 집합체로 여겨지며, 당대사 및 지질대사 이상을 초래하여 제2형당뇨병, 고혈압, 이상지질혈증, 동맥경화증, 관상동맥질환 등을 유발하는 독립위험인자로 널리 알려져 있다[2].

한편, 대사증후군, 고혈압, 제2형당뇨병, 이상지질혈증, 동맥경화증, 뇌졸중, 심근

경색과 같은 질환들은 과거 성인병으로 불리던 것이 현재는 생활습관병(lifestyle-related disease)이라는 범주에 포함된다. 생활습관병은 식사, 운동, 흡연, 음주, 스트레스 관리 등과 같은 생활 속의 개인 습관이 병의 발병과 진행에 관여하는 질환으로, 생활습관의 개선을 통해 질병의 발생과 진행을 막을 수 있다는 1차 예방적 개념을 가지고 있다[3].

비만을 평가하는 지표로는 체질량지수(body mass index, BMI), 허리둘레(waist circumference, WC), 허리-엉덩이둘레 비(waist-to-hip ratio, WHR), 허리둘레-신장 비(waist-to-height ratio, WHtR) 등이 있으며, 이 중 가장 널리 쓰이는 지표는 BMI이다. BMI는 체중을 신장의 제곱으로 나누어 보정하여 간편하고 객관적인 비만 평가지표로 임상에서 널리 이용되고 있으나, 대사성 질환과의 연관성이 높은 복부내장지방의 분포를 반영하지 못한다[4,5].

또한, 미국, 유럽, 아시아인에서 BMI를 기준으로 한 과체중(서양인 25-29.9 kg/m<sup>2</sup>, 동양인 23-24.99 kg/m<sup>2</sup>) 인구집단이 다른 구간의 인구집단에 비해 전체사망률(all-cause mortality) 및 사망위험요인이 낮게 나타나는 '비만 역설(obesity paradox)'에 대한 결과들이 보고되었다[6-8]. 한국인이 포함된 아시아인 백만 명 이상을 대상으로 시행한 전향적 대규모 연구에서는 BMI 22.6-27.5 kg/m<sup>2</sup>에서 가장 낮은 사망률을 보였고[9], 한국인만을 대상으로 시행한 전향적 연구에서도 BMI 23-24.9 kg/m<sup>2</sup> 구간에서 가장 낮은 사망률을 보였다[10].

이러한 한계점을 지닌 BMI를 대체할 비만지표로 복부비만을 잘 반영하는 허리둘레를 고려해 볼 수 있으나, 허리둘레 기준 값은 성별, 인종 및 나라별로 차이가 있다[11].

한편, 허리둘레를 신장 비로 보정한 WHtR은 성별, 연령, 인종에 상관없이 공통적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다[12]. 최근 연구에서는 WHtR이 허리둘레에 비해 당뇨병 및 심혈관질환 위험을 더 잘 예측하며, 특히 동양인에서 대사증후군 요소와 더 강한 관련성을 가진다고 보고되었다[13-15].

본 연구에서는 BMI 23 kg/m<sup>2</sup> 이상 25 kg/m<sup>2</sup> 미만인 과체중 구간에 속하는 한국 성인에서 WHtR이 대사증후군 요소와 어떠한 관련성이 있는지 알아보고, 과체중 구간에서 대사증후군, 당뇨병, 고혈압과 같은 생활습관병을 예측할 수 있는 가장 유용한 비만지표가 무엇인지 알아보고자 한다.

## Materials and Methods

### 1. 연구대상

국민건강영양조사 제 6기 1,2,3차년도에 해당하는 2013-2015년 조사에 참여한 19세 이상 성인 중 BMI가 23 kg/m<sup>2</sup> 이상 25 kg/m<sup>2</sup> 미만인 과체중 그룹 3,994명을 대상으로 했다.

### 2. 연구방법

연구에 사용된 비만지표로는 허리둘레, BMI, WHtR을 사용하였으며, 이외에 청소년의 비만지표로 알려진 체중을 신장<sup>3</sup>으로 나눈 tri-ponderal mass index, 허리둘레-신장 비에 신장을 한번 더 나눈 값인 허리둘레-신장<sup>2</sup> 비, 허리둘레를 체중으로 나눈 허리둘레-체중 비에 대해서도 분석했다.

대사증후군 요소는 2005년 AHA/NHLBI (American Heart Association and the National Heart, Lung, and Blood Institute)에서 업데이트한 NCEP-ATP III (National Cholesterol Education Program's Adult Treatment Panel III) 진단기준에 따라 고혈압은 수축기혈압이 130 mmHg 이상이거나 이완기혈압이 85 mmHg 이상이거나 항고혈압제 복용 중인 경우로 했으며, 고혈당은 공복혈당이 100 mg/dL 이상이거나 당뇨약 복용 중인 경우로, 고중성지방혈증은 중성지방이 150 mg/dL 이상이거나 항지질혈증제 복용 중인 경우로, 저고밀도지단백 콜레스테롤혈증은 고밀도지단백(high density lipoprotein, HDL) 콜레스테롤이 남자에서 40 mg/dL 미만, 여자에서 50 mg/dL 미만인 경우로 했다[16]. 복부비만은 대한비만학회 권고기준에 따라 허리둘레가 남성에서는 90 cm 이상, 여성에서는 85 cm 이상인 경우로 했다[17].

대사증후군의 진단은 위에서 언급된 대사증후군 요소 5가지 중 3가지 이상을 만족할 때로 정의했다. 본 연구에서 언급된 당뇨병 유병은 국민건강영양조사상 현재 당뇨병으로 진단 받았다고 답한 경우, 고혈압 유병은 현재 고혈압으로 진단받았다고 답한 경우를 포함시켰다.

### 3. 분석방법

연구대상자의 일반적 특성들 중 연속형 변수는 평균±표준편차로, 범주형 변수는 빈도(백분율)로 나타냈으며, 남녀 간의 차이를 알아보기 위해 t-검정과 교차분석의 카이 제곱검정을 실시했다. 그리고 연구대상자를 WHtR 0.5를 기준으로 복부비만군과 복부비만군으로 나누고, 두 군 간의 관련 변수 차이를 분석했다.

본 연구는 연구대상자에서 남녀별로 각 변수 및 WHtR과 대사증후군 요소들과의 연관성을 알아보기 위해 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행했다.

또한, WHtR 0.5를 기준으로 분류한 복부비만군과 정상복부군 간의 대사증후군 요소 및 대사증후군, 당뇨병, 고혈압 이환율의 차이를 알아보기 위해 표본모집단 내에서 연구대상자를 부모집단으로 정하고 대사증후군 구성요소, 대사증후군, 당뇨병, 고혈압 이환율 수준의 유무를 종속변수로 설정했다. 성별, 연령, BMI 등을 보정한 상태에서 복합표본 로지스틱 회귀분석을 통해 복부비만군과 정상복부군의 교차비(Odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 제시했다.

우리는 과체중 구간에서 대사증후군, 고혈압, 당뇨병을 예측하는 가장 좋은 비만지표를 알아보기 위해 대사증후군, 고혈압, 당뇨

병과 여러 비만지표들 각각에 대한 수용자 반응 특성(Receiver operating characteristics, ROC) 곡선의 곡선아래면적(area under the curve, AUC) 값을 계산하여 그 중 가장 큰 값을 가진 비만지표를 선별했다. 분석에 사용된 비만지표들은 신장, 체중, 허리둘레, BMI, triponderal mass index, WHtR, 허리둘레-신장<sup>2</sup> 비, 허리둘레-체중 비가 사용되었다.

모든 통계분석은 SPSS Statistics ver. 21.0(IBM Corporation, Chicago, IL, USA)을 이용하여 시행했고, 통계적 유의성 수준은 95% 이상으로 판단하였다.

## Results

### 1. 연구대상자들의 일반적 특성

연구대상자 3,994명 중 남성은 1,887명(47.2%), 여성은 2,107명(52.8%)이었으며, 고혈압, 대사증후군을 제외한 다른 변수들에 대해서는 남녀 간에 유의한 차이를 보였다(Table 1). 허리둘레와 BMI는 남성에서, WHtR은 여성에서 유의하게 더 높았다. 남성에서 혈압, 공복혈당, 중성지방이 더 높았으며, 여성은 연령, HDL 콜레스테롤이 더 높았다.

### 2. 복부비만군과 정상복부군의 비교

WHtR 0.5를 기준으로 복부비만군(WHtR ≥ 0.5)과 정상복부군(WHtR < 0.5)으로 나누어 각 변수에 대해 비교한 결과 이완기혈압을 제외한 모든 지표에서 두 군 간에 유의한 차이를 보였다(Table 2). 또한 복부비만군에 비해 복부비만군에서 대사증후군, 고혈압, 당

뇨병 빈도가 더 높았다.

### 3. 허리둘레-신장 비와 대사증후군 요소와의 관련성

성인 남녀별 WHtR과 대사증후군 요소의 관련성에 대해 분석한 결과, 남성에서는 수축기혈압, HDL 콜레스테롤을 제외한 요소들과 유의한 관련성을 보였고, 여성에서는 이완기혈압을 제외한 요소들과 유의한 관련성을 보였다. 전체집단에서는 WHtR과 모든 대사증후군 요소들이 유의한 관련성을 보였다(Table 3).

### 4. 허리둘레-신장 비에 따른 대사증후군, 당뇨, 고혈압 위험도

한국 과체중 성인에서 WHtR 0.5를 기준으로 한 복부비만과 대사증후군 요소 이환 및 대사증후군, 당뇨, 고혈압 유병과의 관계를 분석한 결과, WHtR이 0.5 이상인 복부비만군에서 정상복부군에 비해 모든 대사증후군 요소들의 이환 위험이 유의하게 높았다. 연령, 성별, BMI, 흡연, 음주에 대해 보정한 결과, 복부비만군이 정상복부군에 비해 대사증후군은 약 2.2배(OR 2.187, 95% CI 1.727-2.770; *p* < 0.001) 높은 위험도를 보였으며, 고혈압은 약 1.4배(OR 1.445, 95% CI 1.091-1.914; *p* < 0.001), 당뇨병은 약 2.5배(OR 2.463, 95% CI 1.707-3.555; *p* < 0.001) 높은 위험도를 보였다(Table 4).

### 5. 대사증후군, 당뇨, 고혈압 예측 지표

대사증후군을 예측하는 가장 좋은 비만지표에 대해 분석한 결과 전체, 남성 집단, 여성 집단 모두에서 WHtR의 면적 값이 각각 0.732, 0.705, 0.760으로 가장 컸다(Table 5).

**Table 1.** General characteristics of study subjects

Variables	Men (n = 1,887)	Women (n = 2,107)	<i>p</i> -Value*
Age (y)	52.0 ± 16.28	54.7 ± 15.37	< 0.001
Height (cm)	169.5 ± 6.78	155.7 ± 6.55	< 0.001
Body weight (kg)	69.1 ± 5.74	58.1 ± 4.97	< 0.001
Waist circumference (cm)	84.9 ± 4.84	80.4 ± 5.34	< 0.001
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	24.0 ± 0.6	23.9 ± 0.6	0.002
Waist-to-height ratio	0.50 ± 0.06	0.52 ± 0.04	< 0.001
Systolic blood pressure (mmHg)	120.1 ± 14.98	118.9 ± 18.0	0.020
Diastolic blood pressure (mmHg)	76.5 ± 10.14	73.0 ± 9.73	< 0.001
Fasting glucose (mg/dL)	102.3 ± 23.26	99.8 ± 24.59	0.001
Triglyceride (mg/dL)	160.3 ± 129.12	124.8 ± 86.17	< 0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	47.0 ± 10.73	52.2 ± 11.67	< 0.001
Smoking (≥ 5 packs)	1,316 (69.7)	153 (0.5)	< 0.001
Alcohol consumption (≥ 2~4/wk)	1,113 (58.9)	492 (23.4)	< 0.001
Metabolic syndrome**	459 (24.3)	545 (25.9)	0.262
Hypertension	374 (19.8)	490 (23.3)	0.008
Diabetes	168 (8.9)	178 (8.4)	0.61

Values are presented as mean ± SD or number(%).

\**p*-Values were obtained by Student's *t*-test or chi-square test. \*\*Metabolic syndrome is defined as the presence of three or more components of metabolic syndrome.

**Table 2.** Clinical characteristics of study subjects according to waist-to-height ratio 0.5

Variables	WHtR < 0.5 (n = 1,665)	WHtR ≥ 0.5 (n = 2,329)	p-Value
Age (y)	43.9 ± 13.79	60.2 ± 13.59	< 0.001
Height (cm)	166.5 ± 8.85	159.2 ± 8.92	< 0.001
Body weight (kg)	66.3 ± 7.36	61.2 ± 7.14	< 0.001
Waist circumference (cm)	79.1 ± 4.69	85.0 ± 4.77	< 0.001
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.8 ± 0.56	24.1 ± 0.58	< 0.001
Waist-to-height ratio	0.5 ± 0.04	0.5 ± 0.28	< 0.001
Systolic blood pressure (mmHg)	114.8 ± 14.44	122.8 ± 17.30	< 0.001
Diastolic blood pressure (mmHg)	75.1 ± 9.91	74.4 ± 10.19	0.054
Fasting glucose (mg/dL)	96.4 ± 19.45	104.5 ± 26.44	< 0.001
Triglyceride (mg/dL)	131.9 ± 114.31	149.6 ± 106.76	< 0.001
HDL-cholesterol (mg/dL)	50.9 ± 11.39	48.7 ± 11.54	< 0.001
Smoking (≥ 5 packs)	658 (39.5)	811 (34.8)	0.002
Alcohol consumption (≥ 2~4/wk)	794 (47.7)	811 (34.8)	< 0.001
Metabolic syndrome	181 (9.9)	823 (32.7)	< 0.001
Hypertension	151 (9.1)	713 (30.6)	< 0.001
Diabetes	46 (2.8)	300 (12.9)	< 0.001

Values are presented as mean±standard deviation or number (%).

**Table 3.** Correlations between waist-to-height ratio and components of metabolic syndrome

Component	Men		Women		Total	
	β*(Adjust-R <sup>2**</sup> )	p-Value	β*(Adjust-R <sup>2**</sup> )	p-Value	β*(Adjust-R <sup>2**</sup> )	p-Value
Systolic blood pressure	0.028 (0.087)	0.293	0.072 (0.181)	< 0.001	0.070 (0.282)	0.002
Diastolic blood pressure	-0.042 (0.041)	0.011	-0.042 (0.041)	0.011	-0.040 (0.007)	0.123
Fasting glucose	0.093 (0.079)	0.001	0.094 (0.067)	< 0.001	0.082 (0.053)	0.003
Triglycerides	0.128 (0.027)	< 0.001	0.114 (0.051)	< 0.001	0.100 (0.058)	< 0.001
HDL-cholesterol	-0.042 (0.037)	0.131	-0.078 (0.106)	< 0.001	-0.071 (0.062)	0.013

p-values were obtained by multiple regression analysis.

\*Standardized coefficient. \*\*Determinant coefficient after adjustment for age, sex, smoking, alcohol consumption.

**Table 4.** Odds ratios for metabolic syndrome components, metabolic syndrome, hypertension, and diabetes in central obesity (waist-to-height ratio ≥ 0.5) group

Risk factor	Men	Women	Total
High blood pressure	1.339 (1.030-1.739)	1.282 (0.948-1.732)	1.287 (1.056-1.568)
High fasting glucose	1.281 (0.966-1.700)	1.632 (1.233-2.161)	1.384 (1.130-1.695)
High triglycerides	1.589 (1.279-1.975)	1.434 (1.086-1.894)	1.412 (1.171-1.702)
Low HDL-cholesterol	1.440 (1.148-1.808)	1.285 (1.046-1.578)	1.311 (1.115-1.541)
Metabolic syndrome	2.095 (1.504-2.916)	2.764 (1.929-3.961)	2.187(1.727-2.770)
Hypertension	1.388 (0.948-2.032)	1.514 (1.011-2.267)	1.445 (1.091-1.914)
Diabetes	2.348 (1.425-3.870)	3.083 (1.591-5.976)	2.463 (1.707-3.555)

Values were presented as odds ratio (95% confidence interval). Odds ratio (OR) and p-Values were obtained by complex samples logistic regression analysis after adjustment of age, sex, body mass index, smoking, alcohol consumption.

p-Values of all values were < 0.05.

고혈압을 예측하는 가장 좋은 비만지표에 대해 분석한 결과 전체 집단에서는 WHtR의 면적 값이 0.725로 가장 컸으며, 남성 집단에서는 허리둘레-체중 비가 0.728, 여성 집단에서는 허리둘레-신장<sup>2</sup> 비가 0.746으로 가장 컸다(Table 6).

당뇨를 예측하는 가장 좋은 비만지표에 대해 분석한 결과 전체 집단, 남성, 여성 집단 모두에서 WHtR의 면적 값이 각각 0.710, 0.710, 0.726으로 가장 컸다(Table 7).

**Table 5.** Area Under Curve (AUC) for various obesity indices to predict metabolic syndrome

Obesity index	Men	Women	Total
Height (cm)	0.447 (0.418-0.477)	0.390 (0.363-0.418)	0.439 (0.418-0.460)
Body weight (kg)	0.476 (0.446-0.506)	0.414 (0.387-0.441)	0.455 (0.435-0.476)
Waist circumference (cm)	0.698 (0.669-0.728)	0.734 (0.710-0.759)	0.693 (0.674-0.712)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.587 (0.557-0.617)	0.572 (0.544-0.600)	0.579 (0.558-0.599)
Triponderal mass index (kg/m <sup>3</sup> )	0.591 (0.561-0.620)	0.626 (0.598-0.653)	0.585 (0.565-0.606)
Waist-to-height ratio	0.705 (0.678-0.732)	0.760 (0.737-0.783)	0.732 (0.714-0.749)
Waist-to-height <sup>2</sup> ratio	0.672 (0.645-0.700)	0.736 (0.713-0.760)	0.678 (0.659-0.697)
Waist-to-weight ratio	0.653 (0.625-0.680)	0.722 (0.698-0.746)	0.662 (0.643-0.681)

Values were presented as AUC (95% Confidence Interval). AUC estimated by ROC analysis.  
*p*-Values of all values were < 0.05.

**Table 6.** Area Under Curve (AUC) for various obesity indices to predict hypertension

Obesity index	Men	Women	Total
Height (cm)	0.336 (0.307-0.365)	0.320 (0.294-0.345)	0.365 (0.345-0.386)
Body weight (kg)	0.344 (0.314-0.373)	0.336 (0.310-0.362)	0.372 (0.351-0.393)
Waist circumference (cm)	0.624 (0.592-0.655)	0.662 (0.634-0.689)	0.624 (0.603-0.645)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.497 (0.465-0.529)	0.538 (0.509-0.567)	0.519 (0.497-0.540)
Triponderal mass index (kg/m <sup>3</sup> )	0.637 (0.607-0.667)	0.667 (0.640-0.693)	0.631 (0.610-0.652)
Waist-to-height ratio	0.714 (0.686-0.741)	0.736 (0.711-0.761)	0.725 (0.706-0.743)
Waist-to-height <sup>2</sup> ratio	0.726 (0.699-0.753)	0.746 (0.722-0.770)	0.712 (0.693-0.730)
Waist-to-weight ratio	0.728 (0.702-0.755)	0.743 (0.718-0.767)	0.709 (0.690-0.728)

Values were presented as AUC (95% Confidence Interval). AUC estimated by ROC analysis.  
*p*-Values of all values were < 0.05.

**Table 7.** Area Under Curve (AUC) for various obesity indices to predict type 2 diabetes

Obesity index	Men	Women	Total
Height (cm)	0.355 (0.314-0.396)	0.374 (0.334-0.414)	0.418 (0.388-0.449)
Body weight (kg)	0.366 (0.324-0.408)	0.391 (0.351-0.431)	0.425 (0.394-0.455)
Waist circumference (cm)	0.640 (0.597-0.682)	0.679 (0.639-0.719)	0.653 (0.623-0.682)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.513 (0.469-0.557)	0.548 (0.505-0.591)	0.532 (0.501-0.562)
Triponderal mass index (kg/m <sup>3</sup> )	0.628 (0.588-0.669)	0.626 (0.583-0.669)	0.584 (0.553-0.615)
Waist-to-height ratio	0.710 (0.672-0.747)	0.726 (0.690-0.761)	0.710 (0.684-0.736)
Waist-to-height <sup>2</sup> ratio	0.709 (0.672-0.746)	0.720 (0.685-0.756)	0.676 (0.649-0.704)
Waist-to-weight ratio	0.706 (0.668-0.744)	0.713 (0.678-0.749)	0.671 (0.643-0.699)

Values were presented as AUC (95% Confidence Interval). AUC estimated by ROC analysis.  
*p*-Values of all values were < 0.05.

## Discussion

BMI는 임상에서 흔히 사용되는 비만지표이나 허리둘레에 비해 대사성질환 발생 예측율이 낮다[18]. 또한, BMI 23 kg/m<sup>2</sup> 이상 24.9 kg/m<sup>2</sup> 미만의 과체중 구간에서 다른 구간에 비해 오히려 사망 위험이 감소하는 비만 역설(obesity paradox)과 체내 지방 분포, 특히 복부비만을 제대로 반영하지 못하는 BMI의 한계로 인해 다른 유용한 비만지표에 대한 필요성이 대두되었다.

복부비만을 반영하는 허리둘레와 관련된 여러 지표들을 고려해 볼 수 있는데, 그 중 허리-엉덩이둘레 비는 2개의 서로 다른 측정

오차값을 가질 수 있으며 체중변화 시 허리둘레와 엉덩이둘레가 비슷한 비율로 증감하므로 체중변화에 따른 효과를 잘 반영하지 못한다. 반면 WHtR은 비교적 측정이 간편하며, 연령, 성별, 인종에 관계없이 같은 기준점을 사용할 수 있다는 장점이 있어 실용적인 새로운 비만지표로서 꾸준히 연구되어 왔다[19].

우리와 비슷한 신체조건을 가진 일본인에서 정상 및 과체중 구간의 WHtR이 다른 비만지표들에 비해 대사성 위험이 높은 군을 선별하기에 유용하며, 남녀 모두 그리고 전 연령에서 적용이 가능하고 측정이 비교적 간단하여 실용적이라는 연구결과가 있었다 [19]. 또한, 아시아인을 대상으로 한 연구에 따르면 WHtR이 다른

비만지표들보다 만성질환 및 심혈관 대사질환과 더 밀접한 연관성이 있다는 결과들이 다수 있었다[20].

본 연구에서도 과체중 성인에서 WHtR이 대사증후군 요소와 연관성이 있으며, 다른 여러 비만지표들과 비교했을 때 WHtR이 대사증후군, 고혈압, 당뇨와 같은 생활습관병을 예측하는 가장 좋은 비만지표로 나타났다.

아직 복부비만 진단에 대한 WHtR의 절단값은 확정된 것은 없으나, 이전 연구 결과들에 따라 WHtR의 절단값으로 0.5가 대사질환의 발생위험이 높은 위험군을 선별하는 효과적인 기준점이 될 수 있다[21,22]. 또한 본 연구에서도 WHtR 0.5를 기준으로 한 결과 이완기혈압을 제외한 변수들과 대사증후군, 고혈압, 당뇨 빈도에서 두 군 간에 유의한 차이를 보였으며, WHtR 0.5 이상인 복부비만군에서 복부비만군에 비해 대사증후군 요소의 이환 위험과 대사증후군, 고혈압, 당뇨의 위험이 높았다.

WHtR이 생활습관병을 예측하는 가장 좋은 비만지표이며, 절단값으로 0.5가 적절하다는 연구결과를 통해 우리는 임상에서 허리둘레와 신장을 측정하여 비율을 구함으로써 손쉽게 대사증후군, 고혈압, 당뇨와 같은 생활습관병을 예측할 수 있으며, 환자들이나 일반인들에게 허리둘레를 본인 키의 절반 미만으로 유지하도록 단순하면서도 명확한 메시지를 전달해줄 수 있다. 또한 WHtR가 0.5 이상인 군에게는 식습관, 운동, 흡연, 음주, 스트레스 같은 생활습관 조절을 강력히 권고하여 생활습관병의 발병과 진행을 예방하는 데에도 유용할 것으로 생각된다.

본 연구 결과 중 흥미로운 점은, 고혈압을 예측하는 데 있어 가장 좋은 비만지표는 전체집단을 남녀로 세분화하여 분석했을 때 각각 허리둘레-신장 비와 허리둘레-체중 비라는 점이다. 이 결과를 통해 기존에 꾸준히 연구되어 오던 WHtR 외에도 생활습관병을 더 잘 예측할 수 있는 비만지표가 존재할 수 있으며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요함을 알 수 있다.

본 연구는 단면연구로 진행되었기 때문에 비만과 대사성 위험요인들과의 인과 관계를 명확히 규명하기에는 어려움이 있었다. 또, WHtR이 동일한 방법으로 측정되었지만 측정시기 및 측정자가 동일하지 않아 오차 발생의 가능성이 있으며 재현성에 한계가 있다. 그리고, 당뇨, 고혈압 유병 여부를 설문조사 자료를 통해 수집하여 실제 고혈압, 당뇨가 있는 집단의 수보다 작게 측정되었을 가능성이 있다는 한계점이 있다.

결론적으로 과체중 군에서 대사증후군, 당뇨, 고혈압과 같은 생활습관병의 선별 지표로서 BMI보다는 WHtR이 더 적합하며, WHtR을 기준으로 나눈 복부비만군에서 정상복부군에 비해 생활습관병 유병률이 더 높다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 본 연구는 단면연구로 진행되었기 때문에 추후 우리나라 성인들을 대상으로 한 전향적인 대규모 연구가 필요하며, WHtR 외에 생활습관병을 더 잘 예측할 수 있는 신체측지수에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## Conflict of interest

All authors declare no conflicts-of-interest related to this article.

## References

1. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea health statistics 2016: Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES VII-1). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2016.
2. 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. Gang JG. Concept of lifestyle-related disease. *Korean J Med*. 2003;65:121-5.
4. Blair D, Habicht JP, Sims EA, Sylwester D, Abraham S. Evidence for an increased risk for hypertension with centrally located body fat and the effect of race and sex on this risk. *Am J Epidemiol*. 1984;119:526-40.
5. Frankenfield DC, Rowe WA, Cooney RN, Smith JS, Becker D. Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. *Nutrition*. 2001;17:26-30.
6. Lavie CJ, Milani RV, Ventura HO. Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1925-32.
7. Flegal KM, Kit BK, Orpana H, Graubard BI. Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2013;309:71-82.
8. Chen Y, Copeland WK, Vedanthan R, Grant E, Lee JE, Gu D, et al. Association between body mass index and cardiovascular disease mortality in east Asians and south Asians: pooled analysis of prospective data from the Asia Cohort Consortium. *BMJ* 2013;347:f5446.
9. Zheng W, McLerran DF, Rolland B, Zhang X, Inoue M, Matsuo K, et al. Association between body-mass index and risk of death in more than 1 million Asians. *N Engl J Med*. 2011;364:719-29.
10. Jee SH, Sull JW, Park J, Lee SY, Ohrr H, Guallar E, et al. Body-mass index and mortality in Korean men and women. *N Engl J Med*. 2006;355:779-87.
11. Misra A, Wasir JS, Vikram NK. Waist circumference criteria for the diagnosis of abdominal obesity are not applicable uniformly to all populations and ethnic groups. *Nutrition*. 2005;21:969-76.

12. 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.
13. Ashwell M, Hsieh SD. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health message on obesity. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56:303-7.
14. 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.
15. 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.
16. Grundy SM. Metabolic syndrome scientific statement by the American Heart Association and the National Heart, Lung, and Blood Institute. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2005;25:2243-4.
17. 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.
18. Ritchie SA, Connell JM. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2007;17:319-26.
19. Hsieh SD, Yoshinaga H, Muto T. Waist-to-height ratio, a simple and practical index for assessing central fat distribution and metabolic risk in Japanese men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27:610-6.
20. Hsieh SD, Yoshinaga H. Waist/height ratio as a simple and useful predictor of coronary heart disease risk factors in women. *Intern Med*. 1995;34:1147-52.
21. 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.
22. Ashwell M, Gibson S. Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': simpler and more predictive than using a 'matrix' based on BMI and waist circumference. *BMJ Open*. 2016;6. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-010159.