



청소년의 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향

박현주

강원대학교 춘천캠퍼스 간호학과

Influences of Sarcopenic and Non-sarcopenic Obesity on the Components of Metabolic Syndrome in Adolescents

Park, Hyunju

School of Nursing, Chuncheon Campus, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate the influences of sarcopenic and non-sarcopenic obesity on the components of Metabolic Syndrome (MetS) in adolescents. **Methods:** This study used the fifth Korean National Health and Nutrition Examination Survey data from 2010 to 2011. The study included 859 adolescents aged 12 to 18 years. Descriptive statistics and simple and multiple logistic regression analyses were conducted using SAS 9.2. **Results:** Based on the results, adolescents with sarcopenic obesity had a higher risk of central obesity (AOR: 23.41, 95% CI: 12.76-43.97), high triglyceride (OR: 4.58, 95% CI: 2.69-7.79), low HDL-cholesterol (AOR: 2.66, 95% CI: 1.74-4.05), high blood pressure (AOR: 3.44, 95% CI: 1.37-8.68), and high fasting glucose (AOR: 2.37, 95% CI: 1.13-4.96) than their normal counterparts. Adolescents with non-sarcopenic obesity had a higher risk of central obesity (AOR: 19.75, 95% CI: 9.73-44.67), high triglyceride (OR: 3.09, 95% CI: 1.22-7.81), and low HDL-cholesterol (AOR: 2.73, 95% CI: 1.37-5.45) than normal youths, and these were not significantly related to high blood pressure and fasting glucose. **Conclusion:** Sarcopenic obesity was more related to the components of MetS than non-sarcopenic obesity. Since adolescents with sarcopenic obesity are a more vulnerable population, a prevention and management program for MetS and cardiovascular risk should be implemented in this population.

Key Words: Sarcopenia; Obesity; Metabolic syndrome; Adolescent

국문주요어: 근감소증, 비만, 대사증후군, 청소년

서론

1. 연구의 필요성

대사증후군 진단의 구성요소는 인슐린 저항의 증가, 중성지방의 증가, high density lipoprotein (HDL)-콜레스테롤의 감소, 고혈압 및

복부 비만으로, 이 구성요소들이 복합적으로 나타나는 이상 상태를 대사증후군이라고 한다[1,2]. 대사증후군 구성요소의 이상 상태는 심혈관계 질환의 위험을 높이며, 사망률에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[3], 또한 전 세계적으로 대사증후군이 증가 추세이기 때문에[4], 대사증후군의 예방과 관리에 관한 많은 관심과 연

Corresponding author: Park, Hyunju

School of Nursing, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon, 24341, Korea

Tel: +82-33-250-8879 Fax: +82-33-242-8840 E-mail: hpark@kangwon.ac.kr

*본 연구는 2016년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구하였음(520160479).

*This study was supported by 2016 Research Grant from Kangwon National University (520160479).

Received: October 30, 2017 Revised: November 5, 2017 Accepted: November 20, 2017

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

구가 필요함을 알 수 있다.

대사증후군과 관련된 연구는 성인에서 많이 이루어졌으나, 청소년들의 비만이 증가하면서 대사증후군 위험도 증가하고 있어 최근 청소년 대상의 대사증후군 연구도 비교적 활발히 이루어지고 있다. 특히, 청소년 비만은 성인의 비만으로 이어지므로, 청소년기에 증가된 대사증후군 위험은 성인기의 대사증후군 발생과 관련이 있음이 선행연구에서 보고되었다[5]. 또한 청소년기에 대사증후군으로 진단받지는 않았다 하더라도, 복부비만을 포함한 대사증후군의 이상 증상이 나타날 경우, 이것이 성인기에 대사증후군으로 이어진다는 연구 결과가 있어[5,6], 청소년기에 대사증후군 위험과 관련된 연구가 많이 필요함을 알 수 있다.

지금까지 청소년의 대사증후군과 관련된 연구를 살펴보면, body mass index (BMI)와 같은 비만의 지표를 사용하여 비만과 대사증후군의 관련성을 연구한 선행연구가 많다[7]. 그러나 최근의 연구에 따르면 BMI가 같더라도 신체 지방량의 비율(body fat percentage)이 매우 다를 수 있으며, BMI와는 독립적으로 지방량(fat mass)이 대사증후군의 위험을 증가시킨다고 보고되었다[8]. 이는 BMI가 체중을 키의 제곱으로 나눈 것으로 지방량(fat mass)과 지방이 아닌 몸의 구성 물질의 양, 즉 제지방량(fat-free mass)을 구분하지 못하기 때문으로 생각된다[9]. 따라서, 비만과 대사증후군 위험을 살펴보는 연구에서 단지 BMI를 비만의 지표로 대체하는 것보다는 체지방이 차지하는 비율을 비만의 지표로 삼아 연구해볼 필요가 있음을 알 수 있다.

한편, 근육량이 감소된 상태를 근감소증(sarcopenia)이라 하는데, 최근 연구에서 노인 및 청소년들에서 근감소증이 대사증후군과 관련이 있음을 보고하였다[10-12]. 이는 대사증후군을 일으키는 주요 기전이 인슐린 저항이 증가하기 때문인데[13], 뼈대근육이 에너지 대사와 관련이 있고 인슐린 저항을 줄이는 역할을 하기 때문이다 [14]. 즉, 근육량이 적어지면 대사에서도 이상이 나타날 수 있어 대사증후군의 발생으로 이어질 수 있다. 따라서 대사증후군 관련 연구에서 뼈대근육의 양을 고려할 필요가 있음을 시사한다.

위에서 언급한 선행연구 결과를 종합하면, 청소년을 대상으로 비만과 대사증후군 구성요소와의 관련성을 연구할 때, 신체에서 지방이 차지하는 비율뿐만 아니라 근육의 양도 고려한 연구를 실시할 필요가 있음을 알 수 있다. 최근 연구에서 성인을 대상으로 근육양이 적고 비만한 상태인 근감소성 비만(sarcopenic obesity)과 비근감소성 비만(non-sarcopenic obesity)이 심혈관계 및 대사증후군 위험에 어떻게 관련되어 있는지에 관해서는 연구가 되었다[15,16]. 그러나 청소년을 대상으로 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구는 찾아보기 어려웠다.

따라서 본 연구에서는 청소년을 대상으로 하여 체지방량의 비율

을 비만의 지표로 이용하고 근육양도 함께 고려하여, 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향을 살펴보았다. 본 연구 결과는 향후 청소년들의 대사증후군 예방을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 청소년들의 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소(복부비만, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복혈당)와 어떠한 관계가 있는지를 파악하기 위함이다. 구체적인 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 청소년의 일반적 특성 및 건강관련 변수, 그리고 대사증후군 구성요소 각각의 수준을 파악한다.

둘째, 청소년의 일반적 특성과 건강관련 변수, 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소와 관련성이 있는지를 조사한다.

셋째, 단변량 분석에서 유의한 관계가 있는 것으로 나타난 일반적 특성과 건강관련 변수를 보정한 상태에서 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향력을 파악한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 청소년들의 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 위험에 미치는 영향을 파악하기 위해 실시된 횡단적 단면연구로 국민건강영양조사 제5기 1차년도(2010)와 2차년도(2011) 자료를 분석한 이차자료분석 연구이다.

2. 연구 대상

본 연구는 질병관리본부의 국민건강영양조사 제5기 1차년도(2010)와 2차년도(2011)의 자료를 분석하였는데, 제5기 자료의 경우, 2009년 주민등록인구와 2008년 아파트시세조사 자료를 표본추출틀로 삼았다[17]. 1차로 시도(서울 및 6대 광역시 포함)별로 층화하고, 이후 일반지역과 아파트별로 각각 26개 층과 24개 층으로 2차 층화하였으며, 각 표본 조사구 내에 20개의 조사 대상 가구를 계통추출하여 조사가 이루어졌다[17].

연구의 분석을 위해 국민건강영양조사 2010년과 2011년 원시자료 중 만 12세에서 만 18세까지의 청소년을 대상으로 하였으며, 대사증후군 위험요인인 복부비만, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복혈당 자료를 모두 포함하고 있는 응답자 총 859명을 최종 분석 대상으로 포함하였다.

3. 연구 도구

1) 일반적 특성 및 건강관련 변수

일반적 특성은 성별, 연령, 가정경제 수준을 포함한다. 연령은 만 연령을 분석에 사용하였고, 가정경제 수준은 '상', '중상', '중하', '하'로 분류되었다.

건강관련 변수는 주관적 건강상태, 스트레스, 음주, 흡연, 수면, 격렬한 운동, 중등도 운동 및 걷기 운동을 한 날의 수를 포함한다. 주관적 건강상태는 ' 좋음', '보통', '나쁨'으로 분류하였고, 스트레스는 '대단히 많이 받음', '많이 받음', '조금 받음', '거의 받지 않음'으로 분류하였다. 음주의 경우, 최근 1년간의 음주 빈도를 묻는 질문을 이용하였으며, '전혀 마시지 않음', '월 1-4회', '주 2회 이상'으로 분류하였다. 흡연은 지난 1달 동안 흡연 일수를 묻는 질문을 이용하였으며, 0일이라고 응답한 경우를 '비흡연', 1일 이상이라고 응답한 경우는 '흡연'으로 분류하여 분석하였다. 수면은 하루 평균 수면 시간을 적게 하였는데, 이를 8시간 이상과 8시간 미만 수면 군으로 분류하여 분석하였다. 이는 National Sleep Foundation에서 10대들의 수면 시간으로 8-10시간을 권고함에[18] 따라 8시간을 기준점으로 이용하였다. 격렬한 운동, 중등도 운동 및 걷기 운동을 한 날의 수는 각각의 운동을 최근 1주일 동안 적어도 10분 이상 실시한 날의 수로 조사되었다.

2) 근감소성 비만 및 비근감소성 비만

근감소성 비만과 비근감소성 비만을 파악하기 위하여 이중에너지 방사선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) 결과 자료와 신체체중 사항을 참고하였다. 근감소성 비만은 사지의 근육 무게(appendicular muscle mass)가 적으면서 비만이 동시에 있는 경우로 정의하였다. 사지의 근육 무게를 구하기 위해서 DEXA 측정값에서 사지(오른 팔, 다리, 왼 팔, 다리)의 제지방량(appendicular lean mass, 지방을 제외한 무게)과 사지의 골격 무게(appendicular bone mass)를 이용하였는데, 사지의 제지방량에서 사지의 골격 무게를 빼서 사지의 근육 무게를 구하였다. 즉, 본 연구에서는 사지의 근육 무게(골격 무게 제외)를 체중으로 나눈 값을 구한 후(appendicular muscle mass × 100/weight), 이 값이 본 연구에 포함된 청소년들의 성별, 연령별 하위 5분위수(20th percentile) 미만이면서 총체지방률(total body fat percentage)이 본 연구에 포함된 청소년들의 성별, 연령별 상위 5분위수(80th percentile) 이상에 해당하는 경우를 근감소성 비만으로 정의하였다. 또한 비근감소성 비만은 사지의 근육 무게를 체중으로 나눈 값이 성별, 연령별 20th percentile 이상이면서 총체지방률이 성별, 연령별 상위 5분위수(80th percentile) 이상에 해당하는 것으로 정의하였다. 본 연구에서 성별, 연령별 5분위수를 이용하여

근감소성 비만과 비근감소성 비만을 정의한 것은 기존 선행연구를 참조하였다[10,19].

3) 대사증후군 구성요소

대사증후군 구성요소는 국민건강영양조사에서 조사된 허리둘레, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복혈당 측정결과를 이용하였다. 허리둘레는 바르게 선 상태에서, 상의를 올려 허리를 드러내고 양팔은 편하게 내린 후 오른쪽과 왼쪽의 장골능선 상단과 늑골 하단부의 중간을 0.1 cm 단위까지 측정하였다[20]. 중성지방과 HDL-콜레스테롤, 공복혈당은 혈액을 채혈하여 검사하였는데, 최소 8시간을 금식한 상태에서 측정하였으며, 효소법을 이용한 분석 방법을 이용하였다[20]. 혈압은 측정 전 5분 동안 안정을 취하며, 흡연자의 경우 30분 이내 금연을 한 상태에서 팔 높이는 심장 높이(남자 83 cm, 여자 81 cm)에서 수동혈압계로 총 3차례 측정하였으며, 이중 2번째와 3번째 측정값의 평균을 이용하였다[20].

대사증후군 구성요소 별 고위험군과 정상군의 분류는 International Diabetes Federation (IDF)에서 제시한 청소년의 대사증후군 진단기준을 이용하였다[21]. IDF는 만 10-16세 미만과 만 16세 이상에서 진단기준을 다르게 제시한다. 즉, 만 10-16세 미만의 경우 복부비만은 허리둘레가 성별, 연령별 90th percentile 이상, 중성지방은 150 mg/dL 이상, HDL-콜레스테롤은 40 mg/dL 미만, 혈압은 수축기 혈압이 130 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 85 mmHg 이상, 공복혈당은 100 mg/dL 이상인 경우이다. 본 연구에서 복부비만의 경우 성별, 연령별 90th percentile은 Moon 등[22]이 제시한 우리나라 청소년의 2007년 성별, 연령별 허리둘레 percentile을 기준으로 활용하였다. 만 16세 이상의 경우 성인의 진단기준과 동일한데, 복부비만의 경우 World Health Organization (WHO)에서 제시한 아시아 태평양 기준치인 남성 90 cm, 여성 80 cm 이상[23], 중성지방은 150 mg/dL 이상이거나 고지혈증 약물을 복용하는 경우, HDL-콜레스테롤은 남성 40 mg/dL 미만, 여성 50 mg/dL 미만, 혈압은 수축기 혈압이 130 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 85 mmHg 이상인 경우 혹은 혈압약을 복용하는 경우이며, 공복혈당은 100 mg/dL 이상인 경우, 혹은 제2형 당뇨병을 진단받은 경우이다. 따라서 본 연구에서는 이 진단기준을 활용하여, 복부비만, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 혈압, 공복혈당이 IDF에서 제시한 진단 기준에 해당하면 고위험군으로 분류하였다.

4. 자료 수집

본 연구를 위한 원시자료는 질병관리본부 홈페이지를 통해 국민건강영양조사의 원시자료 이용에 관한 승인절차를 거친 후 제공받았다.

5. 자료 분석

수집된 자료는 SAS 9.2를 이용하여 분석하였다. 첫 번째 구체적 목표인 일반적 특성 및 건강관련 변수, 대사증후군 구성요소의 수준을 파악하기 위해 기술통계를 이용하였다. 두 번째 목표인 일반적 특성과 건강관련 변수, 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향을 파악하기 위해 단변량 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 마지막으로 단변량 로지스틱 회귀분석에서 유의하게 나온 일반적 특성 변수와 건강관련 변수를 보정한 상태에서 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향력을 파악하기 위해 다변량 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

6. 윤리적 고려

본 연구를 위한 원시자료는 질병관리본부 홈페이지를 통해 국민

건강영양조사의 원시자료 이용에 관한 승인절차를 거친 후 제공을 받았으며, 조사 당시 질병관리본부 연구윤리위원회의 승인을 받은 후 시행하였다(IRB 번호: 2010년 2010-02CON-21-C, 2011년 2011-02CON-06-C). 질병관리본부로부터 제공받은 원시자료에는 개인을 식별할 수 있는 정보는 포함되어 있지 않으므로, 대상자의 익명성 및 비밀보장을 확보하였다.

연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성 및 건강관련 변수, 대사증후군 구성요소

일반적 특성을 살펴보면 남자 청소년 474명(55.2%), 여자 청소년 385명(44.8%)이었고, 연령은 평균 14.75±1.94세였다. 가정 경제수준은 '상' 118명(14.0%), '중상' 224명(26.6%), '중하' 243명(28.9%), '하' 257명

Table 1. General and Health related Characteristics and Components of Metabolic Syndrome

(N = 859)

Charateristics	Categories	n (%)	Mean ± SD
Gender	Male	474 (55.2)	
	Female	385 (44.8)	
Age (years)			14.75 ± 1.94
Economic status (N = 842)	High	118 (14.0)	
	Higher middle	224 (26.6)	
	Lower middle	243 (28.9)	
	Low	257 (30.5)	
Self-rated health (N = 858)	Good	535 (62.4)	
	Moderate	267 (31.1)	
	Bad	56 (6.5)	
Stress (N = 858)	Severely stressful	26 (3.0)	
	Very stressful	167 (19.5)	
	Slightly stressful	542 (63.2)	
	Never stressful	123 (14.3)	
Drink	No	778 (90.6)	
	≤ 4 times/month	68 (7.9)	
	≥ 2 times/week	13 (1.5)	
Smoking	No	801 (93.3)	
	Yes	58 (6.7)	
Hours of sleep (N = 842)	< 8	500 (59.4)	
	≥ 8	342 (40.6)	
Vigorous activity (day/week) (N = 856)			2.65 ± 1.95
Moderate activity (day/week) (N = 856)			2.32 ± 1.81
Walking (day/week) (N = 856)			6.23 ± 2.28
Status of obesity	Normal	684 (79.6)	
	Non-sarcopenic obesity	40 (4.7)	
	Sarcopenic obesity	135 (15.7)	
Waist circumference (cm)			70.55 ± 9.73
Triglyceride (mg/dL)			81.76 ± 44.96
HDL-cholesterol (mg/dL)			49.57 ± 9.38
Systolic blood pressure (mmHg)			105.26 ± 10.40
Diastolic blood pressure (mmHg)			65.42 ± 9.07
Fasting glucose (mg/dL)			88.76 ± 6.10

HDL = High density lipoprotein.

(30.5%)으로 나타났다(Table 1).

건강관련 변수를 살펴보면 주관적 건강상태는 ' 좋음' 535명(62.4%), '보통' 267명(31.1%), '나쁨' 56명(6.5%)으로 나타났으며, 스트레스는 '대단히 많이 느낌' 26명(3.0%), '많이 느낌' 167명(19.5%), '조금 느낌' 542명(63.2%), '거의 안 느낌' 123명(14.3%)으로 조사되었다. 음주는 '안함' 778명(90.6%), '한 달에 4번 이하' 68명(7.9%), '주당 2회 이상' 13명(1.5%)으로 나타났으며, 흡연은 '안함' 801명(93.3%), '함' 58명(6.7%)으로 조사되었다. 수면시간은 '8시간 미만' 500명(59.4%), '8시간 이상' 342명(40.6%)으로 나타났다. 신체활동의 경우 격렬한 활동을 한 날은 일주일 평균 2.65 ± 1.95 일, 중등도 활동을 한 날은 평균 2.32 ± 1.81 일, 걷기 활동을 한 날은 평균 6.23 ± 2.28 일로 나타났다.

근감소성 비만은 135명(15.7%), 비근감소성 비만은 40명(4.7%), 정상은 684명(79.6%)으로 조사되었다. 대사증후군 구성요소를 살펴보면, 허리둘레는 평균 70.55 ± 9.73 cm, 중성지방은 평균 81.76 ± 44.96 mg/dL, HDL-콜레스테롤은 평균 49.57 ± 9.38 mg/dL, 수축기 혈압은 평균 105.26 ± 10.40 mmHg, 이완기 혈압은 평균 65.42 ± 9.07 mmHg, 공복혈당은 평균 88.76 ± 6.10 mg/dL로 조사되었다.

2. 일반적 특성, 건강관련 변수, 근감소성 및 비근감소성 비만과 대사증후군 구성요소와의 관계

첫 번째로 변수들이 대사증후군 구성요소 중 복부비만에 미치는 영향을 살펴보았을 때, 성별과 비만 상태만이 유의한 것으로 나타났다(Table 2). 즉, 여자 청소년이 남자 청소년에 비해 복부비만이 높을 위험이 1.73배(95% CI: 1.07-2.73) 높은 것으로 나타났다. 또한 정상에 비해 근감소성 비만과 비근감소성 비만에서 복부비만이 될 가능성이 각각 21.65배(95% CI: 11.92-39.31), 21.13배(95% CI: 9.41-47.42)로 나타났다.

두 번째로 중성지방은 일반적 특성이나 건강관련 변수와는 유의한 관련성을 찾을 수 없었으며, 오직 비만 상태와 유의한 관련성이 있는 것으로 분석되었다(Table 3). 즉, 정상에 비해 근감소성 비만과 비근감소성 비만에서 중성지방이 높을 가능성이 각각 4.58배(95% CI: 2.69-7.79), 3.09배(95% CI: 1.22-7.81) 높은 것으로 나타났다.

세 번째로 HDL-콜레스테롤은 연령, 격렬한 신체활동을 한 날의 수, 비만 상태와 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다(Table 3). 즉, 연령이 1세 증가할수록 HDL-콜레스테롤이 낮아질 가능성이 1.18

Table 2. Odds Ratio of High Central Obesity

(N=859)

Characteristics	Categories	Normal WC (n = 780)	High WC (n = 79)	OR	95% CI
		n (%)	n (%)		
Gender	Male	440 (56.4)	34 (43.0)	1	
	Female	340 (43.6)	45 (57.0)	1.73	1.07-2.73
Age (years)	-	-	-	0.96	0.85-1.09
Economic status (N = 842)	High	109 (14.3)	9 (11.5)	1	
	Higher middle	202 (26.4)	22 (28.2)	1.32	0.59-2.96
	Lower middle	221 (28.9)	22 (28.2)	1.21	0.54-2.71
	Low	232 (30.4)	25 (32.1)	1.31	0.59-2.89
Self-rated health (N = 858)	Good	493 (63.3)	42 (53.2)	1	
	Moderate	238 (30.5)	29 (36.7)	1.43	0.87-2.35
	Bad	48 (6.2)	8 (10.1)	1.96	0.87-4.41
Stress (N = 858)	Severely stressful	22 (2.8)	4 (5.1)	1	
	Very stressful	150 (19.2)	17 (21.8)	0.62	0.19-2.02
	Slightly stressful	494 (63.4)	48 (61.6)	0.53	0.18-1.62
	Never stressful	114 (14.6)	9 (11.5)	0.43	0.12-1.54
Drink	No	704 (90.3)	74 (93.7)	1	
	≤ 4 times/month	65 (8.3)	3 (3.8)	0.44	0.14-1.43
	≥ 2 times/week	11 (1.4)	2 (2.5)	1.73	0.38-7.95
Smoking	No	726 (93.1)	75 (94.9)	1	
	Yes	54 (6.9)	4 (5.1)	0.71	0.25-2.04
Hours of sleep (N = 842)	< 8	461 (60.3)	39 (50.6)	0.67	0.43-1.08
	≥ 8	304 (39.7)	38 (49.4)	1	
Vigorous activity (day/week) (N = 856)	-	-	-	1.01	0.89-1.14
Moderate activity (day/week) (N = 856)	-	-	-	1.43	0.92-1.18
Walking (day/week) (N = 856)	-	-	-	0.97	0.88-1.07
Status of obesity	Normal	667 (85.5)	17 (21.5)	1	
	Non-sarcopenic obesity	26 (3.3)	14 (17.7)	21.13	9.41-47.42
	Sarcopenic obesity	87 (11.2)	48 (60.8)	21.65	11.92-39.31

WC = Waist circumference; OR = Odds ratio; CI = Confidence interval.

Table 3. Odds Ratio of High Triglyceride and Low HDL-Cholesterol

(N = 859)

Characteristics	Categories	Low TG	High TG	OR	95% CI	High HDL	Low HDL	OR	95% CI
		(n = 788)	(n = 71)			(n = 688)	(n = 171)		
		n (%)	n (%)			n (%)	n (%)		
Gender	Male	434 (55.1)	40 (56.3)	1		385 (56.0)	89 (52.0)	1	
	Female	354 (44.9)	31 (43.7)	0.95	0.58-1.55	303 (44.0)	82 (48.0)	1.17	0.84-1.64
Age (years)	-	-	-	0.97	0.86-1.10	-	-	1.18	1.09-1.29
Economic status (N = 842)	High	109 (14.2)	9 (12.7)	1		89 (13.1)	29 (17.5)	1	
	Higher middle	206 (26.7)	18 (25.4)	1.06	0.46-2.44	181 (26.8)	43 (26.1)	1.73	0.43-1.25
	Lower middle	216 (28.0)	27 (38.0)	1.51	0.69-3.33	193 (28.5)	50 (30.3)	0.8	0.47-1.34
	Low	240 (31.1)	17 (23.9)	0.86	0.37-1.99	214 (31.6)	43 (26.1)	0.62	0.36-1.05
Self-rated health (N = 858)	Good	492 (62.5)	43 (60.6)	1		438 (63.7)	97 (56.7)	1	
	Moderate	244 (31.0)	23 (32.4)	1.08	0.64-1.83	206 (30.0)	61 (35.7)	1.34	0.93-1.92
	Bad	51 (6.5)	5 (7.0)	1.12	0.43-2.96	43 (6.3)	13 (7.6)	1.37	0.71-2.64
Stress (N = 858)	Severely stressful	24 (3.1)	2 (2.8)	1		22 (3.2)	4 (2.4)	1	
	Very stressful	157 (19.9)	10 (14.1)	0.76	0.16-3.70	138 (20.0)	29 (17.1)	1.16	0.37-3.61
	Slightly stressful	492 (62.5)	50 (70.4)	1.22	0.28-5.31	427 (62.1)	115 (67.6)	1.48	0.50-4.38
	Never stressful	114 (14.5)	9 (12.7)	0.95	0.19-4.67	101 (14.7)	22 (12.9)	1.2	0.38-3.82
Drink	No	713 (90.5)	65 (91.6)	1		624 (90.7)	154 (90.1)	1	
	≤ 4 times/month	63 (8.0)	5 (7.0)	0.87	0.34-2.24	54 (7.8)	14 (8.2)	1.05	0.57-1.94
	≥ 2 times/week	12 (1.5)	1 (1.4)	0.91	0.12-7.14	10 (1.5)	3 (1.7)	1.22	0.33-4.71
Smoking	No	731 (92.8)	70 (98.6)	1		641 (93.2)	160 (93.6)	1	
	Yes	57 (7.2)	1 (1.4)	0.18	0.03-1.34	47 (6.8)	11 (6.4)	0.94	0.48-1.85
Hours of sleep (N = 842)	< 8	462 (59.9)	38 (53.5)	0.77	0.47-1.26	403 (59.6)	97 (58.4)	0.95	0.68-1.34
	≥ 8	309 (40.1)	33 (46.5)	1		273 (40.4)	69 (41.6)	1	
Vigorous activity (day/week) (N = 856)	-	-	-	1.02	0.90-1.15	-	-	0.91	0.83-0.99
Moderate activity (day/week) (N = 856)	-	-	-	1.04	0.91-1.18	-	-	0.94	0.85-1.04
Walking (day/week) (N = 856)	-	-	-	0.97	0.88-1.08	-	-	0.99	0.92-1.06
Status of obesity	Normal	647 (82.1)	37 (52.1)	1		572 (83.1)	112 (65.5)	1	
	Non-sarcopenic obesity	34 (4.3)	6 (8.5)	3.09	1.22-7.81	26 (3.8)	14 (8.2)	2.75	1.39-5.43
	Sarcopenic obesity	107 (13.6)	28 (39.4)	4.58	2.69-7.79	90 (13.1)	45 (26.3)	2.55	1.69-3.85

TG = Triglyceride; HDL = High density lipoprotein; OR = Odds ratio; CI = Confidence interval.

배(95% CI: 1.09-1.29) 증가하였으며, 격렬한 신체활동을 한 날의 수가 1일씩 증가할 때마다 HDL-콜레스테롤이 낮아질 가능성이 0.91배씩 증가한다. 다시 말해, HDL-콜레스테롤이 높아질 가능성이 0.91의 역수배인 1.10배(95% CI: 0.83-0.99) 증가한다. 또한 정상에 비해 근감소성 비만과 비근감소성 비만에서 HDL-콜레스테롤이 낮을 가능성이 각각 2.55배(95% CI: 1.69-3.85), 2.75배(95% CI: 1.39-5.43) 높은 것으로 나타났다.

네 번째로 고혈압과 관련하여 성별에서 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다(Table 4). 즉, 여자 청소년이 남자 청소년보다 고혈압 가능성이 0.13배(95% CI: 0.03-0.54)로 나타나, 여자 청소년의 정상혈압의 가능성이 0.13의 역수배, 즉 7.69배 높은 것으로 나타났다. 스트레스와 음주, 비만상태의 경우 고혈압 발생이 0명이어서 maximum likelihood estimates가 존재하지 않아 결과를 구할 수가 없었다.

마지막으로 공복혈당의 경우 연령 및 비만 상태가 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다(Table 4). 즉, 연령이 증가할수록 공복혈당이 높아질 가능성이 0.81배(95% CI: 0.68-0.98)로 유의하게 낮았으며,

비만상태의 경우 정상에 비해 근감소성 비만에서 공복혈당이 높아질 위험이 2.34배(95% CI: 1.12-4.88) 높았고, 비근감소성 비만은 공복혈당과 유의한 관련성이 없는 것으로 나타났다. 음주와 흡연은 역시 공복혈당이 높은 비율이 0%에 해당하는 칸이 존재하여 결과 값을 구할 수 없었다.

3. 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향

일반적 특성 및 건강관련 변수를 보정한 상태에서 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향은 다음과 같다. 복부비만의 경우 단변량 분석에서 유의하게 나온 성별을 보정한 상태에서도 비만상태는 복부비만이 증가할 위험과 유의한 관련이 있는 것으로 나타났다(Table 5). 즉, 정상에 비해 근감소성 비만군과 비근감소성 비만군 모두 복부비만이 각각 23.41배(95% CI: 12.76-43.97), 19.75배(95% CI: 9.73-44.67) 높은 것으로 나타났다. 또한 남자 청소년에 비해 여자 청소년에서 복부비만이 높을 가능성

Table 4. Odds Ratio of High Blood Pressure and High Fasting Glucose

(N = 859)

Characteristics	Categories	Low BP	High BP	OR	95% CI	Low FG	High FG	OR	95% CI
		(n = 838)	(n = 21)			(n = 822)	(n = 37)		
		n (%)	n (%)			n (%)	n (%)		
Gender	Male	455 (54.3)	19 (90.5)	1		454 (55.2)	20 (54.1)	1	
	Female	383 (45.7)	2 (9.5)	0.13	0.03-0.54	368 (44.8)	17 (45.9)	1.05	0.54-2.03
Age (years)		-	-	1.42	1.16-1.81	-	-	0.81	0.68-0.98
Economic status (N = 842)	High	112 (13.6)	6 (28.6)	1		113 (14.0)	5 (13.5)	1	
	Higher middle	221 (26.9)	3 (14.3)	0.25	0.06-1.03	212 (26.3)	12 (32.4)	1.28	0.44-3.72
	Lower middle	236 (28.8)	7 (33.3)	0.55	0.18-1.60	238 (29.6)	5 (13.5)	0.48	0.14-1.67
	Low	252 (30.7)	5 (23.8)	0.37	0.11-1.24	242 (30.1)	15 (40.6)	1.4	0.50-3.95
Self-rated health (N = 858)	Good	524 (62.6)	11 (52.4)	1		513 (62.5)	22 (59.5)	1	
	Moderate	259 (30.9)	8 (38.1)	1.47	0.59-3.70	255 (31.1)	12 (32.4)	1.09	0.54-2.25
	Bad	54 (6.5)	2 (9.5)	1.76	0.38-8.17	53 (6.4)	3 (8.1)	1.32	0.38-4.56
Stress (N = 858)	Severely stressful	26 (3.1)	0 (0)	-	-	23 (2.8)	3 (8.1)	1	
	Very stressful	162 (19.4)	5 (23.8)	-	-	159 (19.4)	8 (21.6)	0.39	0.09-1.56
	Slightly stressful	533 (63.7)	9 (42.9)	-	-	521 (63.5)	21 (56.8)	0.31	0.09-1.11
	Never stressful	116 (13.8)	7 (33.3)	-	-	118 (14.3)	5 (13.5)	0.33	0.07-1.45
Drink	No	760 (90.7)	18 (85.7)	-	-	743 (90.4)	35 (94.6)	-	-
	≤ 4 times/month	65 (7.8)	3 (14.3)	-	-	66 (8.0)	2 (5.4)	-	-
	≥ 2 times/week	13 (1.5)	0 (0)	-	-	13 (1.6)	0 (0)	-	-
Smoking	No	781 (93.2)	20 (95.2)	1		764 (92.9)	37 (100)	-	-
	Yes	57 (6.8)	1 (4.8)	0.69	0.09-5.20	58 (7.1)	0 (0)	-	-
Hours of sleep (N = 842)	< 8	485 (59.0)	15 (75.0)	2.09	0.75-5.79	481 (59.8)	19 (51.4)	0.71	0.37-1.38
	≥ 8	337 (41.0)	5 (25.0)	1		324 (40.2)	18 (48.6)	1	
Vigorous activity (day/week) (N = 856)		-	-	1.05	0.85-1.30	-	-	0.91	0.75-1.09
Moderate activity (day/week) (N = 856)		-	-	0.84	0.61-1.13	-	-	1.06	0.90-1.26
Walking (day/week) (N = 856)		-	-	0.98	0.82-1.18	-	-	1.02	0.88-1.18
Status of obesity	Normal	671 (80.1)	13 (61.9)	-	-	659 (80.2)	25 (67.6)	1	
	Non-sarcopenic obesity	40 (4.8)	0 (0)	-	-	39 (4.7)	1 (2.7)	0.68	0.09-5.12
	Sarcopenic obesity	127 (15.1)	8 (38.1)	-	-	124 (15.1)	11 (29.7)	2.34	1.12-4.88

BP = Blood pressure; FG = Fasting glucose; OR = Odds ratio; CI = Confidence interval.

Table 5. Adjusted Odds Ratio of the Components of Metabolic Syndrome

(N = 859)

Dependent variables	Characteristics	Categories	AOR	95% CI
High waist circumference	Gender	Male	1	
		Female	2.04	1.20-3.50
	Status of obesity	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	23.41	12.76-43.97
Low HDL (N = 856)	Age (years)	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	2.66	1.74-4.05
	Vigorous activity (days/week)	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	2.73	1.37-5.45
High blood pressure	Age (years)	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	3.44	1.37-8.68
	Gender	Male	1	
		Female	0.12	0.03-0.54
High fasting glucose	Age (years)	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	2.37	1.13-4.96
	Status of obesity	Normal	1	
		Sarcopenic obesity	0.67	0.09-5.09

AOR = Adjusted odds ratio; HDL = High density lipoprotein; CI = Confidence interval.

이 2.04배(95% CI: 1.20-3.50) 높았다.

콜레스테롤의 경우 중성지방은 단변량 분석에서 비만 상태 외에 유의한 변수가 없었으므로 다변량 분석을 하지 않았으며, HDL-콜레스테롤의 경우 단변량에서 유의하게 나온 연령, 격렬한 운동을 한 날의 수를 보정한 결과, 비만 상태와 유의한 관련성이 나타났다 (Table 5). 즉, 정상에 비해 근감소성 비만군과 비근감소성 비만군 모두 HDL-콜레스테롤이 낮을 위험이 각각 2.66배(95% CI: 1.74-4.05), 2.73배(95% CI: 1.37-5.45) 높은 것으로 나타났다. 연령은 1세 증가할 때 마다 HDL-콜레스테롤이 낮아질 위험이 1.17배씩(95% CI: 1.07-1.28) 증가하였고, 격렬한 신체활동은 유의하지 않았다.

고혈압은 단변량에서 유의하게 나온 연령과 성별을 보정하였고, 비근감소성 비만군에서 고혈압을 가진 청소년이 존재하지 않았기 때문에, 정상군과 근감소성 비만군만 비교한 결과, 정상에 비해 근감소성 비만군에서 고혈압 위험이 3.44배(95% CI: 1.37-8.68) 증가하였다(Table 5). 또한 연령이 1세 증가할 때 마다 고혈압 위험이 1.44배(95% CI: 1.13-1.84) 증가하였고, 남자 청소년에 비해 여자 청소년에서 고혈압의 위험이 0.12배(95% CI: 0.03-0.54)로 유의하게 낮았다.

공복혈당의 경우 단변량 분석에서 유의하게 나온 연령을 보정한 결과, 정상에 비해 근감소성 비만군에서 공복혈당이 높을 가능성이 2.37배(95% CI: 1.13-4.96) 높았으며, 비근감소성 비만군은 공복혈당과 여전히 유의한 관계가 없었다(Table 5). 연령 또한 유의하였는데, 연령이 1세 증가할 때마다 공복혈당이 높아질 가능성이 0.81배(95% CI: 0.68-0.98)로 증가하여, 연령이 증가할수록 공복혈당은 낮아지는 것으로 나타났다.

논 의

본 연구는 만 12-18세 청소년을 대상으로 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소에 미치는 영향을 파악하고자 제5차 국민건강영양조사 자료(2010년과 2011년)를 이용하여 분석하였다.

본 연구에 포함된 청소년들의 대사증후군 구성요소들의 평균치를 2005년 국민건강영양조사에서 나타난 결과와 비교하면 다음과 같다. 2005년 만 10-19세 청소년들의 평균은 허리둘레 69.6 cm, 중성지방 90.1 mg/dL, HDL-콜레스테롤 44.3 mg/dL, 수축기혈압 106 mmHg, 이완기혈압 68 mmHg, 공복혈당 87.5 mg/dL로 나타났다[24]. 따라서 본 연구에 포함된 청소년들에서 중성지방은 낮아지고, HDL-콜레스테롤은 높아져 혈중 지방 관련 지표들은 2005년에 비해 개선된 것으로 나타났으며, 나머지는 비슷한 수준임을 알 수 있다.

본 연구에서 가장 흥미로운 결과는 근감소성 비만군과 비근감소

성 비만군에서 모두 복부비만, 높은 중성지방, 낮은 HDL-콜레스테롤의 위험이 유의하게 증가하였으나, 고혈압과 공복혈당이 높을 위험은 근감소성 비만군에서만 나타났다는 점이다. 즉, 근감소성 비만군이 비근감소성 비만군보다 더 많은 대사증후군 구성요소와 유의한 관련성이 있다는 것이다. 이 연구주제와 관련하여 청소년을 대상으로 한 연구가 없기 때문에 선행연구 결과와 본 연구결과를 직접 비교할 수가 없다. 그러나 성인을 대상으로 한 연구에서 대사증후군 구성요소별로 고위험 비율을 조사한 결과 근감소성 비만군이 비근감소성 비만군보다 고위험 비율이 유의하게 높았다는 연구결과와[16] 유사한 결과라고 할 수 있다. 또한, 청소년에서 근감소성 비만군과 비근감소성 비만군을 비교한 선행연구는 없지만, 근감소증(sarcopenia)이 있는 청소년에서 대사증후군 위험이 높았다는 연구결과[25] 및 근감소증이 인슐린 저항에 유의한 영향을 미쳤다는 결과와도[12] 유사한 결과이다. 즉, 본 연구에서 비근감소성 비만군에서 공복혈당이 높지 않았던 이유는 근육이 충분히 있기 때문에 인슐린 저항이 발생하지 않았고, 따라서 근감소성 비만군보다 공복혈당이 낮았을 가능성이 있다고 유추할 수 있다. 이는 근육과 에너지 대사와의 관련성이 있다는 점과[14] 맥을 같이하는 결과이다. 또한 대사증후군의 기전에 인슐린 저항의 증가가 관련이 높다는 점을 [13] 고려할 때, 근감소성 비만 청소년은 향후 대사증후군을 진단받을 위험이 더 높으므로 이를 예방하기 위한 적극적인 조기 중재가 필요함을 의미한다.

그 외 공변량에서 유의한 관련성이 있었던 변수는 성별과 연령이었다. 우선 성별은 허리둘레 및 고혈압과 유의한 관련이 있었다. 즉, 여자 청소년에서 복부비만의 위험성이 유의하게 높았고, 고혈압의 위험은 남자 청소년에서 유의하게 높았는데, 이는 기존 선행연구와 [26] 같은 결과이다. 연령 또한 대사증후군 구성요소와 유의한 관련성을 나타냈는데, 연령이 증가함에 따라 HDL-콜레스테롤이 기준치보다 낮아질 위험이 유의하게 증가하였다. 이는 선행연구에서 유의하지는 않았지만 청소년들의 연령이 증가함에 따라 HDL-콜레스테롤의 값이 낮아진 것과[27] 유사한 결과였다. 연령이 증가함에 따라 고혈압 위험이 증가하는 것 역시 청소년들의 연령이 증가함에 따라 수축기 혈압이 유의하게 증가하는 것과[27] 일치하는 결과였다. 또한 연령 증가에 따라 공복혈당이 높을 위험이 유의하게 낮아졌는데, 이는 기전은 알려지지 않았지만 정상 청소년의 발달에서 사춘기 증가에서 말기로 갈수록 인슐린 저항이 낮아지고 따라서 공복혈당이 낮아진다는 결과[28]와 일치한다고 할 수 있다.

따라서 비만 청소년의 관리에 있어서, 근감소성 비만 학생의 경우 비근감소성 비만 학생보다 대사증후군 구성요소 전반에 걸쳐 이상이 있을 가능성이 크다는 것이 본 연구의 결론이므로, 근감소성 비

만 학생이 대사증후군 및 심혈관계 질환의 고위험군임을 알고 이들을 대상으로 하는 예방적 관리에 보다 큰 관심을 기울여야 한다.

본 연구의 제한점은 우선 횡단적 단면연구이기 때문에 원인과 결과관계를 확정지을 수 없다는 점이다. 따라서 향후 종단연구가 이루어질 필요가 있다. 둘째로는 음식섭취에 관한 변수를 고려하지 않았다는 점이다. 대사증후군의 구성요소와 먹는 음식과의 관련성은 기존 선행연구에서 상반된 결과를 나타내어 본 연구에서는 고려하지 않았으나, 단백질, 탄수화물, 지방 섭취량과 섭취비율을 보정한 이후에 비만의 유형과 대사증후군 구성요소와의 관련성을 연구해볼 필요가 있다. 셋째로는 본 연구에서 사용한 자료가 2010년과 2011년도의 자료로 비교적 최근 자료가 아니라는 점이다. 국민건강영양조사에서 체지방 및 제지방량을 DEXA로 측정하는 것은 2011년도가 마지막이어서 2011년 이후의 자료를 이용할 수가 없었다. 따라서 향후 보다 최신 자료를 이용하여 다시 분석해볼 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구는 복합표본 설계에 따른 가중치를 적용하지 않았다. 국민건강영양조사에서의 가중치는 우리나라 인구의 성별, 연령별 인구구조와 응답률 등을 고려하여 구해진 값이다[17]. 따라서 가중치를 적용하지 않았기 때문에 본 연구의 결과는 우리나라 인구 전체로의 일반화 가능성이 높지 않다[29]. 다만, 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소와의 관련성에 차이가 있다는 것을 확인했다는 점이 본 연구의 의의라고 할 수 있다. 이와 같은 제한점에도 불구하고, 본 연구는 비교적 많은 대상자를 포함하고 있으며, 생리적으로 측정된 지표인 총체지방률과 제지방량을 이용하여 비만을 유형별로 분류하여 연구한 첫 번째 연구라는 점에서 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

결론

본 연구는 우리나라 청소년들의 비만 상태, 즉 근감소성 비만과 비근감소성 비만이 대사증후군 구성요소와 어떤 관계가 있는지 파악하기 위한 것으로 제5기 국민건강영양조사(2010년과 2011년) 자료를 분석하였다. 만 12-18세 청소년 859명의 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

근감소성 비만은 복부비만, 중성지방, 고혈압, 공복혈당이 정상보다 높을 위험을 유의하게 증가시켰고, HDL-콜레스테롤이 정상보다 낮을 위험을 유의하게 증가시켰다. 비근감소성 비만은 복부비만, 중성지방은 정상보다 높을 위험을 유의하게 증가시켰고, HDL-콜레스테롤은 정상보다 낮을 위험을 유의하게 증가시켰으나, 고혈압 및 공복혈당과는 관련성이 없는 것으로 나타났다. 따라서, 근감소성 비만이 비근감소성 비만보다 더 많은 대사증후군 구성요소와 유의

한 관련이 있는 것으로 나타나, 근감소성 비만 청소년들이 대사증후군 및 심혈관계 증상에 관한 고위험집단임이 판명되었다. 따라서 이와 관련하여 이들을 대상으로 한 예방적 중재가 시급함을 알 수 있다.

그러나 본 연구는 횡단적 단면연구이므로 원인결과 관계를 명확히 할 수 없으므로, 향후 종단연구를 통해 명확한 원인결과 관계를 파악할 필요성이 있으며, 식습관이나 음식 섭취에 관련된 변수를 포함하여 분석할 것을 제언한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

REFERENCES

1. Kadota A, Hozawa A, Okamura T, Kadowak T, Nakamura K, Murakami Y, et al. Relationship between metabolic risk factor clustering and cardiovascular mortality stratified by high blood glucose and obesity: NIPPON DATA90, 1999-2000. *Diabetes Care*. 2007;30(6):1533-1538. <https://doi.org/10.2337/dc06-2074>
2. Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *The Lancet*. 2005;365(9468):1415-1428. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66378-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66378-7)
3. Morrison JA, Friedman LA, Wang P, Glueck CJ. Metabolic syndrome in childhood predicts adult metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus 25 to 30 years later. *The Journal of Pediatrics*. 2008;152(2):201-206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.09.010>
4. Ervin RB. Prevalence of metabolic syndrome among adults 20 years of age and over, by sex, age, race and ethnicity, and body mass index: United States, 2003-2006. *National Health Statistics Reports*. 2009;5(13):1-7.
5. Barzin M, Asghari G, Hosseinpanah F, Mirmiran P, Azizi F. The association of anthropometric indices in adolescence with the occurrence of the metabolic syndrome in early adulthood: Tehran Lipid and Glucose Study (TLGS). *Pediatric Obesity*. 2013;8(3):170-177. <https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2012.00102.x>
6. Katzmarzyk PT, Perusse L, Malina RM, Bergeron J, Després JP, Bouchard C. Stability of indicators of the metabolic syndrome from childhood and adolescence to young adulthood: The Quebec Family Study. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2001;54(2):190-195. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(00\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(00)00315-2)
7. Messiah SE, Arheart KL, Luke B, Lipshultz SE, Miller TL. Relationship between body mass index and metabolic syndrome risk factors among US 8- to 4-year-olds, 1999 to 2002. *The Journal of Pediatrics*. 2008;153(2):215-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2008.03.002>
8. Liu P, Ma F, Lou H, Liu Y. The utility of fat mass index vs. body mass index and percentage of body fat in the screening of metabolic syndrome. *BMC Public Health*. 2013;13:629. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-629>
9. Zeng Q, Dong SY, Sun XN, Xie J, Cui Y. Percent body fat is a better predictor of cardiovascular risk factors than body mass index. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2012;45(7):591-600. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2012007500059>

10. Kim JH, Park YS. Low muscle mass is associated with metabolic syndrome in Korean adolescents: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *Nutrition Research*. 2016;36(12):1423-1428. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2016.09.013>
11. Kim KM, Jang HC, Lim S. Differences among skeletal muscle mass indices derived from height-, weight-, and body mass index-adjusted models in assessing sarcopenia. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2016;31(4):643-650. <http://dx.doi.org/10.3904/kjim.2016.015>
12. Burrows R, Correa-Burrows P, Reyes M, Blanco E, Albala C, Gahagan S. Healthy Chilean adolescents with HOMA-IR \geq 2.6 have increased cardiometabolic risk: Association with genetic, biological, and environmental factors. *Journal of Diabetes Research*. 2015;2015:1-8. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/783296>
13. Cornier MA, Dabelea D, Hernandez TL, Lindstrom RC, Steig AJ, Stob NR, et al. The metabolic syndrome. *Endocrine Reviews*. 2008;29(7):777-822. <https://dx.doi.org/10.1210/er.2008-0024>
14. Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS. Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: Findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One*. 2010;5(5):e10805. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0010805>
15. Jung JH, Yang SJ. Effects of exercise on cardiovascular disease risk factors in sarcopenic obesity elderly women. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2012;13(9):3962-3972. <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.3962>
16. Poggiogalle E, Lubrano C, Sergi G, Coin A, Gnassi L, Mariani S, et al. Sarcopenic obesity and metabolic syndrome in adult Caucasian subjects. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2016;20(9):958-963. <http://dx.doi.org/10.1007/s12603-015-0638-1>
17. Ministry of Health and Welfare Affairs & Korea Centers for Disease Control and Prevention. The fifth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2010-2012) [Internet]. Seoul: Ministry of Health and Welfare Affairs; 2014 [cited 2017 Oct 15]. Available from: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub03/sub03_01.do.
18. National Sleep Foundation. National sleep foundation recommends new sleep times [Internet]. Washington, DC: National Sleep Foundation; 2015 [cited 2017 Oct 10]. Available from: <https://sleepfoundation.org/press-release/national-sleep-foundation-recommends-new-sleep-times>.
19. Heymsfield SB, Smith R, Aulet M, Bensen B, Lichtman S, Wang J, et al. Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1990;52(2):214-218.
20. Ministry of Health and Welfare Affairs & Korea Centers for Disease Control and Prevention. Health examination manual of the fifth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2010-2012) [Internet]. Seoul: Ministry of Health and Welfare Affairs; 2012 [cited 2017 Oct 15]. Available from: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_02_02.do?classType=4.
21. International Diabetes Federation. IDF consensus definition of metabolic syndrome in children and adolescents [Internet]. Brussels: International Diabetes Federation; 2007 [cited 2017 Oct 10]. Available from: <https://www.idf.org/e-library/consensus-statements/61-idf-consensus-definition-of-metabolic-syndrome-in-children-and-adolescents>.
22. 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 Journal of Pediatrics*. 2008;51(1):1-25.
23. World Health Organization Western Pacific Region. The Asia-Pacific perspective: Redefining obesity and its treatment [Internet]. Manila: Health Communications Australia Pty Ltd.; 2000 [cited 2017 Oct 10]. Available from <http://www.wpro.who.int/nutrition/documents/docs/Redefiningobesity.pdf>.
24. Kim SJ, Lee J, Nam CM, Lee SY. Impact of obesity on metabolic syndrome among adolescents as compared with adults in Korea. *Yonsei Medical Journal*. 2011;52(5):746-752. <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2011.52.5.746>
25. Burrows R, Correa-Burrows P, Reyes M, Blanco E, Albala C, Gahagan S. High cardiometabolic risk in healthy Chilean adolescents: Associations with anthropometric, biological and lifestyle factors. *Public Health Nutrition*. 2016; 19(3):486-493. <https://doi.org/10.1017/S1368980015001585>
26. Mehrkash M, Kelishadi R, Mohammadian S, Mousavinasab F, Qorbani M, Hashemi MEE, et al. Obesity and metabolic syndrome among a representative sample of Iranian adolescents. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2012;43(3):756-763.
27. Reinehr T, de Sousa G, Andler W. Longitudinal analyses among overweight, insulin resistance, and cardiovascular risk factors in children. *Obesity Research*. 2005;13(10):1824-1833. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.222>
28. Kelsey MM, Zeitler PS. Insulin resistance of puberty. *Current Diabetes Reports*. 2016;16(7):64. <https://doi.org/10.1007/s11892-016-0751-5>
29. Kim YP. Consideration upon statistical analysis of the complex sampling designed data. *Korean Journal of Family Practice*. 2016;6(2):61-62. <http://dx.doi.org/10.21215/kjfp.2016.6.2.61>