대한소아소화기영양학회지 : 제 13 권 제 2 호 2010
DOI: 10.5223/kjpgn.2010.13.2.180
◇ 영 양 ◇

한국 소아청소년 비만에서 허리둘레-신장비의 유용성

이화여자대학교 의학전문대학원 소아과학교실, *예방의학교실
길주현 · 이미나 · 이혜아* · 박혜숙* · 서정완

Usefulness of the Waist Circumference-to-Height Ratio in Screening for Obesity in Korean Children and Adolescents

Joo Hyun Gil, M.D., **Mi Na Lee**, M.D., **Hye Ah Lee***,
Hyesook Park, M.D.* and **Jeong Wan Seo**, M.D.

Departments of Pediatrics, *Preventive Medicine, Ewha Womans University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the feasibility and usefulness of the waist circumference-to-height ratio (WHTR) in screening for obesity in Korean children and adolescents.
Methods: Data, including body mass index (BMI), waist circumference (WC), and height, were obtained from the national growth surveys for children and adolescents in 2005. The WHTR was calculated dividing WC by height in subjects 2～18 years of age. Overweight and obese were defined by BMI percentiles for age and gender. The receiver operating characteristic (ROC) analysis was performed to find out the optimal cutoff values of WHTR that matched BMI-determined overweight and obesity using the STATA program. The area under the curve (AUC), a measure of diagnostic power, of WHTR was compared to WC. The influence of age on WHTR was analyzed by the SAS program.
Results: The WHTR significantly decreased with age, and had less correlation with age in the 6～18-year-old age group than the 2～5-year-old age group. Furthermore, the WHTR also had less correlation with age than WC in the 6～18-year-old age group. The AUC of WHTR in identifying overweight and obesity was significantly higher than the AUC of WC in the 6～18-year-old age group. The optimal cutoff values were 0.51 in boys and 0.49 in girls for obesity, and 0.48 in boys and 0.47 in girls for overweight, with all having the AUC＞0.9. The optimal cutoff values of WHTR had a higher sensitivity for diagnosing obesity than WC≥90th percentiles.
Conclusion: The WHTR is an easy, accurate, and less age-dependent index with high applicability in screening for obesity in children and adolescents. **(Korean J Pediatr Gastroenterol Nutr 2010; 13: 180～192)**

Key Words: Waist circumference to height ratio, Children, Adolescents, Overweight, Obesity, Body mass index, Cutoff values

접수 : 2010년 8월 13일, 수정 : 2010년 8월 17일, 승인 : 2010년 9월 3일
책임저자 : 서정완, 158-710, 서울시 양천구 목동 911-1, 이대목동병원 소아청소년과
Tel: 02-2650-5573, Fax: 02-2653-3718, E-mail: jwseo@ewha.ac.kr

서 론

소아청소년 비만은 세계적으로 급격하게 증가하는 추세이다[1]. 우리나라에서도 소아청소년 비만의 유병률은 최근 7년간 1.5배 가량 증가하였다[2,3]. 소아청소년기 비만은 성인 비만으로 이어지고[4], 제2형 당뇨병, 고혈압, 심혈관계 질환과 같은 성인질환이 조기에 심하게 나타나게 되며, 특히 복부 비만은 심혈관계 질환 발생의 예측인자이다[5-7]. 또한 소아청소년기에 천식과 골절의 위험도가 높고, 고혈압, 인슐린 내성, 고지혈증 등의 대사위험인자가 이미 발견되고 있으며[8,9], 이외에도 학업성취, 정신심리적인 건강, 학교생활에의 적응 등에서 다양한 심신의 문제를 일으킨다[10]. 따라서, 소아청소년기 건강을 지키고 비만 연관 질환을 예방하기 위하여 과체중과 비만을 선별하여 조기에 중재하는 것이 중요하다[10].

다양한 비만의 기준이 있으나, 체질량지수(body mass index, BMI)가 인구집단을 대상으로 비만을 선별하기 위하여 보편적으로 쓰이고 있다. BMI는 체지방과의 연관성은 좋으나[11], 근육량이 많거나 키가 작은 경우 정확하게 평가할 수 없고, 체지방 분포를 반영하지 못하여 복부비만을 선별할 수 없다는 단점이 있다[11,12]. 과체중과 비만은 일반적으로 BMI나 상대체중을 이용한 비만도로 정의하고 있으나, BMI 25 kg/m^{2}나 30 kg/m^2, 표준체중의 120% 이상 등 단일비만기준을 사용하는 성인[10,13]과는 달리, 소아청소년에서는 인종에 따른 연령별, 성별 표준체중이나 BMI 백분위수를 참고하여 판단하므로, 일반인이 비만여부를 쉽게 알 수 없다.

반면 허리둘레-신장비(waist circumference-to-height ratio, WHTR)는 단일 기준을 적용할 수 있어, 일반인도 쉽게 판단할 있으며 복부 비만을 반영하는 지표이다[14,15]. 또한 내장지방과 연관성이 좋고, 키와 허리둘레 두 가지에 의해 산정되므로 연령이 증가함에 따른 체지방분포와 축적의 변화를 추적하는 것이 정확하고, 남녀 간의 일치도가 높으며, 인종간의 차이가 없는 단일지표의 장점이 있다[5,15,16]. 최근에는 성인과 소아청소년에서 WHTR이 허리둘레나 BMI보다 복부비만을 진단하고, 심혈관계 질환의 위험도를 예측하는데 더 우수하다는 보고들이 발표되고 있다[5,16-19].

성인에서는 WHTR 0.5 이상인 경우를 비만으로 정의하였으며[17,20,21], 소아청소년에서도 마찬가지로 0.5를 비만의 지표로 제시하기도 하였다[21,22]. 하지만, 소아청소년에서 0.5라는 절단값(cutoff value)을 적용할 경우 허리둘레 90백분위수 이상을 기준으로 했을 때보다 복부 비만의 유병률이 더 높아지고, 6세 미만의 어린 소아에서는 비만 유병률을 과대평가할 수 있다[1,23]. 한편, 소아청소년에서 비만을 진단하기 위해 0.5보다 더 좋은 민감도와 예민도를 가진 절단값을 제시한 보고도 있었다[15].

그러나, 소아청소년에서 WHTR의 적절한 절단값이 연구된 바가 많지 않다. 특히 우리나라에서는 2005년 한국 소아청소년 신체발육 및 표준치 제정사업에서 처음으로 허리둘레를 측정하게 되었으므로[24,25], 아직까지 WHTR에 대한 대규모 분석은 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 2005년 소아청소년 신체 계측조사의 원자료를 분석하여, 비만을 선별하기 위한 WHTR의 최적 절단값을 구하고, 이를 허리둘레와 BMI 비만기준과 비교하여, 성별, 연령별 참고치를 필요로 하지 않는 간편한 단일지표로서 WHTR의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

대한소아과학회와 질병관리본부 주관으로 실시된 2005년 소아청소년 신체 계측조사 원자료에서 신장, BMI, 허리둘레를 사용하여 분석하였다. 연구 대상은 측정에 참여한 만 2～18세(2세 0개월～18세 12개월)의 소아청소년에서 양 극단치를 제외한 남아 57,819명, 여아 53,700명, 총 111,519명이었다. 2～5세(2세 0개월～5세 12개월)는 남아 25,223명, 여아 22,778명, 총 48,001명이었고, 6～18세(6세 0개월～18세 12개월)는 남아 32,596명, 여아 30,922명, 총 63,518명이었다. 양 극단치는 연령에 상관없이 신장 범주별 체중이 상하위 표준편차의 3배 이상되는 수치로, 신장에 비해 과체중이거나 저체중인 경우로 극단적인 자료로 간주하고 분석대상에서 제외하였고, 이상치가 차지하는 비율은 전체 표본수의 약 1.3%이었다. 2005년 소아청소년 신체 계측조사와 동일하게 7세 미만은 6개월 단위로, 7세 이상은

Table 1. Sample Size before and after Excluding Outliers

Age (years)	Before (n)			After (n)		
	Boys	Girls	Total	Boys	Girls	Total
2	1,762	1,530	3,292	1,717	1,491	3,208
2.5	1,760	1,665	3,425	1,710	1,627	3,337
3	2,539	2,242	4,781	2,479	2,185	4,664
3.5	3,134	2,797	5,931	3,075	2,756	5,831
4	3,786	3,492	7,278	3,728	3,423	7,151
4.5	4,324	3,704	8,028	4,269	3,657	7,926
5	4,447	4,050	8,497	4,381	3,995	8,376
5.5	3,927	3,694	7,621	3,864	3,644	7,508
2～5.5 total	25,679	23,174	48,853	25,223	22,778	48,001
6	2,925	2,599	5,524	2,885	2,572	5,457
6.5	1,538	1,409	2,947	1,524	1,401	2,925
7	2,996	2,798	5,794	2,971	2,765	5,736
8	2,911	2,734	5,645	2,892	2,712	5,604
9	2,895	2,759	5,654	2,870	2,744	5,614
10	2,994	2,616	5,610	2,970	2,607	5,577
11	2,878	2,438	5,316	2,856	2,418	5,274
12	2,423	2,231	4,654	2,406	2,203	4,609
13	2,027	1,957	3,984	2,015	1,939	3,954
14	1,975	2,046	4,021	1,963	2,026	3,989
15	1,658	1,621	3,279	1,636	1,595	3,231
16	1,610	1,791	3,401	1,594	1,764	3,358
17	1,220	1,483	2,703	1,203	1,460	2,663
18	2,848	2,741	5,589	2,811	2,716	5,527
6～8 total	32,898	31,223	64,121	32,596	30,922	63,518
2～18 total	58,577	54,397	112,974	57,819	53,700	111,519

Age: completed age, e.g. 6 years= 6～<7 years etc. Outlier≤−3SD, ≥3SD.

1세 단위로 나누어 분석하였고, 각 연령별 남, 여 대상수는 거의 동일하였다(Table 1).

2. 방법

1) 신체 계측: 2005년 소아청소년 신체 계측조사에서 보고한 측정 방법은 다음과 같다[26].

신장 계측은 성인용 SECA-225를 사용하였다. 피검자를 속옷(런닝과 팬티만 착용) 상태로 수평면에 곧바로 세우고 발뒤꿈치, 엉덩이, 등, 머리의 뒷부분이 수직판에 닿도록 하고, 머리는 정면을 보게 하여 'Frankfort Horizontal Plane'에 위치되게 하고, 신장계의 수평판을 머리의 정점에 닿게 한 뒤, 계측기에 표시된 눈금을 0.1 cm 단위로 기록하였다. 체중 계측은 전자식 저울(GL-6000-20)을 사용하여 진행하였고, 피검자를 발판 위에 올라서게 하고 체중이 양쪽 발에 골고루 분포되도록 가만히 서 있게 한 뒤, 측정기에 표시된 눈금을 100 g 단위로 기록하였다.

허리둘레는 피검자를 양팔은 측면에 두고 발을 모으고 곧바로 서게 한 뒤, 측정자는 피검자의 정면에 서서 줄자가 수평면을 이루도록 하여 피검자의 상체 중 가장 가는 부위의 허리에 감아 호기의 마지막 단계에 피부를 누르지 않도록 하고 0.1 cm까지 측정하였다. 비만한 피검자에서 허리의 가는 부위를 찾기 어려울 때는 늑골과 장골능선(iliac crest) 사이에서 가장 작은 둘레를 측정하였다.

2) 자료 분석: WHTR은 허리둘레(cm)를 신장(cm)으로 나누어 구하였다.

2007년 소아청소년 표준 성장도표에서 성별, 연령별 BMI 기준으로 정상군은 5≤BMI<85백분위수, 과체중군은 85≤BMI<95백분위수, 비만군은 BMI≥95백분

위수로 정의하였다.

연속형 자료는 평균과 표준편차, 범주형 자료는 빈도를 제시하였다. 평균값 산출 및 군간 비교, 백분위수 곡선을 그리기 위한 분포도, WHTR과 지표들 간의 연관성을 알아보기 위해 SAS (version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)프로그램을 이용하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)과 상관성 분석을 시행하였다.

WHTR이 연령에 구애받지 않고 적용이 가능한 범위를 선정하기 위해 2～5세, 6～18세의 연령군으로 나누어 상관성을 분석하였다.

Receiver operating characteristic (ROC)분석은 STATA (version 10.0, StataCorp LP, College Station, TX, USA) 프로그램을 이용하였다.

WHTR과 허리둘레 두 지표 중 BMI를 대체하여 비만을 진단하기에 어느 지표가 더 정확한지 알기 위하여, ROC 곡선을 그려서, area under curve (AUC)로 비교하였다. AUC가 0.5인 경우는 진단의 정확도가 우연의 일치로 일어날 가능성과 같고, 1.0인 경우는 진단 도구로서의 정확도가 완벽하다고 해석할 수 있다. 통상적으로 AUC 수치에 따라 비정보적(AUC=0.5), 덜 정확한(0.5＜AUC≤0.7), 중등도의 정확한(0.7＜AUC≤0.9), 매우 정확한(0.9＜AUC＜1) 그리고 완벽한 검사(AUC=1)로 분류한다[27].

또한, BMI로 정의한 과체중과 비만기준에 해당하는 WHTR의 최적 절단값을 구하기 위하여, ROC 출력 결과가 보여주는 여러 WHTR 값 중 Youden's index[28]가 가장 높은 값을 최적 절단값으로 정의하였다. Youden's index는 각 절단값에 따른 진단 검사법의 정확도를 비교적 쉽게 평가하는 지표로서 1에 가까울수록 효율적인 진단기준이라 할 수 있다. 그 공식은 다음과 같다. Youden's index=민감도(Sensitivity)+특이도(Specificity)－1

그리고, BMI로 정의한 비만을 진단하는데 있어서, 어느 방법이 더 유용한지를 알아보기 위하여, 성별, 연령별 허리둘레≥90백분위수라는 기준이 가지는 민감도와 특이도를 구하여 앞서 산출한 WHTR의 최적 절단값과 비교하였다.

결　　과

1. WHTR의 백분위수 곡선

WHTR의 성별, 연령별 추이를 살펴보면, 남, 여아 모두에서 6세 이전까지 급격한 기울기를 보이며 큰 폭으로 떨어지는 추세를 보이다가 6세 이후부터 비교적 기울기가 낮아지며 완만한 변화를 보였다(Fig. 1).

성인에서 통상적으로 사용되는 최적 절단값인 0.5를 사용하였을 때, 6세 이상 남아에서 WHTR 75～90백분위수, 여아 6～12세에서 75～90백분위수, 여아 12세 이상에서 90～95백분위수에 해당한다. 특히 6세 미만에서는 남, 여아 모두에서 10～75백분위수에 해당한다(Fig. 1).

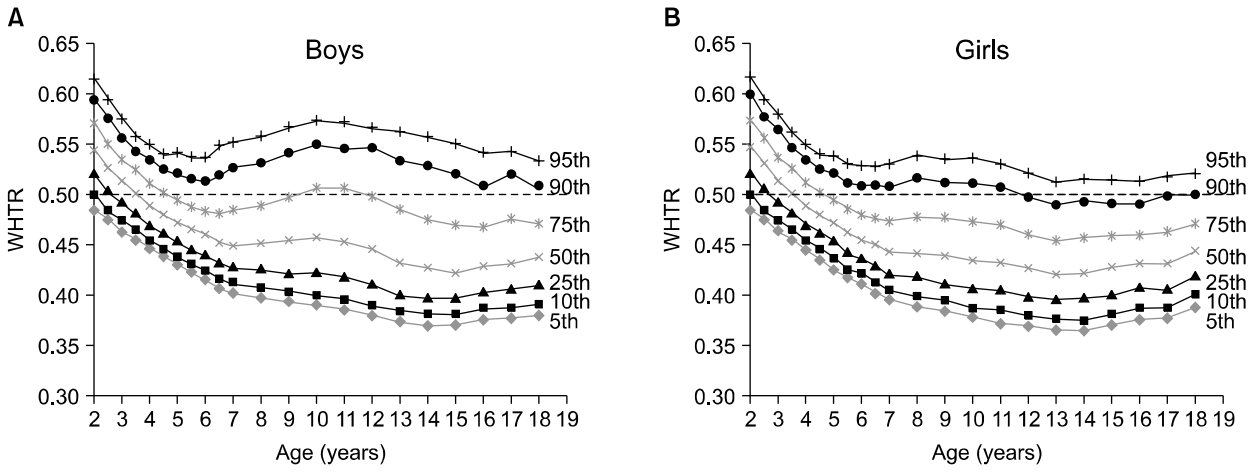

Fig. 1. Percentile curves of waist circumference-to-height ratio for Korean children and adolescents 2～18 years of age (A) Boys, (B) Girls. Dashed line shows universal cutoff value of 0.5 for adults. Age: completed age, e.g., 6 years= 6～＜7 years etc.

2. 연령군에 따른 WHTR의 상관성

연령과 WHTR 간의 상관성을 2～5세, 6～18세의 연령군으로 나누어 살펴보았을 때, 모두 통계적으로 유의한 음의 상관성이 있었다($p<0.0001$). 2～5세의 남아에서 r=－0.53, 여아에서 r=－0.56, 6～18세의 남아에서 r=－0.16, 여아에서 r=－0.14로, 6～18세의 연령군에서 더 약한 상관성을 나타내었다(Table 2).

WHTR은 허리둘레와 유의한 양의 상관성(2～5세 남아 r=0.49, 여아 r=0.49, 6～18세 남아 r=0.58, 여아 r=0.57)이 있었으며, BMI와도 유의한 양의 상관성(2～5세 남아 r=0.59, 여아 r=0.58, 6～18세 남아 r=0.62, 여아 r=0.54)이 있었다($p<0.0001$) (Table 2).

3. 체중군에 따른 WHTR과 허리둘레

연령에 구애받지 않는 WHTR의 최적 절단값을 구하기 위해서, 앞서 기술한 바와 같이 비교적 연령과 상관성이 약하고 변화의 폭이 완만한 6～18세의 소아청소년을 대상으로 정상군, 과체중군, 비만군으로 분류하였다. 저체중군은 표기하지 않았다(Table 3).

저체중군을 제외한 6～18세의 정상군, 과체중군, 비만군 중에서 비만군은 남아 8.4%, 여아 7.3%, 과체중 및 비만군은 남아 21.7%, 여아 19.3%였다(Table 3). 각 연령구간에서도 비만군과 과체중군의 비율은 이와 비슷하였다(Table 3).

저체중군을 포함한 전체 6～18세의 남아 32,596명, 여아 30,922명(Table 1) 중에서, 비만군은 남아 2,637명(8.1%), 여아 2,163명(7.0%)이었고, 과체중 및 비만군은 남아 6,831명(21.0%), 여아 5,733명(18.5%)이었다.

모든 연령에서 비만군, 과체중군, 정상군 간의 WHTR의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.0001$) (Table 3).

한편, 각 군에서 WHTR의 평균값은 대부분의 연령구간에서 거의 유사한 값을 보였다. 남아에서는 정상군의 WHTR의 평균값은 최저 0.43±0.03에서 최고 0.46±0.03까지 보였으며, 과체중군 0.49±0.03에서 0.53±0.03, 비만군 0.54±0.04에서 0.58±0.03이었으며, 여아에서는 정상군이 0.41±0.03에서 0.45±0.03, 과체중군 0.47±0.03에서 0.50±0.03, 비만군 0.51±0.04에서 0.54±0.03까지였다(Table 3).

반면, 허리둘레는 각 연령구간별로 큰 폭의 값의 차이를 나타내었다(Table 4). 허리둘레와 연령 간의 상관성은 남아에서 r=0.66, 여아에서 r=0.65였다($p<0.0001$) (Table 2). WHTR과 연령 간의 상관성이 허리둘레에 비해 더 약하였다.

Table 2. Correlation between Variables in Children and Adolescents

		WC	Age	BMI
2～5 years				
Boys	Age	0.32*	-	-
	BMI	0.64*	－0.04*	-
	WHTR	0.49*	－0.53*	0.59*
Girls	Age	0.30*	-	-
	BMI	0.63*	－0.05*	-
	WHTR	0.49*	－0.56*	0.58*
6～18 years				
Boys	Age	0.66*	-	-
	BMI	0.93*	0.57*	-
	WHTR	0.58*	－0.16*	0.62*
Girls	Age	0.65*	-	-
	BMI	0.90*	0.59*	-
	WHTR	0.57*	－0.14*	0.54*

*$p<.0001$. WC: waist circumference; BMI: body mass index; WHTR: waist circumference to height ratio, Age: completed age, e.g. 6 years=6～<7 years etc.

4. WHTR과 허리둘레의 비교

연속변수로 WHTR과 허리둘레의 ROC 곡선을 그려서 비만을 진단하는 지표로서의 정확성을 AUC로 비교하였다. 비만군의 진단에서 남아의 WHTR의 AUC는 0.96으로 매우 정확한 지표였으며, 허리둘레의 AUC는 0.89로 중등도의 정확성을 나타냈고. 여아에서도 WHTR의 AUC 0.95, 허리둘레의 AUC 0.88로 남, 여아 모두 WHTR의 정확도가 유의하게 더 높았다($p<0.0001$) (Fig. 2). 과체중 및 비만군 진단에서도 남아의 WHTR의 AUC는 0.95, 허리둘레의 AUC 0.86, 여아에서 WHTR의 AUC 0.93, 허리둘레의 AUC 0.84로 남, 여아 모두 WHTR의 정확도가 유의하게 더 높았다($p<0.0001$) (Fig. 2).

5. WHTR의 최적 절단값

비만군에 해당하는 WHTR의 최적 절단값은 남아에

Table 3. Waist Circumference-to-Height Ratio in the Normal, Overweight, and Obesity Groups 6～18 Years of Age

Age (years)	Normal (5th≤BMI percentiles＜85th)		Overweight (85th≤BMI percentiles＜95th)		Obesity (BMI percentiles≥95th)	
	N (%)	WHTR (Mean±SD)	N (%)	WHTR (Mean±SD)	N (%)	WHTR (Mean±SD)
Boys						
6	2,317 (84.2)	0.46±0.03	262 (9.5)	0.50±0.02	172 (6.3)	0.55±0.04
6.5	1,185 (81.2)	0.45±0.03	156 (10.7)	0.51±0.02	118 (8.1)	0.55±0.03
7	2,275 (79.6)	0.45±0.03	351 (12.3)	0.51±0.03	232 (8.1)	0.55±0.03
8	2,259 (80.4)	0.45±0.03	332 (11.8)	0.51±0.03	219 (7.8)	0.56±0.03
9	2,179 (77.8)	0.45±0.03	394 (14.1)	0.52±0.03	226 (8.1)	0.57±0.04
10	2,207 (76.6)	0.45±0.04	438 (15.2)	0.53±0.03	236 (8.2)	0.58±0.03
11	2,085 (75.5)	0.45±0.04	438 (15.9)	0.52±0.03	232 (8.6)	0.57±0.05
12	1,782 (76.3)	0.44±0.04	363 (15.6)	0.52±0.03	189 (8.1)	0.57±0.04
13	1,522 (77.6)	0.43±0.04	278 (14.2)	0.51±0.03	161 (8.2)	0.56±0.04
14	1,487 (77.6)	0.42±0.03	243 (12.7)	0.50±0.03	185 (9.7)	0.56±0.04
15	1,233 (77.2)	0.42±0.03	199 (12.5)	0.49±0.03	165 (10.3)	0.55±0.04
16	1,192 (77.2)	0.42±0.03	215 (13.9)	0.49±0.03	138 (8.9)	0.54±0.04
17	876 (75.3)	0.43±0.03	161 (13.8)	0.49±0.03	127 (10.9)	0.54±0.04
18	2,095 (77.7)	0.43±0.03	364 (13.5)	0.49±0.02	237 (8.8)	0.54±0.04
Total	24,694 (78.3)	0.44±0.04	4,194 (13.3)	0.51±0.03	2,637 (8.4)	0.56±0.04
Girls						
6	2,048 (83.4)	0.45±0.03	252 (10.3)	0.50±0.03	154 (6.3)	0.53±0.04
6.5	1,102 (82.6)	0.45±0.03	145 (10.9)	0.49±0.03	87 (6.5)	0.53±0.03
7	2,150 (81.4)	0.44±0.03	291 (11.0)	0.49±0.03	201 (7.6)	0.54±0.04
8	2,056 (78.6)	0.44±0.03	342 (13.1)	0.50±0.03	216 (8.3)	0.54±0.04
9	2,122 (80.2)	0.43±0.03	333 (12.6)	0.49±0.03	192 (7.2)	0.54±0.04
10	2,010 (79.8)	0.43±0.03	329 (13.1)	0.49±0.03	178 (7.1)	0.53±0.03
11	1,842 (79.3)	0.43±0.03	293 (12.6)	0.49±0.03	187 (8.1)	0.53±0.04
12	1,694 (79.4)	0.42±0.03	287 (13.5)	0.48±0.03	151 (7.1)	0.53±0.04
13	1,507 (79.8)	0.41±0.03	237 (12.5)	0.47±0.03	145 (7.7)	0.51±0.04
14	1,556 (79.4)	0.42±0.03	247 (12.6)	0.47±0.03	157 (8.0)	0.52±0.03
15	1,220 (78.5)	0.42±0.03	219 (14.1)	0.48±0.03	115 (7.4)	0.52±0.04
16	1,379 (81.0)	0.43±0.03	208 (12.2)	0.48±0.03	115 (6.8)	0.51±0.04
17	1,124 (80.7)	0.43±0.03	154 (11.1)	0.48±0.03	114 (8.2)	0.52±0.03
18	2,131 (84.7)	0.44±0.03	233 (9.3)	0.49±0.03	151 (6.0)	0.52±0.03
Total	23,941 (80.7)	0.43±0.03	3,570 (12.0)	0.49±0.03	2,163 (7.3)	0.53±0.04

There are significant differences among groups in all ages (p＜0.0001). BMI: body mass index, WHTR: waist circumference-to-height ratio, Age: completed age, e.g. 6 years=6～＜7 years etc.

서 0.51, 이 때의 Youden's index는 0.82 (민감도 92.8%, 특이도 88.8%)였다. 여아에서 WHTR의 최적 절단값은 0.49, Youden's index는 0.78 (민감도 89.9%, 특이도 88.3%)이었다(Table 5). 과체중 및 비만군에 해당하는 WHTR의 최적 절단값은 남아에서 0.48, Youden's index는 0.77 (민감도 97.2%, 특이도 74.4%)이었다. 여아에서 WHTR의 최적 절단값이 0.47, Youden's index는 0.70 (민감도 96.3%, 특이도 77%)이었다(Table 5).

BMI 백분위수와 무관하게 아시아 성인 비만의 기준인 BMI 25 kg/m^2 이상을 소아청소년에게 적용하였을 때, 이에 해당하는 WHTR의 최적 절단값이 남아에서는 0.49, 이 때의 Youden's index는 0.66 (민감도 96.7%, 특이도 80%)이었다. 여아에서는 WHTR의 최적 절단값이 0.48, Youden's index는 0.69 (민감도 93.6%, 특이도 83.4%)였다(Table 5).

최적 절단값에 해당하는 모든 WHTR 값은 AUC 0.9 이상으로 매우 정확한 지표이었다(Table 5).

Table 4. Waist Circumference in the Normal, Overweight, and Obesity Groups 6～18 Years of Age

Age (years)	Normal (5th≤BMI percentiles＜85th)		Overweight (85th≤BMI percentiles＜95th)		Obesity (BMI percentiles≥95th)	
	N (%)	WC (Mean±SD)	N (%)	WC (Mean±SD)	N (%)	WC (Mean±SD)
Boys						
6	2,317 (84.2)	53.33±3.22	262 (9.5)	60.01±3.23	172 (6.3)	65.77±5.12
6.5	1,185 (81.2)	54.03±3.50	156 (10.7)	62.07±3.57	118 (8.1)	68.91±5.03
7	2,275 (79.6)	55.49±3.93	351 (12.3)	64.95±3.91	232 (8.1)	71.74±5.31
8	2,259 (80.4)	57.97±4.70	332 (11.8)	68.27±4.08	219 (7.8)	76.23±5.12
9	2,179 (77.8)	60.26±5.18	394 (14.1)	72.50±4.46	226 (8.1)	79.98±5.63
10	2,207 (76.6)	62.78±5.88	438 (15.2)	75.89±4.66	236 (8.2)	83.85±5.69
11	2,085 (75.5)	65.28±6.25	438 (15.9)	78.60±4.57	232 (8.6)	86.65±7.73
12	1,782 (76.3)	67.10±6.18	363 (15.6)	81.66±4.90	189 (8.1)	89.68±6.85
13	1,522 (77.6)	68.68±6.35	278 (14.2)	83.26±4.89	161 (8.2)	92.49±6.42
14	1,487 (77.6)	70.00±5.93	243 (12.7)	84.80±5.10	185 (9.7)	94.08±7.06
15	1,233 (77.2)	71.34±5.65	199 (12.5)	84.43±4.89	165 (10.3)	94.10±7.11
16	1,192 (77.2)	72.82±5.33	215 (13.9)	84.01±5.08	138 (8.9)	93.66±7.19
17	876 (75.3)	73.57±5.48	161 (13.8)	85.17±4.83	127 (10.9)	93.83±7.37
18	2,095 (77.7)	75.02±5.37	364 (13.5)	85.64±4.28	237 (8.8)	93.16±6.35
Total	24,694 (78.3)	63.79±8.87	4,194 (13.3)	76.36±9.42	2,637 (8.4)	84.35±11.36
Girls						
6	2,048 (83.4)	52.38±3.22	252 (10.3)	58.54±3.37	154 (6.3)	62.79±5.37
6.5	1,102 (82.6)	53.12±3.62	145 (10.9)	60.26±3.60	87 (6.5)	65.00±4.72
7	2,150 (81.4)	54.21±4.00	291 (11.0)	62.13±3.78	201 (7.6)	68.87±5.56
8	2,056 (78.6)	56.22±4.40	342 (13.1)	65.64±4.19	216 (8.3)	72.03±5.46
9	2,122 (80.2)	58.60±4.79	333 (12.6)	68.03±4.76	192 (7.2)	74.89±5.11
10	2,010 (79.8)	60.90±5.23	329 (13.1)	71.09±4.63	178 (7.1)	77.85±5.21
11	1,842 (79.3)	63.01±5.43	293 (12.6)	74.10±4.63	187 (8.1)	80.93±5.53
12	1,694 (79.4)	64.62±5.23	287 (13.5)	74.53±4.69	151 (7.1)	82.98±6.34
13	1,507 (79.8)	65.16±5.21	237 (12.5)	75.23±4.84	145 (7.7)	81.34±6.20
14	1,556 (79.4)	66.21±5.11	247 (12.6)	74.85±4.53	157 (8.0)	82.34±5.31
15	1,220 (78.5)	66.96±5.03	219 (14.1)	75.91±4.59	115 (7.4)	83.49±6.10
16	1,379 (81.0)	68.34±4.95	208 (12.2)	76.90±4.44	115 (6.8)	82.54±6.14
17	1,124 (80.7)	68.43±5.02	154 (11.1)	76.56±4.16	114 (8.2)	83.87±5.19
18	2,131 (84.7)	71.26±5.02	233 (9.3)	78.75±4.58	151 (6.0)	84.49±5.37
Total	23,941 (80.7)	61.66±7.68	3,570 (12.0)	70.66±7.59	2,163 (7.3)	77.10±8.79

There are significant differences among groups in all ages (p＜.0001). BMI: body mass index, WC: waist circumference, Age: completed age, e.g. 6 years=6～＜7 years etc.

6. WHTR 최적 절단값과 허리둘레≥90백분위수의 비교

비만군을 진단하는데 있어서 허리둘레≥90백분위수는, 남아에서 민감도 81.9%, 특이도 96.2%, 여아에서 민감도 78.6%, 특이도 95.0%였다.

WHTR의 최적 절단값(남아 0.51, 여아 0.49)의 민감도가 허리둘레≥90백분위수에 비하여 더 높았고, 특이도는 더 낮았다(Table 6).

고 찰

본 연구에서는 6～18세 소아청소년에서 성별, 연령별 참고치를 찾을 필요가 없고, 연령에 따른 상관성이 약하여 허리둘레보다 민감하며, 비만을 조기에 선별할 수 있는 실용적 기준으로 WHTR (남아 0.51, 여아 0.49)을 제시하였다.

비만의 유병률을 감소시키기 위해서는 어린 영아기부터 비만을 예방하고, 조기에 선별하여 중재하는 것이

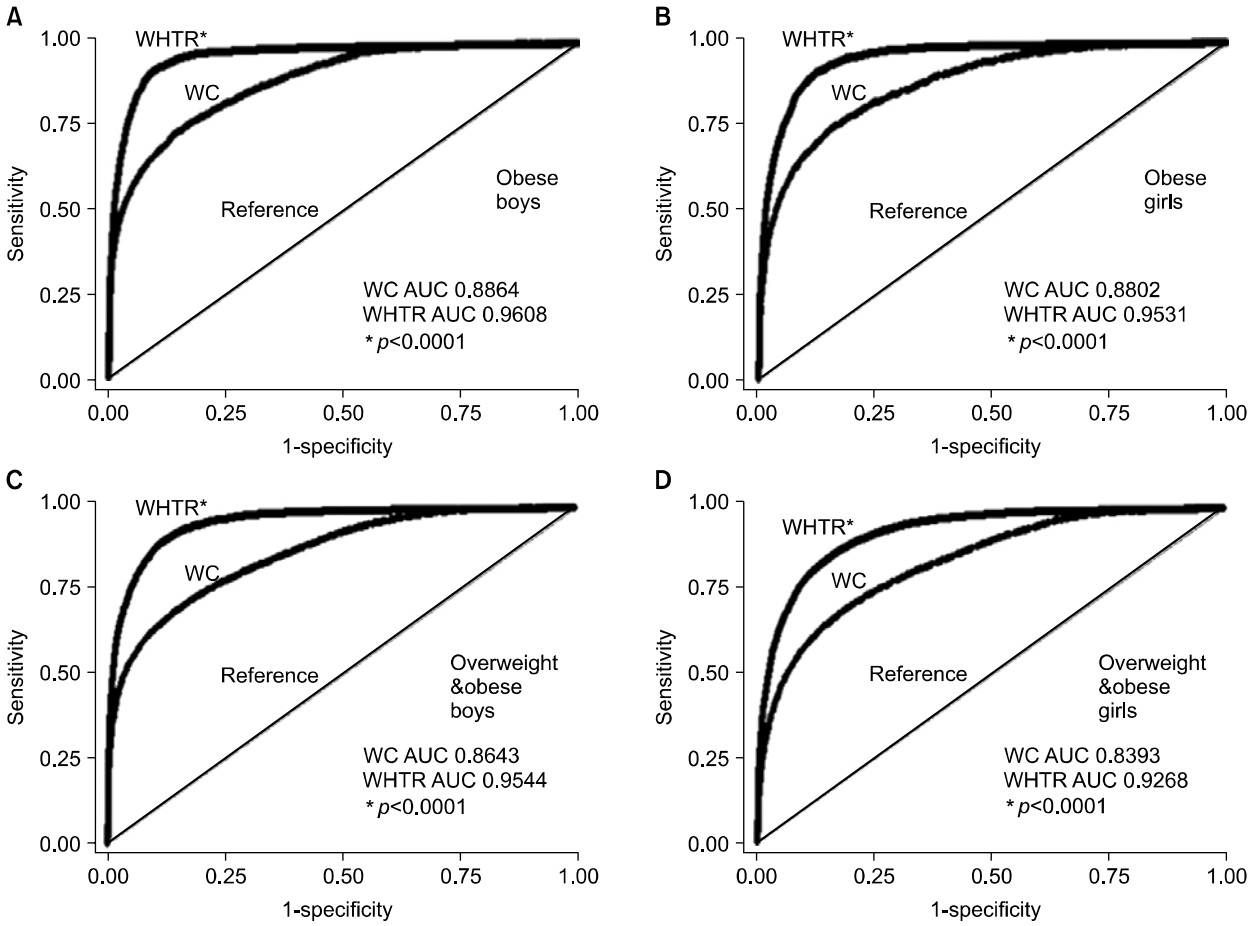

Fig. 2. The area under curves of waist circumference-to-height ratio for diagnosing overweight and obesity were significantly higher than that of waist circumference in both sexes aged 6 to 18 years (A) Obese boys, (B) Obese girls, (C) Overweight and obese boys, (D) Overweight and obese girls.

Table 5. The Optimal Cutoff Values of Waist Circumference-to-Height Ratio in Screening for Body Mass Index-determined Overweight and Obesity in Children and Adolescents 6～18 Years of Age

	AUC	Cutoff values	Youden's index	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Boys					
Obesity (BMI≥95th percentiles)	0.96	0.51	0.82	92.78	88.80
Overweight & obesity (BMI≥85th percentiles)	0.95	0.48	0.77	97.24	74.43
BMI≥25 kg/m^2	0.90	0.49	0.66	96.67	80.02
Girls					
Obesity (BMI≥95th percentiles)	0.95	0.49	0.78	89.90	88.34
Overweight & obesity (BMI≥85th percentiles)	0.93	0.47	0.70	96.27	77.03
BMI≥25 kg/m^2	0.91	0.48	0.69	93.59	83.43

AUC: area under curve, BMI: body mass index.

중요하다. 비만의 선별기준으로 BMI가 일반적으로 사용되고 있지만, 최근에는 내장 비만이 심혈관계의 중요한 위험인자로 평가되면서, 허리둘레나 WHTR이 성인뿐 아니라 소아에서도 비만의 진단 및 심혈관계 질환 발생을 예측하는데 더 유용하다는 보고가 있다[5,15-17,19,29].

허리둘레는 복부비만의 대표적인 지표로서 체지방

Table 6. Comparison of Diagnostic Accuracy of Waist Circumference ≥ 90th Percentiles and Optimal Cutoff Values of the Waist Circumference-to-Height Ratio in Screening for Body Mass Index-determined Obesity in Children and Adolescents 6～18 Years of Age

	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Boys		
WC ≥ 90th percentiles	81.85	96.23
WHTR ≥ 0.51*	92.78	88.80
Girls		
WC ≥ 90th percentiles	78.61	95.02
WHTR ≥ 0.49*	89.90	88.34

WC: waist circumference, WHTR: waist circumference-to-height ratio. *Reference to optimal value in Table 5.

의 분포에 따른 비만 판정의 기준으로 유용하게 사용된다[30,31]. 하지만, BMI 기준에 비해 선별검사로서의 기능이 떨어지고[11,32], 측정의 번거로움과 부정확성, 측정법의 다양성, 그리고 비만 진단을 위한 기준이 확립되어 있지 않다는 문제점이 있다. 아시아에서 성인 남자는 90 cm, 여자는 80 cm 이상이 제시되기도 하였으나[13], 성장하는 소아청소년에서 허리둘레 단일기준치는 있을 수 없으며, 6세 이상에서 성별, 연령별 90백분위수 이상을 기준[7,10]으로 사용하는 것은 BMI보다 더 간편하거나 좋은 장점이 없다. 한편, BMI는 체지방의 분포를 반영하지 않으며, 체지방의 반영에 있어서 인종에 따른 차이가 있다[33]. 같은 BMI에서도 아시아인에서 서구인에 비해 체지방이 높고, 비만 연관 질환의 위험도가 높았다는 보고가 있다[34]. 따라서 WHO에서 제시한 성인 비만의 단일기준을 모든 인종에게 적용하기에 제한적이다. 더구나, 소아청소년에서는 인종별, 성별, 연령별 백분위수 기준을 사용해야 하므로 허리둘레와 마찬가지로 일반인이 이용하기에 복잡하다는 단점이 있다.

WHTR은 체지방의 축적과 분포에 영향을 미치는 신장 인자[32]를 여러 합병증과 연관된 복부비만의 지표인 허리둘레[30,31]에 조합한 것으로, 허리둘레와 BMI의 제한점을 보완할 수 있는 지표이다. Ashwell과 Hsieh[21]는 WHTR이 비만 관련 합병증을 조기에 예측하는데 있어서 BMI보다 더 민감하며, 일반인이 사용하기가 쉽고, 남자와 여자, 성인과 소아, 인종을 아울러 공통적으로 사용이 가능하다는 장점을 제시하였다. WHTR은 복부비만을 반영할 수 있으므로, 정상의 BMI를 가지면서도 대사증후군의 위험도가 높은 사람을 가려내는데 유용하며[20,35], 또한 여러 인종에서 각기 다른 신장으로 허리둘레를 보정하였으므로, 공통적으로 사용하기에는 허리둘레보다 더 민감하다. 그리고, 평균적으로 남자가 여자보다 신장이 더 크고, 허리둘레도 더 큰 것은, WHTR이 허리둘레 단독보다는 남녀 간 일치도가 좋다는 것을 의미한다. 성장하며 신장과 허리둘레가 변화하는 소아청소년에서도 연령에 상관없이 적용이 가능하다[16,17,21,22]. Ashewell[36]은 공통된 단일지표로서 WHTR 0.5라는 절단값을 제시하였고, 0.5 이상인 경우에는 '주의관찰(take care)', 0.6 이상인 경우를 '중재(action)' 하도록 제시하였고, 공공보건을 위해 '허리둘레를 신장의 절반 이하로 유지하자(Keep your waist circumference to less than half your height)'라는 간단한 메시지를 제시하기도 하였다.

하지만, WHTR이 인종과 연령에 영향을 받지 않는 독립적 지표인지 논란의 여지가 있으며[1,23], 각기 다른 인종과 성별, 특히 소아청소년에서 0.5보다 더 정확한 절단값을 찾는 연구들도 있었는데[15,18,37,38], 중국의 8～19세 미만의 소아청소년에서 비만을 선별하는 WHTR의 최적 절단값은 남, 여아에서 각각 0.485, 0.475라고 보고한 바 있다[15].

이번 연구에서는 비만군을 진단하는데 있어서 허리둘레보다 WHTR의 AUC가 유의하게 더 컸으므로 BMI 기준에 더 정확하게 부합하는 지표라는 것을 알 수 있었다. 구체적으로, WHTR의 절단값이 단일수치로서 적용이 가능한 범위를 선정하기 위해서, 먼저 성별, 연령별로 WHTR 값의 추세를 분석하였다. 남, 여 모두 2～5세의 구간에서 WHTR의 값이 급격히 떨어지다가, 6～18세 구간에서 비교적 변화의 폭이 작으면서 연령과 상관성이 약하였으며, 특히 허리둘레보다 연령과의 상관성이 더 약하였다. 그러므로, 6～18세에서 허리둘레보다 WHTR이 연령에 구애받지 않는 지표라고 해석할 수 있었다. 같은 6～18세 연령군에서도 남, 여아 간의 차이가 있었는데, 연령별로 남아가 여아보다 WHTR의 값이 더 컸고, 남아에서는 약 16세까지, 여아에서는 약 15세까지 WHTR 값이 떨어지는 추세를 보였다. 이는 허리둘레가 비교적 일정하게 증가하는 것에 비해, 신장은 급성장기 이후 남아 16세경, 여아 15세경에 거의 최종 키에 도달하여 증가의 폭이 둔화되는 것을 반영한다[3].

따라서, 좀 더 정밀한 최적 절단값을 구하기 위해서 2～5세를 제외한 6～18세의 소아청소년을 대상으로 선정하여, 성별로 따로 분석을 하였다. 그 결과, BMI≥95백분위수의 비만군에 해당하는 최적 절단값은 남아 0.51, 여아 0.49였고, BMI≥25 kg/m^{2}에 해당하는 최적 절단값은 남아 0.49, 여아 0.48이었으며, BMI≥85백분위수의 과체중 및 비만군에 해당되는 최적 절단값은 남아 0.48, 여아 0.47로, 남, 여 간에 거의 유사하지만 미세한 차이가 있었다. 또한 아시아 성인 비만의 기준에 맞추어 소아청소년에서도 BMI≥25 kg/m^{2}를 비만으로 정의할 경우[13], 이에 해당하는 WHTR의 최적 절단값은, BMI≥95백분위수에 해당하는 최적 절단값보다 작았고, 비만의 유병률이 상대적으로 과대평가됨을 알 수 있었다.

본 연구에서는 6～18세 소아청소년에서 비만군이 차지하는 비율이 남아 8.1%, 여아 7.0%였다. 이는 본 연구와 동일하게 2005년 소아청소년 신체 계측조사 원자료를 이용해 비만 유병률을 보고한 이전의 연구와 차이가 있다. Oh 등[2]은 2～18세 소아청소년의 비만 유병률이 남아 11.3%, 여아 8.0%라고 보고하였는데, 대상연령이 다르고, 비만 기준을 BMI≥95백분위수 또는 BMI≥25 kg/m^{2}를 포함시켜 정의하였기 때문에 본 연구에 비해서 유병률이 더 높게 나타난 것으로 생각한다.

WHTR 백분위수 곡선을 살펴보면, 2～5세의 연령군에서, 통상적으로 사용되는 절단값인 0.5 이상을 대입할 때, 10～75백분위수에 해당하므로 비만을 정확하게 평가하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 6～18세의 연령군을 대상으로 하였으며 0.5보다 더 정확한 최적 절단값을 찾고자 하였다. 하지만, ROC 분석을 통하여 산출된 최적 절단값인 남아 0.51, 여아 0.49를 대입했을 때에도 BMI로 정의한 비만군의 유병률보다 과대평가되는 경향이 있었다. 절단값은 민감도가 높아질수록 특이도가 낮아지는 경향이 있는데, 본 연구에서는 ROC 분석에서 보여주는 여러 절단값들 중에서 민감도와 특이도를 모두 고려하여 Youden's index로서 최적 절단값을 선정하였다. 그러나, 남아 0.51, 여아 0.49의 민감도 92.8%, 89.9%에 비해 특이도는 88.8%, 88.3%로 비교적 낮았기 때문에, 유병률이 과대평가되는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 최적 절단값을 구하기 위한 gold standard로 2007년 소아청소년 표준 성장도표에 의거한 BMI 백분위수 기준을 사용하였고, 이렇게 산출된 최적 절단값을 비만 급증 현상이 반영된 2005년 원자료인 WHTR에 적용했기 때문으로 생각한다. 2005년 소아청소년 신체 계측조사의 원자료는 인구 집단의 비만 급증 현상이 반영되었기 때문에, 그대로 표준치로 적용하기에 문제점이 있었다. 따라서 개정된 2007년 소아청소년 표준 성장도표는 1997년과 2005년에 측정한 원자료에서 신장별 체중을 기준으로 한 이상치를 제거한 뒤, 지역별, 연령별 보정을 거쳐 백분위수를 구하여 통합한 결과이다[25,26]. 즉, 2005년 원자료를 대상으로 한 이번 연구에서도 허리둘레가 큰 복부 비만아들이 반영되어 WHTR로 평가했을 때 BMI 백분위수 기준보다 유병률이 많아지는 것으로 추정할 수 있다. 허리둘레 계측 방법이나 대상군 선정, 대상수 등의 차이로 인해 국가 간 비교에 있어서 제한점이 있으나, 홍콩이나 영국 소아청소년의 WHTR에 비해 우리나라 소아청소년의 WHTR 백분위수 곡선이 전반적으로 더 높은 편이며, 평균값도 더 컸다[22,23].

허리둘레나 WHTR을 분석하고 연구하기 위해서는 허리둘레를 측정하는 부위에 대하여 숙고하여야 한다. 허리 둘레는 어느 부위를 재느냐에 따라 달라지는데, 늑골 바로 아래, 가장 가는 허리의 둘레, 늑골 하부연과 장골 정점(iliac crest)의 중간, 장골의 정점 바로 위, 배꼽을 지나는 선 등으로 다양하다[39,40]. 허리둘레를 객관적으로 측정하기 위하여 위 네 가지 방법이 제시되고 있으나, 연구자마다 다른 방법을 택할 수 있다는 단점이 있다. 또한 비만 소아청소년에서 허리둘레를 재는 부위에 따라 대사증후군 발생 위험도가 달라지며, 가장 가는 허리둘레, 늑골 하부연과 장골 정점의 중간의 허리둘레, 이 두 가지 방법이 대사증후군 발생과 가장 연관성이 크다는 보고가 있었다[39]. 이번 연구에서는 피검자의 상체 중 가장 가는 허리둘레를 측정하였다. 따라서 WHTR이 단일지표로서 활용되기 위해서는 허리둘레를 측정하는 방법이 통일되어야 하고, 허리둘레를 맥박이나 체중, 키를 재는 것과 마찬가지로 항상 측정하도록 권장하여야 한다[10].

본 연구에서 ROC 분석을 통해 산출했던 WHTR의 최적 절단값이 성별, 연령별 허리둘레 90백분위수 이상이라는 진단 기준보다 민감도가 더 좋았으므로, 비만을 선별하는 지표로서 타당도 측면에서 더 유용할 것으로

판단된다.

그리고, 앞서 언급한 BMI의 여러 단점에도 불구하고, WHTR의 절단값을 구하기 위해 BMI 비만기준을 gold standard로 사용한 것이 본 연구의 제한점이라고 할 수 있겠다. 그러나 WHTR이 연령에 상관없는 단일 기준으로 BMI에 필적하는 민감한 지표이며, 간편하게 적용 가능하다는 장점을 확인할 수 있었다.

WHTR은 신장에 비해 복부 또는 상체 지방 축적의 정도가 적당한지를 평가하는 지표로서, 복부 비만을 반영하는 지표가 된다[22]. 따라서 WHTR을 좀 더 유용하게 활용하기 위해서는, 복부 비만과 연관된 질환들, 즉, 대사증후군이나 심혈관계 질환의 위험이 있는 소아청소년을 규명하는 최적 절단값을 구하는 것이 필요하다. 본 연구의 결과에서 제시하지는 않았지만, WHTR은 2005년 소아청소년 신체 계측 당시 측정한 수축기 혈압, 이완기 혈압, 피부주름두께와 유의한 상관성이 있었으나, 그 외의 다른 대사위험인자와의 상관성은 분석할 수 없었다. 한편, 우리나라 성인을 대상으로 2005년 국민건강영양조사를 이용한 연구에서, 당뇨, 고혈압, 고콜레스테롤혈증, 고혈압, 고중성지방혈증, 저HDL콜레스테롤혈증, 고LDL콜레스테롤혈증에 대한 WHTR 최적 절단값이 남자에서 0.49～0.51, 여자에서 0.51～0.52였고, WHTR이 다른 비만지표에 비해 대사성 고위험군을 선별하기에 간편하고 유용한 지표라고 하였다[18]. 대만 성인에서는 대사증후군을 예측하기 위한 WHTR 최적 절단값이 남자에서 0.48～0.50, 여자에서 0.45～0.48이었다[37]. 그 외에도, 유럽의 비만 소아청소년에서 대사증후군 발생을 예측하기 위한 WHTR는 0.62였다는 보고가 있었다[38]. WHTR이 인종과 국가, 성별, 연령과 상관없이 적용 가능한 지표임에도 불구하고, 각 보고마다 다소 차이가 있다. 따라서, 대사성 고위험군을 선별하기 위해 각 집단에 따른 정밀한 최적 절단값을 구하고 비교하는 분석이 요구된다.

본 연구는 한국 소아청소년의 대규모 인구집단을 대상으로 WHTR의 유용성을 처음으로 분석한 자료로서 의의가 있다. 앞으로 소아청소년에서 허리둘레를 일상적으로 측정할 것을 제안하며, 대사증후군을 예측할 수 있는 WHTR 최적 절단값에 대한 연구, BMI 기준과의 비교 연구, 종단적 코호트 연구 등 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.

요 약

목 적: 2005년 소아청소년 신체 계측조사의 원자료를 분석하여, 비만을 진단하기 위한 WHTR 최적 절단값을 구하고, 허리둘레와 BMI 기준과 비교하여, 성별, 연령별 참고치를 필요로 하지 않는 간편한 단일지표로서 WHTR의 유용성을 알아보고자 하였다.

방 법: 2005년 소아청소년 신체 계측조사 자료에서 신장, BMI, 허리둘레를 사용하였고 이를 통해 WHTR 값을 구하여 분석하였다. WHTR이 연령에 구애받지 않고 적용이 가능한 범위를 선정하기 위해 2～5세, 6～18세의 연령군으로 나누어 연령과의 상관성을 분석하였다. 6～18세의 소아청소년에서, ROC분석을 시행하여 비만 진단 지표로서 WHTR, 허리둘레의 정확도를 비교하였고, BMI로 정의한 과체중과 비만을 진단하기 위한 WHTR의 최적 절단값을 구하였다. 통계 분석은 SAS, STATA 통계프로그램을 이용하였다.

결 과: 1. WHTR은 연령과 유의한 음의 상관관계를 나타냈다($p<0.0001$). 특히, 6～18세 연령군에서 2～5세 연령군에 비해 연령에 따른 WHTR의 변화의 폭이 작았고, 연령과의 상관성이 더 약하였다(남아 r=－0.16 vs －0.53, 여아 r=－0.14 vs －0.56). WHTR은 6～18세에서 허리둘레에 비해 연령과의 상관성이 더 약하였다(남아 r=－0.16 vs 0.66, 여아 r=－0.14 vs 0.65). 2. BMI로 정의한 비만과 과체중군을 진단하는 데 있어서 WHTR의 AUC가 허리둘레의 AUC에 비해 유의하게 더 컸고, 정확도가 더 좋았다($p<0.0001$). 3. 연령에 구애받지 않는 WHTR의 최적 절단값을 구하기 위하여 6～18세의 연령군에서 ROC 분석을 시행하였다. 비만군(BMI 95 백분위수 이상)에 해당하는 최적 절단값은 남아 0.51, 여아 0.49, 과체중 및 비만군(BMI 85 백분위수이상)에 해당하는 최적 절단값은 남아 0.48, 여아 0.47이었다. BMI 백분위수와 무관하게 아시아 성인 비만의 기준인 BMI 25 kg/m^2 이상을 적용하였을 때, 최적 절단값은 남아 0.49, 여아 0.48이었다. 모든 값은 AUC 0.9 이상으로 매우 정확한 지표였다. 4. 비만군을 진단하는 데 있어서 WHTR 최적 절단값과 허리둘레≥90백분위수를 비교했을 때, WHTR의 민감도가 더 좋았다.

결 론: 본 연구에서는 6～18세 소아청소년에서 성별,

연령별 참고치를 찾을 필요가 없으며, 연령에 따른 상관성이 약하여 허리둘레보다 민감하고, 비만을 조기에 선별할 수 있는 실용적 기준으로 WHTR (남아 0.51, 여아 0.49)을 제시하였다. WHTR은 일반인도 쉽게 사용할 수 있어, 비만을 조기에 선별하고 중재하는데 유용할 수 있다.

참 고 문 헌

1) Li C, Ford ES, Mokdad AH, Cook S. Recent trends in waist circumference and waist-height ratio among US children and adolescents. Pediatrics 2006;118:e1390-8.
2) Oh KW, Jang MJ, Lee NY, Moon JS, Lee CG, Yoo MH, et al. Prevalence and trends in obesity among Korean children and adolescents in 1997 and 2005. Korean J Pediatr 2008;51:950-5.
3) Kim YS, Park MJ. Time trend in height, weight, BMI and waist circumference of Korean adolescents; from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHNES), 1998, 2001 and 2005. J Korean Soc Pediatr Endocrinol 2007;12:142-9.
4) Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Gardner JD, Siervogel RM. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. Am J Clin Nutr 1994;59:810-9.
5) Savva SC, Tornaritis M, Savva ME, Kourides Y, Panagi A, Silikiotou N, et al. Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. Int J Obes Relat Metab Disord 2000;24:1453-8.
6) Daniels SR, Morrison JA, Sprecher DL, Khoury P, Kimball TR. Association of body fat distribution and cardiovascular risk factors in children and adolescents. Circulation 1999;99:541-5.
7) Barlow SE; Expert Committee. Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. Pediatrics 2007;120(Suppl 4):S164-92.
8) Cho KY, Park H, Seo JW. The Relationship between lifestyle and metabolic syndrome in obese children and adolescents. Korean J Pediatr Gastroenterol Nutr 2008; 11:150-9.
9) Yom HW, Shin JS, Lee HJ, Park SE, Jo SJ, Seo JW. The metabolic syndrome in obese children. Korean J Pediatr Gastroenterol Nutr 2004;7:228-38.
10) Seo JW. Obesity in children and adolescents. Korean J Pediatr 2009;52:1311-20.
11) Kim JH, Lim IS. Correlation of measurements for body fat in obese children. Korean J Pediatr 2004;47:485-90.
12) Maynard LM, Wisemandle W, Roche AF, Chumlea WC, Guo SS, Siervogel RM. Childhood body composition in relation to body mass index. Pediatrics 2001;107:344-50.
13) Inoue S, Zimmet P, Caterson I, Chunming C, Ikeda Y, Kim YS, et al. The Asia-Pacific Perspective: Redefining Obesity and its Treatment. The International Diabetes Institute, 2000. Available from: URL//http://www.diabets.com.au/pdf/obesity_report.pdf
14) Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3～19 y. Am J Clin Nutr 2000;72:490-5.
15) Weili Y, He B, Yao H, Dai J, Cui J, Ge D, et al. Waist-to-height ratio is an accurate and easier index for evaluating obesity in children and adolescents. Obesity (Silver Spring) 2007;15:748-52.
16) Hara M, Saitou E, Iwata F, Okada T, Harada K. Waist-to-height ratio is the best predictor of cardiovascular disease risk factors in Japanese school children. J Atheroscler Thromb 2002;9:127-32.
17) 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.
18) Park SH, Choi SJ, Lee KS, Park HY. Waist circumference and waist-to-height ratio as predictors of cardiovascular disease risk in Korean adults. Circ J 2009;73:1643-50.
19) Kahn HS, Imperatore G, Cheng JY. A population based comparison of BMI percentiles and waist-to height ratio for identifying cardiovascular risk in youth. J Pediatr 2005;146:482-8.
20) 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.
21) 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.
22) McCarthy HD, Ashwell M. A study of central fatness using waist-to-height ratios in UK children and adolescents over two decades supports the simple message - 'keep your waist circumference to less than half your height'. Int J Obes (Lond) 2006;30:988-92.
23) Sung RY, So HK, Choi KC, Nelson EA, Li AM, Yin JA,

et al. Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. BMC Public Health 2008; 8:324.
24) Lee DH, Hong YM, Lee KY, The committee for public health statistics, the committee for nutrition. 1998 Korean national growth charts. Seoul: The Korean Pediatric Society, 1999.
25) Moon JS, Lee SY, Nam CM, Choi JM, Choe BK, Seo JW, et al. 2007 Korean National Growth Charts: review of developmental process and an outlook. Korean J Pediatr 2008;51:1-25.
26) Korea Center for Disease Control and Prevention, The Korean Pediatric Society, The Committee for the Development of Growth Standard for Korean Children and Adolescents. 2007 Korean Children and Adolescents Growth Standard (commentary for the development of 2007 growth charts). Government report online . Seoul: Division of Chronic Disease Surveillance; 2007 Nov. Available from: URL://www.cdc.go.kr/webcdc/
27) Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. Prev Vet Med 2000;45:23-41.
28) Fluss R, Faraggi D, Reiser B. Estimation of the Youden Index and its associated cutoff point. Biom J 2005;47: 458-72.
29) Byun JS, Kim MJ, Hwang YW, Kim MJ, Kim SY, Hwang IH. The usefulness of waist/height ratio as an obesity index. J Korean Acad Fam Med 2004;25:307-13.
30) Maffeis C, Pietrobelli A, Grezzani A, Provera S, Tatò L. Waist circumference and cardiovascular risk factors in prepubertal children. Obes Res 2001;9:179-87.
31) Revenga-Frauca J, González-Gil EM, Bueno-Lozano G, De Miguel-Etayo P, Velasco-Martínez P, Rey-López JP, et al. Abdominal fat and metabolic risk in obese children and adolescents. J Physiol Biochem 2009;65:415-20.
32) Hsieh SD, Yoshinaga H. Do people with similar waist circumference share similar health risks irrespective of height? Tohoku J Exp Med 1999;188:55-60.
33) 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.
34) Quak SH, Furnes R, Lavine J, Baur LA; Obesity Working Group. Obesity in children and adolescents. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2008;47:254-9.
35) 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.
36) Ashwell M. The Ashwell Shape Chart-a public health approach to the metabolic risks of obesity. Int J Obes Relat Metab Disord 1998;22(3 Suppl):S213.
37) Lin WY, Lee LT, Chen CY, Lo H, Hsia HH, Liu IL, et al. Optimal cut-off values for obesity: using simple anthropometric indices to predict cardiovascular risk factors in Taiwan. Int J Obes Relat Metab Disord 2002; 26:1232-8.
38) Viggiano D, De Filippo G, Rendina D, Fasolino A, D'Alessio N, Avellino N, et al.; O.Si.M.E. Study Group. Screening of metabolic syndrome in obese children: a primary care concern. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2009; 49:329-34.
39) Johnson ST, Kuk JL, Mackenzie KA, Huang TT, Rosychuk RJ, Ball GD. Metabolic risk varies according to waist circumference measurement site in overweight boys and girls. J Pediatr 2010;156:247-52.
40) Wang J, Thornton JC, Bari S, Williamson B, Gallagher D, Heymsfield SB, et al. Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. Am J Clin Nutr 2003;77: 379-84.