대한지역사회영양학회지 17(5) : 530~542, 2012
Korean J Community Nutr 17(5) : 530~542, 2012
http://dx.doi.org/10.5720/kjcn.2012.17.5.530

과체중 및 비만인 소아 청소년의 인슐린 저항성, 혈액 특성 및 영양소 섭취량과의 관계

김 재 희 · 김 은 경†
강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과

The Relationship among Insulin Resistance, Blood Profiles and Nutrient Intake in Overweight or Obese Children and Adolescents

Jae-Hee Kim, Eun-Kyung Kim†
Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea

Abstract

The purposes of this study were to investigate blood profiles and nutrient intakes of groups that are different in obese levels, and to find the credible predictor of insulin resistance. The subjects were classified as normal weight (%IBW ≤ 110), obese without MS and obese with MS according to IDF definition of the risk group in metabolic syndrome (MS). Subjects of this study were included 137 (59 boys, 78 girls) free living children and adolescents (mean age 12.6 ± 3.4 years) in Gangneung area, South Korea. %IBW of normal weight (94.9%), obese without MS (123.8%) and obese with MS (131.5%) were significantly different among groups. HOMA-IR had positive correlations with TG (r = 0.634), waist circumference (r = 0.553), atherogenic index (r = 0.513), %IBW (r = 0.453) and ALT (r = 0.360), but showed negative correlations with HDL cholesterol (r = -0.417, p < 0.001). HOMA-IR showed positive correlation with polyunsaturated fatty acid intake (p < 0.05). The energy intake of obese with MS was 1762 kcal/day which was not significantly different from those of normal weight and obese without MS. Total fatty acid intakes of two obese groups were significantly higher than that of normal weight. The results of this study suggest that waist circumference and ALT as well as TG, atherogenic index and weight can be credible indices to predict the insulin resistance in children and in adolescents. In addition, nutrition education and adequate diet should be provided to prevent MS in children and in adolescents. (*Korean J Community Nutr* 17(5) : 530~542, 2012)

KEY WORDS : children · adolescents · insulin resistance · metabolic syndrome · nutrient intake

서 론

비만은 당뇨, 심혈관 질환 및 일부 암 발생을 유발하고 고혈압, 내당능 장애, 고지혈증 및 수면 무호흡증을 동반하는 등 의학적 문제를 초래할 뿐만 아니라 자아 존중감 상실, 우울증, 대인관계 장애 등 사회 심리적 장애까지도 발생시키는 심각한 질병이다(Chung 등 2010). 최근 전 세계적으로 비만 유병율은 급증하고 있으며, 미국의 The National Health and Nutrition Examination Survey에 의하면 2007~2008년 전체 인구의 33.8%(남자 32.2%, 여자 35.5%)가 비만(BMI ≥ 30)으로 보고되었다(Flegal 등 2010). 우리나라에서도 비만 유병율이 꾸준히 증가하여 2010 국민건강통계에 따르면 19세 이상 성인의 31.4%(남자 36.5%, 여자 26.4%)가 비만(BMI ≥ 25)으로 보고되었으며(Ministry of Health and Welfare 2011), 이는 우리나라 비만의 심각성을 시사하고 있다.

더욱이 소아 및 청소년 비만 이환율의 증가 속도는 성인에서의 증가 속도를 넘어서고 있는데(Popkin 등 2006), 실제

접수일: 2012년 7월 18일 접수
수정일: 2012년 9월 26일 수정
채택일: 2012년 10월 5일 채택
*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2010-0004472).

†**Corresponding author:** Eun-Kyung Kim, Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, 7, Jukheon-gil, Gangneung, Gangwon-do 210-702, Korea,
Tel: (033) 640-2336, Fax: (033) 640-2330
E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

로 서울 지역 소아 및 청소년의 비만 유병률은 1979년에서 2002년 사이에 남아는 1.7%에서 17.9%로 10배 이상, 여아는 2.4%에서 10.9%로 4.5배 이상 증가하였다(Park 등 2004). 또한 2010 국민건강통계 결과, 비만 유병률이 2~5세는 6.4%, 6~11세는 7.3%, 12~18세는 11.3%로 연령이 높아질수록 증가하는 것으로 나타났다. 소아 및 청소년의 비만은 고혈압, 이상지질혈증, 제2형 당뇨병 및 동맥경화 등의 만성 대사 질환의 위험을 증가시키며, 이 시기에 시작된 대사이상은 성인기까지 지속되는 경향을 보인다(Webber 등 1991; Srinivasan 등 1996; Styne 2001).

이러한 배경 하에 비만과 동반되는 대사적 이상 증상들을 하나의 질병으로 포괄적으로 이해해야 한다는 '대사증후군(Metabolic Syndrome, MS)' 개념이 대두되었다(Reaven 1988). 우리나라의 경우, 아시아권에서 대사증후군의 발병이 가장 높고(Chung 등 2010) 특히 복부비만이나 고중성지방혈증의 빈도가 높으며, 서구인에 비해 비교적 낮은 체질량지수에도 불구하고 비만으로 인한 DNA 손상이나 지질 과산화정도가 높은(Jang 등 2003) 독특한 특징을 가지고 있다. 특히, 소아 및 청소년기에 대사증후군에 이환되면 성인기까지 지속되는 것으로 추정되는데, 대사증후군은 유전적 요인 외에 환경적인 요인이 더해지면 더욱 가속적으로 발생하게 된다(Park & Park 2008). 따라서 환경적인 요인으로 발생되는 소아 청소년기의 비만 발생을 예방하여야 한다.

비만과 대사증후군 발생에 영향을 주는 다양한 요인 중의 하나로 영양소 섭취를 꼽을 수 있는데(Zhu 등 2004), 식사의 영양소 구성 및 일부 영양소 섭취량은 비만 및 대사증후군과 깊은 연관성을 지닌다. 탄수화물, 단백질, 지방의 3대 영양소 조성은 대사증후군 발생 위험과 관련이 있고(Zhu 등 2004), 비만 환자의 체중 조절 효과에 영향을 준다는 보고도 있다(Shai 등 2008). 또한 나트륨 섭취량은 대사증후군의 발생과 양의 상관관계를 지니며(Hoffmann & Cubeddu 2008), 칼륨 섭취는 고혈압을 감소시켜 간접적으로 대사증후군 감소에 기여할 수 있음을 고려할 때 우리나라 식생활의 특성을 반영하는 영양소 섭취량과 비만 및 대사증후군과의 관련성에 대해서도 면밀한 연구가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 각종 대사 작용과 관련된 호르몬의 변화가 빠른 시기인 소아 및 청소년을 대상으로 인슐린 저항성과 신체구성 및 혈중 지질과의 관련성을 알아보고, 과체중 혹은 비만에 해당되는 소아 및 청소년을 대상으로 영양소 섭취량 및 식사의 질을 평가함으로써 대사질환의 예방 및 치료를 위한 영양교육 및 중재 프로그램 마련에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 강릉원주대학교 식품영양학과 영양학 실험실에서 주관한 총 10여 차례의 소아청소년 영양체험캠프(2010년 6월25일~7월18일, 23일간)에 참여한 강릉을 비롯한 영동지역의 초등 및 중고등학생(7~19세) 총 137명(남학생 59명, 여학생 78명)을 대상으로 하였다. 본 영양체험캠프에 대한 안내문을 교육청을 통하여 해당 학교 학생들에게 발송한 후, 참가신청서와 함께 연구 참여 동의서에 부모가 사인한 학생들만을 본 연구의 대상자로 포함하였다. 영양체험캠프는 1박 2일 동안 캠프담임 배정 하에 조별로 진행되었으며, 본 연구 대상자로서 필요한 각종 측정 프로그램 이외에 별도의 영양 체험 프로그램(원어민과 함께하는 영어요리교실, 운동교실, 영양교실, 조별 장기자랑, 영양게임 및 퀴즈대회) 및 학부모 교육을 진행하였다.

2. 신체 구성 성분 측정

신체계측 방법에 대하여 사전 교육받은 연구보조원이 Inbody720(Biospace Co, Korea)을 이용하여 연구대상의 신장, 체중 및 체성분을 측정하였다. 모든 측정은 오차를 줄이기 위하여 동일인이 지속적으로 동일한 계측기와 방법으로 측정하였다. 한국 소아발육표준치(Korean Pediatric Society 2007)의 신장별 체중 백분위수의 50%값을 표준체중으로 하여 연구 대상 아동의 비만도 지수를 계산하였다.

삼두근의 피부두겹두께(Triceps skinfold thickness, TSF)는 caliper(MD-500, Yamasa, Japan)를 이용하여 2회 반복 측정 후 평균값을 산출하였으며, 상완위 둘레(Mid Arm Circumference, MAC)는 상완 중간 둘레를 너무 조이지 않고 부드럽게 둘러서 mm 단위까지 측정하였다. 상완위 둘레 측정치와 caliper를 이용하여 측정한 삼두근의 피하지방두께를 이용하여 Heymsfield의 공식(Heymsfield 등 1982)으로 근육량을 산출하였다.

3. 혈압 측정 및 혈액의 생화학적 검사

혈압은 안정 상태를 유지시킨 후 앉은 자세에서 팔을 심장 높이에 위치하도록 하여 혈압측정기를 이용하여 수축기혈압(Systolic Blood Pressure, SBP)과 이완기혈압(Diastolic Blood Pressure, DBP)을 측정하였고, 동일한 혈압기로 우측상완의 혈압을 2회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

또한 전체 조사 대상자들의 공복 12시간 후의 혈액을 이용하여 빈혈진단을 위한 Hemoglobin과 간 기능 손상을 진

단하는 혈청 AST 및 혈청 ALT를 분석하였고, 공복 시 혈당, 혈중 인슐린농도, 혈중지질 및 콜레스테롤 등을 분석하였다. 혈중지질의 경우, LDL 콜레스테롤은 Friedewald 등(1972)의 계산식에 의해 산출하였으며, 총콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤의 비율을 이용하여 동맥경화지수(Atherogenic Index, AI)를 산출하였다. 또한 인슐린 저항성의 지표로 Matthews 등(1985)이 제시한 공식을 이용하여 Homeostasis model assessment for insulin resistance(HOMA−IR) 지수를 산출하였다.

- LDL−cholesterol = Total cholesterol − [HDL−cholesterol + (Triglyceride / 5)]
- AI = (Total cholesterol − HDL−cholesterol) / HDL−cholesterol
- HOMA−IR = [Fasting insulin (μIU/mL) × fasting glucose (mmol/L)] / 22.5

4. 대사증후군의 진단

2007년 국제당뇨기구(IDF, International Diabetes Federation)에서 제시한 소아 및 청소년의 대사증후군 진단 기준을 적용하여 본 연구 대상자를 대사증후군 유무에 따라 분류하였다.

5. 영양소 섭취량 조사

본 연구 대상자의 영양소 섭취량은 잘 훈련된 영양사가 24시간 회상법을 이용한 직접면담을 통하여 조사하였다. 좀 더 정확한 조사를 위해 식품모형과 일상생활에서 사용하는 식기를 이용하여 대상자들의 회상을 도왔다. 조사한 식이 섭취량은 한국영양학회 부설 영양정보센터에서 개발한 CAN−Pro 3.0을 이용하여 개인별 영양소 섭취량을 산출하였다. 또한 식사의 질을 평가하기 위하여 영양소의 권장섭취량에 대비한 섭취율, 즉 영양소 적정섭취비율(Nutrient Adequacy Ratio, NAR)은 한국인 영양섭취기준의 권장섭취량(The Korean Society of Nutrition 2010)을 참고하여 각각 구하였으며 이때 NAR은 1.0을 최고 상한치로 보아 1.0이 넘는 것은 모두 1.0으로 간주하여 계산하였다(Guthrie & Scheer 1981). 또한 각 대상자별로 전체적인 식사 섭취의 질을 측정하기 위하여 각 영양소의 적정비 값을 평균하여 평균 영양소 적정섭취비(Mean Adequacy Ratio, MAR)를 계산하였다(Gibson 1990).

6. 자료처리 및 통계분석

모든 자료는 SAS PC package(ver 9.2)를 이용하여 통계처리를 하였고, 연구대상자의 모든 측정치들은 평균 ± 표준편차로 표시하였다. 비만군은 특별한 내 · 외과적 질환이 없는 학생 중 표준체중의 110%를 초과한 과체중 이상에 해당하는 모든 학생으로 분류하였다. 정상체중군, 비만군 및 MS(대사증후군) 비만군에 있어서 성별에 따른 남녀 간의 유의한 차이를 보이지 않았으므로 모든 표는 남녀 구분 없이 제시하였다. 비만군별 평균값의 유의성은 GLM(General Linear Model)을 이용한 ANOVA(Analysis of variance)와 연령에 따른 차이를 보정하기 위해 ANCOVA (Analysis of covariance)를 이용하여 분석하였다. 또한 HOMA−IR과 여러 가지 변수들 간의 상관성은 Pearson's correlation coefficients를 이용하였으며 모든 통계적 유의수준은 $p < 0.05$를 기준으로 하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구 대상자의 성별 및 그룹별 분포는 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 본 연구는 남학생 59명(43.1%)과 여학생 78명(56.9%), 총 137명을 대상으로 하였으며, 연령별로는

Table 1. Gender distribution of subjects by school and obese group (N = 137)

Classificatiion		Male	Female	Total	χ^2
School	Elementary	28 (47.5)[1]	41 (52.6)	69 (50.4)	NS[2]
	Middle & High	31 (52.5)	37 (47.4)	68 (49.6)	
Total		59 (100.0)	78 (100.0)	137 (100.0)	
Obese group	Normal weight (%IBW ≤ 110)	24 (40.7)	49 (62.8)	73 (53.3)	14.998***
	Obese without MS[3] (%IBW > 111)	20 (33.9)	26 (33.3)	46 (33.6)	
	Obese with MS (%IBW > 111)	15 (25.4)	3 (3.9)	18 (13.1)	
Total		59 (100.0)	78 (100.0)	137 (100.0)	

1) N (%)
2) NS: No Significant
3) MS: Metabolic Syndrome
Significant difference at ***: $p < 0.001$

초등 및 중고등학생이 각각 69명(50.4%)과 68명(49.6%)이었다. Percent Ideal Body Weight(%IBW)에 따라 정상체중군과 비만군으로 분류하였으며 비만군은 대사증후군이 없는 비만군과 대사증후군이 있는 비만군(MS 비만군)으로 분류하였다. 그 결과 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군은 각각 73명(53.3%), 46명(33.6%) 및 18명(13.1%)으로 나타났다. 또한 비만군의 경우 초등학생 및 중고등학생에서 각각 40.6%와 26.5%로 나타났으나, MS 비만군은 두 군이 각각 2.9%와 23.5%로 나타나(Table 2) 중고등학생에서 MS 비만군의 비율이 크게 증가함을 알 수 있었다.

또한 MS 비만군에 속하지는 않으나, 대사증후군 진단기준 5가지 항목 가운데 1가지 이상 해당되는 대상자의 분포를 살펴본 결과 1가지 기준에 해당되는 대상자의 비율이 초등(69명) 및 중고등학생(68명) 전체에서 각각 11.6% 및 7.4%로 조사되었고, 2가지 진단기준에 해당되는 비율은 1.5%와 7.4%로 조사되었다. 대사증후군 진단 시 사용되는 각각의 항목에 해당되는 대상자의 분포를 살펴보면(Table 3), 허리둘레는 초등 및 중고등학생이 각각 61.5%와 38.9%로 나타났고, 중성지방은 두 군이 각각 7.7% 및 11.1%, HDL 콜레스테롤은 15.4% 및 18.5%, 혈압은 15.4% 및 31.5%로 조사되었다. 또한 공복시 혈당 기준에 해당되는 대상자는 한명도 나타나지 않았다.

연구 대상자의 신체계측 결과를 Table 4에 제시하였다. 대상자의 평균연령은 12.6세였으며, 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 연령은 각각 12.4세, 12.0세 및 15.2세로 MS 비만군에서 유의하게 높게 나타났다($p < 0.01$). 이에 연령을 보정하여 신체계측치의 유의성을 검정한 결과, 연령을 보정하기 전과 후에 동일하게 나타났으므로 연령 보정 전의 계측값을 그대로 제시하였다. 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 %IBW는 각각 94.9%, 123.8% 및 131.5%로 세 군간의 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 또한 체중, %IBW, 근육량(kg), 상완위둘레, 허리둘레(cm), 엉덩이둘레(cm) 및 허리엉덩이둘레비(WHR, Waist−Hip Ratio)는 MS 비만군에서 가장 높은 값을 보였으며, 세 군 간에 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.001$). 체지방(%)은 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군에서 각각 21.7%, 33.5% 및 31.9%로 정상체중군이 유의하게 적게 나타났으며($p < 0.001$), 비만군과 MS 비만군 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 수축기혈압(각각 102.7 mmHg, 105.7 mmHg 및 130.9 mmHg)과 이완기혈압(각각 64.0 mmHg, 66.7 mmHg 및 84.1 mmHg)은 MS 비만군에서 유의하게 높게 나타났다($p < 0.001$). 이들의 평균 근육량(%)은 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군에서 각각 25.7%, 26.3% 및 26.2%로 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 근육량(%)을 제외한 모든 신체 계측치에서 세 군 간에 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.001$).

Table 2. Distribution of risk factors of MS by obese group in total subjects (N = 137)

Obese group \ School		Elementary	Middle & High	Total	χ^2
Normal weight		39 (56.5)[1]	34 (50.0)	73 (53.3)	13.916**
Obese	Without MS	28 (40.6)	18 (26.5)	46 (33.6)	
	2 risk factor	1 (1.5)	5 (7.4)	6 (4.4)	
	1 risk factor	8 (11.6)	5 (7.4)	13 (9.5)	
	With MS (≥ 3 risk factor)	2 (2.9)	16 (23.5)	18 (13.1)	
Total		69 (100.0)	68 (100.0)	137 (100.0)	

1) N (%)
Significant difference at **: $p < 0.01$

Table 3. Distribution of risk factors of MS in total subjects (N = 137)

The IDF definition of MS in children and adolescents	Elementary	Middle & High	Total	χ^2
Waist circumference (WC) ≥ 90th percentile	8 (61.5)[1]	21 (38.9)	29 (43.3)	201.149*
Triglycerides ≥ 150 mg/dL	1 (7.7)	6 (11.1)	7 (10.5)	
HDL cholesterol < 40 mg/dL	2 (15.4)	10 (18.5)	12 (17.9)	
Blood pressure systolic BP ≥ 130 or diastolic BP ≥ 85 mmHg	2 (15.4)	17 (31.5)	19 (28.3)	
Glucose fasting plasma glucose ≥ 100 mg/dL or previously diagnosed type 2 diabetes	0	0	0	
Total	13 (100.0)	54 (100.0)	67 (100.0)	

1) N (%)
Significant difference at *: $p < 0.05$

2. 연구 대상자의 혈액 분석 결과

연구 대상자의 혈액 검사 결과는 Table 5와 같다. MS 비만군은 정상체중군에 비해서 혈중 중성지방, 동맥경화지수, 혈중 인슐린 농도, HOMA-IR 및 ALT 농도가 유의하게 높았으며, 비만군도 정상체중군에 비해 이들 농도가 모두 유의하게 높았다. 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 중성지방 농도(각각 50.9 mg/dL, 76.7 mg/dL 및 94.9 mg/dL, $p < 0.001$), 인슐린 농도(각각 4.3 μU/mL, 8.8 μU/mL 및 12.2 μU/mL, $p < 0.001$) 및 혈청 ALT(각각 12.3 IU/L, 23.4 IU/L 및 30.2 IU/L, $p < 0.001$)는 MS 비만군에서 가장 높은 값을 보이면서 세 군 간의 유의한 차이를 나타냈고, atherogenic index(각각 1.67, 2.45 및 2.97, $p < 0.001$) 및 HOMA-IR(각각 0.91, 1.94 및 2.68, $p < 0.001$) 역시 MS 비만군에서 가장 높은 값을 나타냈으며 세

Table 4. Anthropometric measurements of subjects by obese groups (N = 137)

	Normal weight (n = 73)	Obese without MS (n = 46)	Obese with MS (n = 18)	Total (n = 137)
Age (yrs)	12.4 ± 3.5[1)b]	12.0 ± 3.3[b]	15.2 ± 2.3[a]	12.6 ± 3.4
Height (cm)	150.1 ± 15.1[b]	148.7 ± 12.4[b]	166.7 ± 10.7[a]	151.8 ± 14.8
Weight (kg)	42.4 ± 12.7[c]	53.9 ± 14.4[b]	77.5 ± 14.7[a]	50.9 ± 17.8
%IBW[2)]	94.9 ± 8.2[c]	123.8 ± 10.8[b]	131.5 ± 15.9[a]	109.4 ± 18.8
Body fat (%)[3)]	21.7 ± 6.5[b]	33.5 ± 6.0[a]	31.9 ± 6.6[a]	27.0 ± 8.5
Muscle (kg)[4)]	11.4 ± 3.7[c]	14.4 ± 4.0[b]	20.0 ± 4.5[a]	13.7 ± 4.9
Muscle (%)[5)]	25.7 ± 4.2	26.3 ± 3.4	26.2 ± 5.7	26.0 ± 4.2
Triceps skinfold (mm)	16.8 ± 6.1[b]	23.1 ± 5.0[a]	25.3 ± 5.6[a]	20.0 ± 6.7
Mid-arm circumference (cm)	22.7 ± 3.3[c]	27.3 ± 3.0[b]	30.7 ± 2.6[a]	25.4 ± 4.3
Waist circumference (cm)	63.3 ± 7.2[c]	77.6 ± 9.2[b]	92.1 ± 9.6[a]	71.9 ± 13.1
Hip circumference (cm)	82.5 ± 11.7[c]	90.4 ± 10.1[b]	103.2 ± 6.4[a]	87.9 ± 12.6
Waist-hip ratio	0.77 ± 0.06[c]	0.86 ± 0.06[b]	0.89 ± 0.06[a]	0.82 ± 0.08
Systolic blood pressure (mmHg)	102.7 ± 14.3[b]	105.7 ± 14.7[b]	130.9 ± 15.3[a]	107.4 ± 17.2
Diastolic blood pressure (mmHg)	64.0 ± 9.5[b]	66.7 ± 8.1[b]	84.1 ± 8.1[a]	67.6 ± 11.0

1) Mean ± SD
2) [Body weight (kg) / Standard weight (kg)] × 100
3) Body fat (%) measured by Inbody 720
4) Muscle mass (kg) calculated by Heymsfield's formular
5) Body muscle (%) = [Muscle (kg) / body weight (kg)] * 100
abc means significant difference ($p < 0.05$) among groups by Duncan's multiple range test
All data are same after controlling for age using ANCOVA among groups

Table 5. Biochemistry characteristics of subjects by obese group (N = 137)

	Normal weight (n = 73)	Obese without MS (n = 46)	Obese with MS (n = 18)	Total (n = 137)
Total cholesterol (mg/dL)	162.0 ± 23.7[1)]	173.4 ± 21.4	162.8 ± 31.4	165.8 ± 24.6
Triglyceride (mg/dL)	50.9 ± 30.3[a]	76.7 ± 46.2[b]	94.9 ± 57.6[c]	65.1 ± 43.2
HDL-cholesterol (mg/dL)	62.1 ± 11.4[b]	51.5 ± 9.8[a]	43.4 ± 11.2[a]	56.1 ± 12.8
LDL-cholesterol (mg/dL)	89.7 ± 20.1[b]	106.5 ± 20.2[a]	97.0 ± 25.9[ab]	96.1 ± 22.2
Atherogenic index	1.67 ± 0.50[c]	2.45 ± 0.62[b]	2.97 ± 1.24[a]	2.10 ± 0.84
Hemoglobin (g/dL)	13.9 ± 1.8[b]	13.6 ± 1.0[b]	15.2 ± 1.3[a]	14.0 ± 1.56
Hematocrit (%)	41.9 ± 5.0[b]	41.4 ± 3.0[b]	45.9 ± 4.2[a]	42.3 ± 4.5
Insulin (μU/mL)	4.3 ± 2.5[c]	8.8 ± 7.4[b]	12.2 ± 8.0[a]	6.8 ± 6.1
Fasting glucose (mg/dL)	81.0 ± 5.6[b]	84.7 ± 5.6[a]	85.2 ± 6.1[a]	82.8 ± 5.9
HOMA-IR	0.91 ± 0.51[c]	1.94 ± 1.86[b]	2.68 ± 1.81[a]	1.48 ± 1.45
AST (IU/L)	22.5 ± 6.4	23.4 ± 7.9	23.6 ± 7.6	22.9 ± 7.1
ALT (IU/L)	12.3 ± 3.9[c]	17.9 ± 11.6[b]	30.2 ± 18.7[a]	16.6 ± 11.5

1) Mean ± SD
abc means significant difference at $p < 0.05$ among groups by Duncan's multiple range test
All data are same after controlling for age using ANCOVA among groups

군 간의 유의한 차이를 보였다. 헤모글로빈과 헤마토크릿 농도는 정상체중군 및 비만군과 비교하여 MS 비만군에서 유의하게 높은 수치를 나타냈다($p < 0.001$).

3. 인슐린 저항성과 관련된 변수들 간의 상관관계

연구 대상자 전체에서 HOMA-IR과 관련된 변수들 간의 상관관계를 Table 6에 나타냈다. HOMA-IR은 모든 신체계측치들과 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며, 허리둘

Table 6. Pearson's correlation coefficient of HOMA-IR with anthropometric and biochemical variables of blood in subjects

Anthropometric variables	r	Biochemical variables of blood	r
Age (yrs)	0.223*	Total cholesterol (mg/dL)	0.126
Height (cm)	0.328***	Triglyceride (mg/dL)	0.634***
Weight (kg)	0.498***	HDL-cholesterol (mg/dL)	–0.417***
%IBW[1)]	0.453***	LDL-cholesterol (mg/dL)	0.053
Body fat (%)[2)]	0.348***	Atherogenic index	0.513***
Muscle (kg)[3)]	0.443***	Hemoglobin (g/dL)	0.117
Triceps skinfold (mm)	0.395***	Hematocrit (%)	0.110
Mid-arm circumference	0.501***	Insulin (μU/mL)	0.995***
Waist circumference (cm)	0.553***	Fasting glucose (mg/dL)	0.431***
Hip circumference (cm)	0.461***	AST (IU/L)	–0.062
Waist-hip ratio	0.304***	ALT (IU/L)	0.360***
Systolic blood pressure (mmHg)	0.324***		
Diastolic blood pressure (mmHg)	0.383***		

1) % IBW = [body weight (kg) / standard weight (cm)] × 100
2) Body fat (%) = measured by inbody 720
3) Muscle mass (kg) was calculated by Heymsfield's formular
Significant difference at ***: $p < 0.001$

Table 7. Comparison of daily nutrient intakes in normal weight, obese without MS and obese with MS groups

Dietary intake	Normal weight (n = 73)	Obese without MS (n = 46)	Obese with MS (n = 18)	Total (n = 137)
Energy (kcal)	1,783.6 ± 541.2[1)]	1,752.7 ± 515.8	1,762.3 ± 581.2	1,770.4 ± 534.4
Carbohydrates (g)	253.8 ± 73.3	244.9 ± 65.3	256.2 ± 88.5	251.1 ± 72.5
Protein (g)	69.9 ± 24.3	70.3 ± 24.7	72.4 ± 28.6	70.4 ± 24.8
Fat (g)	55.0 ± 26.4	54.4 ± 32.4	51.3 ± 22.3	54.3 ± 27.9
Fiber (g)	16.0 ± 5.4	14.8 ± 4.5	17.0 ± 9.1	15.7 ± 5.7
Calcium (mg)	572.8 ± 243.4	508.3 ± 248.8	537.2 ± 236.2	546.5 ± 244.3
Iron (mg)	12.3 ± 6.6	12.4 ± 8.4	11.4 ± 5.2	12.2 ± 7.1
Phosphorus (mg)	998.1 ± 345.9	966.0 ± 309.4	975.0 ± 366.0	984.3 ± 334.7
Sodium (mg)	3,730.8 ± 1,307.8	3,761.8 ± 1,163.3	3,962.3 ± 1,892.0	3,771.6 ± 1,344.0
Potassium (mg)	2,276.9 ± 716.9	2,168.9 ± 676.4	2,414.2 ± 1,096.1	2,258.6 ± 761.4
Vitamin A (μgRE)	726.1 ± 357.7	597.0 ± 307.7	590.8 ± 342.4	665.0 ± 343.5
Vitamin B_1 (mg)	1.1 ± 0.4	1.1 ± 0.5	1.0 ± 0.4	1.1 ± 0.4
Vitamin B_2 (mg)	1.1 ± 0.5	1.1 ± 0.5	1.1 ± 0.4	1.1 ± 0.5
Vitamin B_6 (mg)	1.8 ± 0.6	1.8 ± 0.5	2.0 ± 0.9	1.8 ± 0.6
Niacin (mg)	15.6 ± 7.2	16.1 ± 7.2	16.1 ± 6.3	15.8 ± 7.0
Vitamin C (mg)	69.1 ± 36.3	63.5 ± 29.9	69.5 ± 38.1	67.3 ± 34.4
Folate (μg)	195.3 ± 81.3	172.0 ± 68.9	198.4 ± 104.7	187.9 ± 81.1
Vitamin E (mg)	14.6 ± 7.7[a]	15.6 ± 12.3	15.9 ± 8.8	15.1 ± 9.5
Cholesterol (mg)	310.1 ± 203.1	296.4 ± 212.6	340.0 ± 209.3	309.5 ± 206.0
Total FA (mg)	50.9 ± 30.3[b]	76.7 ± 46.2[a]	94.9 ± 57.6[a]	65.1 ± 43.2
Taurine (mg)	38.4 ± 81.9[a]	2.5 ± 10.9[b]	0.5 ± 0.9[b]	21.4 ± 62.6

1) Mean ± SD
abc means significant difference at $p < 0.05$ among groups by Duncan's multiple range test

Table 8. Comparison of nutrient adequacy ratio(NAR) and mean adequacy ratio(MAR)

NAR	Normal weight (n = 73)	Obese without MS (n = 46)	Obese with MS (n = 18)	Total (n = 137)
Protein (g)	1.55 ± 0.54	1.56 ± 0.55	1.61 ± 0.64	1.56 ± 0.55
Fiber (g)	0.67 ± 0.22	0.62 ± 0.19	0.71 ± 0.38	0.66 ± 0.24
Calcium (mg)	0.64 ± 0.27	0.57 ± 0.28	0.60 ± 0.26	0.61 ± 0.27
Iron (mg)	0.77 ± 0.41	0.78 ± 0.52	0.71 ± 0.33	0.76 ± 0.44
Phosphorus (mg)	1.25 ± 0.43	1.21 ± 0.39	1.22 ± 0.46	1.23 ± 0.42
Sodium (mg)	2.49 ± 0.87	2.51 ± 0.78	2.64 ± 1.26	2.51 ± 0.90
Potassium (mg)	0.48 ± 0.15	0.46 ± 0.14	0.51 ± 0.23	0.48 ± 0.16
Vitamin A (RE)	1.04 ± 0.51	0.85 ± 0.44	0.84 ± 0.49	0.95 ± 0.49
Vitamin B_1 (mg)	1.11 ± 0.40	1.10 ± 0.49	1.02 ± 0.37	1.09 ± 0.42
Vitamin B_2 (mg)	0.92 ± 0.38	0.92 ± 0.41	0.91 ± 0.33	1.09 ± 0.42
Vitamin B_6 (mg)	1.25 ± 0.44	1.31 ± 0.35	1.43 ± 0.61	0.92 ± 0.38
Niacin (mg)	1.20 ± 0.55	1.24 ± 0.55	1.24 ± 0.48	1.29 ± 0.44
Vitamin C (mg)	0.69 ± 0.36	0.64 ± 0.30	0.70 ± 0.38	0.67 ± 0.34
Folate (μg)	0.49 ± 0.20	0.43 ± 0.17	0.50 ± 0.26	0.47 ± 0.20
Vitamin E (mg)	1.46 ± 0.77[a]	1.56 ± 1.23[b]	1.59 ± 0.88[b]	1.51 ± 0.95
MAR	1.06 ± 0.34	1.04 ± 0.30	1.08 ± 0.40	1.06 ± 0.33

1) Mean ± SD
No significant difference except Vit E among obese groups by Duncan's multiple range test

레(r=0.553), 상완위둘레(r = 0.501), 체중(r = 0.498) 및 %IBW(r = 0.453)의 순으로 높은 상관관계를 보였다 ($p < 0.001$). 또한 HOMA-IR과 혈액 검사치 간에는 인슐린 농도(r = 0.995), 혈중 중성지방(r = 0.634), atherogenic index(r = 0.513), 공복 시 혈당(r = 0.431) 및 혈청 ALT(r = 0.360)의 순으로 양의 상관관계를 보였으며($p < 0.001$), HDL 콜레스테롤 농도(r = −0.417, $p < 0.001$)와는 음의 상관관계를 나타냈다.

4. 영양소 섭취량 조사

대상자들의 1일 영양소 섭취량을 Table 7에 나타내었다. 1일 평균 에너지 섭취량은 정상체중군(1,783 kcal/day), 비만군(1,752 kcal/day) 및 MS 비만군(1,762.3 kcal/day)간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 총지방산(각각 50.9 mg, 76.7 mg 및 94.9 mg, $p < 0.001$) 섭취량은 정상체중군에서 유의하게 적게 섭취하고 있었으며, 아미노산 섭취량에서는 유일하게 타우린 섭취량(각각 38.4 mg, 2.5 mg 및 0.5 mg, $p < 0.001$)만이 정상체중군에서 유의하게 많이 섭취하는 것으로 나타났다.

5. 식사의 질 평가

연구 대상자의 식사의 질을 평가하기 위하여 영양소 적정섭취비율(NAR) 및 평균 영양소 적정섭취비율(MAR)을 산출하여 Table 8에 제시하였다. 단백질, 인, 비타민 B_1, 비타민 B_2, 나이아신 및 비타민 E의 NAR이 각각 1.56, 1.23, 1.09, 1.09, 1.29 및 1.51로 1을 넘었으며, 0.7 미만으로 조사된 영양소는 섬유소, 칼슘, 철, 칼륨, 비타민 C 및 엽산으로 NAR이 각각 0.66, 0.61, 0.76, 0.48, 0.67 및 0.47로 조사되었다. 반면에 전체 대상자의 나트륨의 섭취량(2.51)은 가장 높은 값을 보였다. 비만군별로 비교하였을 때, 모든 영양소에서 세 군 간의 유의한 차이는 없었으며, 비타민 E의 NAR은 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군에서 각각 1.46, 1.56 및 1.59로 조사되어 정상체중군에서 유의하게 낮게 섭취한 것으로 조사되었다.

Table 9. Correlation of insulin resistance HOMA-IR with nutrients intake

	HOMA-IR
ß-carotene	−0.016
Vitamin C	−0.035
Cholesterol	0.064
Total fatty acid (mg)	0.107
Saturated fatty acid(mg)	0.025
Monounsaturated fatty acid (mg)	0.112
Polyunsaturated fatty acid (mg)	0.180*

Significantly correlated at *: $p < 0.05$

6. 영양소 섭취량과 인슐린 저항성과의 상관관계

지질 및 항산화 비타민의 섭취량(절대량)과 인슐린 저항성과의 상관관계를 분석하여 Table 9에 제시하였다.

HOMA-IR은 다가불포화지방산의 섭취량과 양의 상관관계 ($p < 0.05$)를 보였으며 다른 영양소 섭취량과는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

고　　찰

본 연구는 과체중 및 비만인 소아 청소년의 신체구성, 혈액성분 및 영양소 섭취량을 평가해보고, 인슐린 저항성과의 관련성을 분석하고자 하였다.

연구 대상자는 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군으로 분류하였으며, 비만군은 IBW 110%를 초과하되 대사 이상 증상을 보이지 않는 그룹이며, MS 비만군은 IBW 110%를 초과하면서 대사 이상 증상을 나타내는(대사증후군 진단기준 5가지 항목 중 3가지 이상의 기준치에 해당) 그룹으로 분류하여 비교하였다.

대사증후군의 진단 시 성인의 경우, 미국 콜레스테롤 교육 프로그램(NCEP, National Cholesterol Education Program)과 세계보건기구(WHO)에서 제시한 진단기준을 사용한다. 최근에는 국제 당뇨 기구(IDF, International Diabetes Federation)에서 WHO 기준을 수정하여 NCEP 기준과 유사한 정의를 제시하였으며 공복혈당은 100mg/dL 이상으로 정하였다(Pi-Sunyer 2007). 그러나 이들은 성인을 대상으로 한 진단기준으로 소아 및 청소년을 대상으로 확립된 진단기준은 미흡한 실정인데(Chu & Choe 2010), 그 이유는 성장과 발달이 진행 중인 소아의 특성으로 인하여 대사성 인자들의 정상 검사치 및 허용 한계치가 성별, 연령별에 따라 다르므로 진단기준을 정하기가 쉽지 않으며, 성인 및 소아 청소년 대사증후군 인자들과 합병증과의 연관성 및 차별성에 관한 연구결과가 명확하지 않기 때문이다(Ford & Li 2008). 따라서 소아 청소년의 대사증후군을 연구한 논문들에서 대사증후군의 진단 시 성인의 기준을 소아 청소년에게 맞게 조정·적용하였는데, Cook 등(2003)에 의해 NCEP ATP III 기준을 연령별로 변형한 기준이 흔히 사용하고 있으며(Cook 등 2003; Ford & Giles 2003) 본 연구에서도 위의 진단기준을 적용하여 MS 비만군을 분류하였다.

한국의 소아 및 청소년의 대사증후군 유병률을 조사한 Seong(2006)의 연구에 따르면 대사증후군 유병률이 1998년에는 4.7%, 2001년에는 약 7.2%로 조사되었고, 비만 유병률이 증가할수록 대사증후군 유병률이 급증한다고 보고하였다. 우리나라 소아 청소년이 미국 청소년에 비해 체격이 작고 비만의 정도가 적음에도 불구하고 비만도의 증가에 따른 대사증후군 유병률 증가 경향은 유사한 것으로 나타났다. 이는 비만을 진단하는 기준이 되는 변수들, 즉 체중, %IBW 및 허리둘레가 대사 이상 증상의 유발에도 중요하게 작용하고 있음을 보여준다.

특히, 본 연구결과에서는 초등학생에 비해 중고등학생의 비만군의 비율은 증가하였으며 특히 MS 비만군의 비율은 유의하게 더 높음을 알 수 있었다. MS 비만군에 속하지는 않으나, 대사증후군 진단기준 5가지 항목에 해당되는 대상자의 분포 경향을 살펴본 결과, 허리둘레의 허용한계치에 해당하는 대상자의 비율은 초등학생이 중고등학생에 비해 높은 비율을 나타냈으나, 혈중 중성지방, HDL 콜레스테롤 농도 및 혈압은 중고등학생이 더 높은 비율을 보였다. 위의 결과로부터 연령이 증가함에 따라 허리둘레보다는 혈중지질 및 혈압으로 인한 대사 이상 증상 현상이 더욱 뚜렷해짐을 알 수 있었다.

고혈압은 비만 발생과 비례하여 유병률이 증가하는 대사증후군의 위험 인자 중 하나이며(Seong 2006), 본 연구 결과에서도 MS 비만군의 혈압이 정상체중군에 비해 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. 그러나 우리나라에서는 아직 소아 및 청소년의 혈압에 대한 정확한 자료가 부족하여 연령별 평균혈압을 확인할 방법이 없다. 혈압은 연령에 따라 평생에 걸쳐서 같은 백분위수로 지속할 가능성이 높기 때문에 혈압이 높은 소아 청소년이 성인이 되어 고혈압으로 갈 가능성이 높다고 한다(Seong 2006). 따라서 대사증후군 뿐만 아니라 성인이 되어 고혈압으로 인한 심혈관 질환 사망률을 줄이기 위해서는 소아 청소년기부터 혈압 상승의 유무를 발견하여 중재하는 것이 중요하다

인슐린 저항성이란 고혈압의 위험요인, 인슐린의 자극 하에서 혈중 포도당이 세포로 흡수되는 과정에서 생긴 이상 증상으로, 인슐린에 대한 반응이 정상보다 감소되어 있는 상태를 말한다. 공복 시 혈당과 인슐린의 수치에 근거하여 산출하는 HOMA-IR은 인슐린 저항성의 정도를 의미하는 지표로서 그 수치가 높으면 높을수록 인슐린 저항성이 상대적으로 더 높다는 사실을 의미한다. 또한, 대사증후군과 밀접한 관련이 있는 혈중 지질성분이 동맥경화의 위험요인으로 밝혀짐에 따라 혈중 콜레스테롤 비율을 이용한 Atherogenic Index(AI)가 동맥경화의 발병 가능성을 알려주는 지표로 활용되고 있다. 총콜레스테롤(TC, Total Cholesterol)이나 LDL-콜레스테롤 농도가 낮고 HDL-콜레스테롤 농도가 높을수록 AI 지수는 낮아지고 동맥경화증의 발병 가능성도 낮게 평가된다(Berg & Hostmark 1994).

본 연구 결과에서 나타난 바와 같이 특히, 소아 청소년에서 대사증후군이 아닌 과체중 혹은 비만 단계에서도 인슐린 저항성과 동맥경화 위험율(AI)이 정상체중군에 비해 유의하게 증가함을 알 수 있었다. 또한 HOMA-IR은 체중 및

%IBW와도 높은 양의 상관관계를 보였으며, 특히 대사증후군을 결정하는 인자로 알려진 허리둘레 및 혈중 중성지방과도 유의한 양의 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 최근 과체중 및 비만한 남녀 초등학생 80명을 대상으로 한 Lee 등(2006)의 연구에서도 나타난 바 있는데, 체질량지수가 높은 비만군이 수축기혈압, 중성지방, 공복 시 인슐린, HOMA-IR 및 심혈관 질환 위험지수가 높게 나타났고, HDL-콜레스테롤 농도는 낮게 나타났다. 본 연구에서도 허리둘레와 HOMA-IR 간의 유의한 양의 상관관계($r = 0.553$, $p < 0.001$)를 보였다.

특히, 허리둘레는 복부비만 즉 내장지방량(visceral adipose tissue)을 추정하는데 좋은 지표가 된다(Brambilla 등 2006). 허리둘레 측정으로 평가되는 복부비만은 성인의 비만으로 인한 심혈관 질환과 제2형 당뇨의 강한 예측 지표로 작용하고, 몇몇 연구(Ardern 등 2003; Zhu 등 2004)에서는 BMI와 함께 허리둘레를 사용하는 것이 대사적 위험을 더 잘 예측한다고 보고하였다. 그러나 최근 연구에서는 BMI가 아닌 허리둘레의 단독 사용이 비만과 관련된 건강 위험성을 더 잘 설명한다고 하였는데, 특히, 소아 및 청소년기에 있어 BMI 사용은 성장률과 성적 성숙단계 등 개인의 변화에 따라서 제한점을 갖는다(Janssen 등 2004). 실제로 어린 시절의 BMI 증가는 지방량보다는 근육량의 증가에 의해 더 크게 결정되기 때문이다. Maffeis 등(2003)은 비만한 소아 청소년에서 허리둘레가 공복시 혈당, 혈압 및 인슐린 저항성과 연관되어 있다고 밝혔으며, 8~17세의 소아 및 청소년을 대상으로 한 Lee 등(2006)의 연구에서도 허리둘레가 BMI percentiles 보다 복부비만 및 인슐린 저항성과 유의한 상관성이 있음이 밝혀졌다. 그러나, 허리둘레가 소아 및 청소년의 인슐린 민감도와 β-세포의 기능과 독립적으로 연관된 이유에 대해서는 아직까지 잘 알려져 있지 않다.

지난 10~20년 동안 비만을 진단하는데 있어서 허리둘레 사용의 유용성은 BMI 보다 훨씬 더 높게 평가되고 있으며 그 활용이 빠르게 확산되고 있다. Moreno 등(2009)은 소아기 대사 증후군의 스크리닝을 위한 최고의 신체계측 도구로 허리둘레를 사용해야 한다고 하였다. 본 연구에서도 대사증후군 진단기준에 따른 학년별 대상자 분포를 살펴본 결과 초등학생의 경우에는 허리둘레의 진단기준에 해당되는 대상자의 비율이 가장 많은 반면, 중고등학생 학생의 경우에는 중성지방 농도의 증가 및 HDL 콜레스테롤 농도 감소 등 혈중 지질농도의 변화 및 혈압 상승과 같은 생화학적 검사치의 변화에 따른 비율이 증가함을 보였다. 따라서, 아동의 복부비만은 심혈관 질환 및 대사적 질환의 건강 위험성을 알리는 중요한 예측 지표로 인식해야 할 것이다.

본 연구 결과에서 HOMA-IR은 혈청 ALT 농도와 양의 상관관계($r = 0.360$, $p < 0.001$)를 보였으며, MS 비만군에서 유의하게 높게 나타났다. 혈청 ALT 농도의 증가는 알코올성 간염, 약물에 기인한 간 기능장애, 자가 면역 간염 및 만성 바이러스성 간염 등 만성 간 질환에 의해서 증가한다. 그러나, 이러한 질환은 비교적 소아기에서는 거의 드물게 발생되므로, 비만한 어린이에 있어서 혈청 ALT 수준의 증가는 비알콜성 지방 간 질환(NAFLD, nonalcoholic fatty liver disease)에 의해서 나타날 확률이 매우 높다(Yuki 등 2009). 비록 NAFLD의 병인이 아직 완전히 밝혀지지는 않았지만, 인슐린 저항성과 NAFLD와의 관련성을 논의한 선행 연구들(Angelico 등 2005; Bugianesi 등 2005)에서는 비만한 소아 청소년들에 있어서 간세포의 지방 축적으로 인한 혈청 ALT 수준의 증가는 인슐린 저항성에 기인하여 발생하며, 그것은 대사증후군의 위험성 증가에 있어 중요한 방아쇠가 된다고 밝혔다. 실제로, Yuki 등(2009)의 연구에서 ALT 농도는 대사증후군을 가진 비만한 소아 청소년에서 유의하게 높게 나타났으며, 성별에 관계없이 인슐린 농도 및 HOMA-IR과 양의 상관관계를 보였다. 또한, 대사증후군을 가진 비만 그룹과 비그룹 간의 TG, HDL 콜레스테롤, 혈청 ALT 및 혈청 인슐린 농도에 있어서 유의한 차이를 보였으나 공복 시 혈당은 두 그룹간의 차이를 나타내지 않았다. 남자 청소년 1,446명을 대상으로 대사증후군 유병률을 조사한 Saito 등(2007)은 혈청 인슐린 농도는 인슐린 저항성을 강하게 반영하는 반면, 비정상적인 공복 시 혈당은 소아 청소년에 있어서 감지하기 어려울 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 혈청 ALT와 인슐린 농도가 소아 및 청소년의 대사증후군을 진단하는데 공복 시 혈당보다 우수함을 나타낸다. 본 연구 결과에서도 혈청 인슐린 농도 및 ALT 농도는 MS 비만군에서 유의하게 높게, HDL 콜레스테롤 농도는 유의하게 낮게 나타났으며, 대사증후군 진단 기준 5가지 항목의 대상자의 분포비율을 살펴본 결과 공복 시 혈당 수준의 허용한계치에 해당하는 대상자는 한명도 조사되지 않았다.

한편, Kadowaki 등(2006)의 연구에서는 대사증후군을 진단하는 또 하나의 마커로 adiponectin을 제안하였는데, adiponection 농도는 인슐린 저항성이 증가할수록 감소하게 된다. 그러나 adiponectin과 비교하여 ALT는 측정 분석이 용이하고, TG나 공복 시 혈당의 결과에 영향을 미치는 혈액 샘플링 시간에도 영향을 적게 받는다. 따라서 혈청 ALT는 인슐린 저항성의 수준을 근접하게 반영하므로 대사증후군 진단의 유용한 마커로서 이용 가치가 있으므로, 복부비만과 함께 소아 및 청소년의 대사적 질환의 위험성을 알리는 중요한 예측 지표로서의 활용 가능성이 검토되어야 할 것이다.

무엇보다 소아 및 청소년을 대상으로 한 대사증후군과 관련된 장기관찰 연구는 아직도 매우 드물다. 771명을 대상으로 25년간 추적 관찰한 Morrison 등(2007)에 따르면 소아 청소년기에 대사증후군으로 진단되었던 사람에서 심혈관 질환이 19.4%로 나타난 반면, 대사증후군이 없던 사람에서는 1.5%만이 심혈관질환에 이환되었다. 따라서 소아 청소년기에 대사증후군의 유무를 진단하여 이를 토대로 관리한다면 성인기의 심혈관 질환을 예지하는 데 큰 도움이 될 것이다.

본 연구 대상자의 1일 평균 에너지 섭취량은 평균 1,770 kcal/day로 이는 비만한 초등학생을 대상으로 한 Lee & Kim(2010)이 보고한 1일 에너지 섭취량(1,760 kcal/day)과 유사하였다. 한편, 2010 국민건강통계(Ministry of Health and Welfare 2011) 결과에 따르면 6~11세 및 12~18세 남녀학생의 1일 에너지 섭취량은 각각 1,632 kcal/day와 1,955 kcal/day로 보고된 바 있다.

대사증후군과 영양소 섭취량과의 관계를 살펴보면, 본 연구에서는 총지방산 섭취량과 다가불포화지방산의 섭취량을 제외한 모든 영양소 섭취량에서 MS 비만군과 정상체중군 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 지질 및 항산화 영양소와 인슐린 저항성과의 상관관계 분석에서도 다가불포화지방산을 제외한 대부분 영양소 섭취량과 HOMA-IR 간에는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 그러나 농촌지역 성인여성을 대상으로 한 연구(Chun 2006)에서는 에너지를 제외한 대부분의 영양소 섭취량이 대사증후군에서 더 높게 나타났으나 집단 간의 유의한 차이는 보이지 않았다고 하였으며, 성인남자를 대상으로 한 연구(Kim 2005)에서는 단백질, 섬유소 및 비타민 C의 섭취량이 대사증후군 유병율과 양의 상관관계가 있다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 비만군과 정상체중군 간에 주요 영양소 섭취량에 있어서 유의한 차이를 나타내지 않았는데, 비만 중학생을 대상으로 한 Jung 등(2005)의 연구 및 소아 청소년의 영양소 섭취량 평가에 관한 Livingstone 등(2004)의 연구에서도 본 연구와 유사한 결과를 제시하면서 비만아의 경우, 실제 섭취량보다 과소보고(under-report)하는 경향이 있음을 지적하였다.

대사증후군에 따른 영양소 섭취량의 질적 평가를 위해 영양소 적정 섭취비율(NAR)을 구하였다. 영양소 적정 섭취비율(NAR)에서는 비타민 E를 제외하고 MS 비만군과 정상체중군 간의 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이는 대사증후군을 가진 성인을 대상으로 한 Yoo & Kim(2008)의 연구에서도 동일한 결과를 나타냈다. 전체 대상자의 권장량 대비 75% 이하로 섭취하는 영양소를 살펴보면 섬유소, 칼슘, 인, 비타민 C 및 엽산으로 조사되었고, 특히 칼륨과 엽산의 섭취비율은 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군에서 가장 적게 섭취하고 있는 것으로 나타났다.

대사증후군과 식사요인과의 관련 연구는 다양하게 보고되고 있다. Devaraj 등(2008)은 고열량, 고지방의 섭취가 산화적 스트레스를 증가시켜 대사증후군의 위험도를 증가시킨다고 하였으며, Chen 등(2008)의 연구에서는 열량 및 지방의 과잉 섭취가 비만도를 증가시키고, 혈중지질농도를 높여 대사증후군의 위험도를 높이는데 기여하기 때문에 지방을 30% 이하로 섭취할 것을 권고하고 있다. 또한 Warendjö 등(2006)은 지방과 포화지방의 섭취량을 줄이는 식사를 실천했을 때 혈중 콜레스테롤 수치가 유의하게 감소되었음을 보고하면서, 포화지방산의 섭취를 줄이고 다가 불포화지방산의 섭취량을 늘릴 것을 권장하고 있다. 지방 섭취량을 조사하여 인슐린 저항성과 대사증후군의 관계를 살펴본 Riccardi 등(2004)도 고열량 및 고지방 섭취가 인슐린 저항성을 악화시키므로 열량 밀도를 낮추고, 포화지방을 단일불포화지방산 또는 다가불포화지방산으로 대체할 것을 권고하였다.

Hoffmann & Cubeddu(2008)의 연구에서는 나트륨 섭취가 증가할수록 대사증후군 유병률이 유의하게 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서는 정상체중군과 MS 비만군의 나트륨 섭취량에 유의한 차이가 없었으나, 세 군 모두 높은 나트륨 섭취량을 보였다. 특히 한국전통식은 염분의 과량 섭취가 쉬워 상한 섭취량을 초과하는 대상이 성인 남녀 각각 67.5% 및 52.5%로 매우 높은 수준이며, 이는 대사증후군 위험성을 상승시키는 원인이 되고 있다(Park 등 2008). 또한, 나트륨의 높은 섭취가 전체적인 음식 섭취량을 증가시켜 과식으로 인한 열량의 과잉 섭취가 동반될 것을 예상할 수 있고, 나트륨의 과잉 섭취 자체로도 심혈관질환의 위험도를 높인다는 Miller 등(2006)의 연구도 이러한 심각성을 지지해 준다. 그러나 본 연구에서는 대사증후군과 비대사증후군 간에 식사요인에 있어서 유의한 차이를 발견하지 못하였다.

또한 본 연구에서는 MS 비만군에서 타우린의 섭취가 가장 낮게 조사되었는데, Yang 등(2010)은 타우린이 혈중 콜레스테롤 개선에 효과가 있으며, 고지방 및 고콜레스테롤 식습관으로 인해 상승된 혈청 AST와 ALT 수치를 낮춘다고 보고하였으므로 타우린 섭취량과 대사증후군과의 관련성에 대해서는 추후 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 대상자의 규모가 작고 연령별로 다양하게 구성되어 있어 본 연구 결과를 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 대상자의 평소 영양소 섭취량을 대변하기에 1일간의 식사조사 결과가 부족할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 자발적 참여의사를 가진 소아 청소년을 대상으로 혈액분석과 식사조사를 통하여 인슐린저항성과 영양소 섭취량간의 관계를 살펴봄으로써 대사질환의 예방을

위한 영양교육 및 중재 프로그램 마련에 필요한 기초자료를 제공했다는데 의의가 있다.

이상의 연구결과에서 동물성 지방 및 콜레스테롤의 높은 섭취량 뿐만 아니라 나트륨의 과잉 섭취는 대사이상 질환을 유발하는 중요한 식이요인 중 하나이며, 이는 한국인의 전통적인 식생활 습관에서 초래될 가능성이 높은 위험 요인이다. 따라서 소아 청소년기의 대사증후군의 위험을 감소시키기 위하여 열량 섭취뿐만 아니라 지방과 나트륨의 섭취량을 감소시키고 다가불포화지방산의 섭취를 증가시켜야 할 것이다. 이를 위하여 초등학교 및 중고등학교에서 학교급식을 통한 영양적 식단 제공 뿐만 아니라, 가정에서의 아침과 저녁식사 및 간식 등의 선택에서도 적용할 수 있는 영양교육이 우선되어야 할 것이다.

요약 및 결론

본 연구는 비만군에 따른 소아 및 청소년의 신체구성, 혈액 특성 및 영양소 섭취량을 평가해보고, 인슐린 저항성과의 관련성을 분석하기 위하여 7~19세의 남녀학생 총 137명 (남 59명, 여 78명)을 대상으로 수행하였다.

1) 대상자의 평균연령은 12.6세였으며, 정상체중군, 비만군 및 MS 비만군의 %IBW는 각각 94.9%, 123.8% 및 131.5%로 세 군 간의 유의한 차이를 보였다. 또한 체중, %IBW, 허리둘레, 엉덩이둘레, 허리엉덩이둘레비(WHR, Waist-Hip Ratio), 상완위둘레, 체표면적 및 근육량(kg)은 MS 비만군에서 유의하게 가장 높은 값을 보였으며, 수축기혈압(정상체중군 102.7 mmHg vs 비만군 105.7 mmHg vs MS 130.9 mmHg)과 이완기혈압(정상체중군 64.0 mmHg vs 비만군 66.7 mmHg vs MS 84.1 mmHg)도 MS 비만군에서 유의하게 높게 나타났다.

2) 인슐린 저항성 지표인 HOMA-IR은 모든 신체 계측치들과 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며, 특히 허리둘레($r = 0.553$), 상완위둘레($r = 0.501$), 체중($r = 0.498$) 및 %IBW($r = 0.453$)의 순으로 높은 양의 상관관계를 나타냈다($p < 0.001$). 혈액 검사치 간에는 인슐린 농도($r = 0.995$), 혈중 중성지방($r = 0.634$), atherogenic index($r = 0.513$), 공복 시 혈당($r = 0.491$) 및 ALT($r = 0.360$)의 순으로 높은 양의 상관관계를 보였으며($p < 0.001$), HDL 콜레스테롤($r = -0.417$, $p < 0.001$)은 음의 상관관계를 나타냈다.

3) 1일 평균 에너지 섭취량은 정상체중군(1,783 kcal/day), 비만군(1,752 kcal/day) 및 MS 비만군(1,762 kcal/day)간의 유의한 차이는 없었으며, 두 비만군의 총지방산 섭취량은 정상체중군에 비하여 유의하게 높은 반면, 타우린의 섭취량은 정상체중군에 비하여 유의하게 낮았다.

4) 연구 대상자의 식사의 질을 평가하기 위한 영양소 적정섭취비율(NAR)을 산출한 결과 0.7 미만으로 조사된 영양소는 섬유소, 칼슘, 철, 칼륨, 비타민 C 및 엽산(NAR 각각 0.66, 0.61, 0.76, 0.48, 0.67 및 0.47)으로 나타났으며, 전체 대상자의 나트륨의 섭취량은 가장 높은 NAR 값(2.51)을 나타냈다.

5) 지질 및 항산화 비타민 섭취량과 인슐린 저항성과의 상관관계를 분석한 결과, HOMA-IR은 다가불포화지방산($p < 0.05$)의 섭취량과 유의한 양의 상관관계를 보였다.

이상의 연구 결과를 토대로, 소아 및 청소년에 있어서 TG, atherogenic index 및 체중 뿐만 아니라 복부비만을 진단하는 기준인 허리둘레와 혈청 ALT 농도는 심혈관 질환 및 대사이상 질환을 예방하기 위한 중요한 예측지표로서 활용 가능성이 검토되어야 할 것이다. 또한, 비만한 소아 청소년의 경우 에너지 및 지방의 과다 섭취 뿐만 아니라, 높은 나트륨 섭취량은 대사 이상 증상을 유발하는 위험 요인이다. 따라서 잘못된 식습관으로 인한 고혈압, 당뇨병 및 심장질환과 같은 만성질환으로의 진행을 예방하기 위해서는 영양소 섭취 조절과 병행하여 식사의 질을 고려한 불규칙한 식사 습관 교정에 대한 집중적인 교육이 필요할 것이다. 또한, 비만의 진단기준 미만에서도 대사증후군에 해당하는 요소의 위험성이 높으므로 비만관련 질병을 예방하기 위해서는 비만 고위험군의 재설정을 고려해 볼 필요가 있다. 그러므로 비만을 예방하고 관리하기 위한 중재 프로그램은 비만아동 뿐만 아니라 비만하지 않은 경계 영역의 아동을 반드시 포함시켜야 하며, 대사질환의 예방 및 치료를 위한 구체적인 실천방향을 제시하여 소아 청소년기의 대사증후군 유병율 감소를 위한 노력을 기울여야 할 것이다.

참 고 문 헌

Angelico F, Del Ben M, Conti R, Francioso S, Feole K, Fiorello S, Cavallo MG, Zalunardo B, Lirussi F, Alessan Dri C (2005): Insulin resistance, the metabolic syndrome and nonalcoholic fatty liver disease. *J Clin Endocrinol Metab* 90: 1578-1582

Ardern CI, Katzmarzyk PT, Janssen I, Ross R (2003): Discrimination of health risk by combined body mass index and waist circumference. *Obes Res* 11: 135-142

Berg JE, Hostmark AT (1994): Cardiovascular risk determination: discrepancy between total cholesterol evaluation and two compound laboratory indices in Norway. *J Epid Community Health* 48: 338-343

Brambilla P, Bedogni G, Moreno LA, Goran MI, Gutin B, Fox KR (2006): Cross validation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. I*nt J Obs* 30: 23-30

Bugianesi E, Gastaldelli A, Vanni E, Gambino R, Cassader M, Baldi S, Ponti V, Pagano G, Ferrannini E, Rizzetto M (2005): Insulin resistance in non-diabetic patients with non-alcoholic fatty liver disease: Sites and mechanisms. *Diabetologia* 48: 634-642

Chen CM, Zhao W, Yang Z, Zhai Y, Wu Y, Kong L (2008): The role of dietary factors in chronic disease control in China. *Obes Rev* Suppl 1: 100-103

Chu MA, Choe BH (2010): Obesity and metabolic syndrome among children and adolescents in Korea. *J Korean Med Assoc* 53(2): 142-152

Chun IY (2006): Comparison of obesity rate, dietary behavior, nutrient intake and blood profile related to metabolic syndrome of adult women in rural area. Dissertation, Chosun University

Chung HK, Kang JH, Shin MJ (2010): Assessment for nutrient intakes in Korean women according to obesity and metabolic syndrome. *Korean J Community Nutr* 15(5): 694-703

Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH (2003): Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med* 157: 821-827

Devaraj S, Wang-Polagruto J, Polagruto J, Keen CL, Jialal I (2008): Highfat, energy-dense, fast-food-style breakfast results in an increase in oxidative stress in metabolic syndrome. *Metabolism* 57: 867-870

Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Curtin L (2010): Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2008. *JAMA* 330(3): 235-241

Ford ES, Giles WH (2003): A comparison of the prevalence of the metabolic syndrome using two proposed definitions. *Diabetes Care* 26: 575-581

Ford ES, Li C (2008): Defining the metabolic syndrome in children and adolescents: will the real definition please stand up? *J Pediatr* 152: 160-164

Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS (1972): Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502

Gibson RS (1990): Evaluation of nutrient intake data. In principles of nutritional assessment. Oxford University Press, New York, pp.137-154

Guthrie HA, Scheer JC (1981): Validity of a dietary score for assessing nutritive adequacy. *J Am Diet Assoc* 78(3): 240-245

Heymsfield SB, McManus CB, Smith J, Stevens V, Nixon DW (1982): Anthropometric measurement of muscle mass, revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 36(4): 680-690

Hoffmann IS, Cubeddu LX (2008): Salt and the metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 13: 1-6

Jang Y, Kim OY, Ryu HJ, Kim JY, Song SH, Ordovas JM, Lee JH (2003): Visceral fat accumulation determines postprandial lipemic response, lipid peroxidation, DNA damage, and endothelial dysfunction in nonobese Korean men. *J Lipid Res* 44: 2356-2364

Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R (2004): Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *Am J Clin Nutr* 79: 379-384

Jung GY, Lee YS, Kim SM (2005): The study of dietary behavior, BMI and nutrient intake status in middle school students of Daegu area. *East Asian Society of Dietary Life* 15: 1-10

Kadowaki T, Yamauchi T, Kubota N, Hara K, Ueki K, Tobe K (2006): Adiponectin and adiponectin receptors in insulin resistance, diabetes and the metabolic syndrome. *J Clin Invest* 116: 1784-1792

Kim KH (2005): Effects of eating habits and control of overeating of obese children on body weight control program. *Korean J Food Culture* 20(4): 476-486

Korea Centers 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 chart). Government report online. Seoul: Division of Chronic Disease Surveillance; 2007 November. Available from: http://www.cdc.go.kr/

Lee EJ, Kim KH (2010): Changes of obesity index, serum lipid profiles and nutrient intakes in obese children after the weight control program of nutrition education. *Korean J Community Nutr* 15(1): 61-72

Lee S, Bacha F, Gungor N, Arslanian SA (2006): Waist circumference is an independent predictor of insulin resistance in black and white youths. *J Pediatr* 148: 188-94

Livingstone MB, Robson PJ, Wallaoe JM (2004): Issues in dietary intake assessment of children and adolescents. *Br J Nitr* 2: S213-222

Maffeis C, Corciulo N, Livieri C, Rabbone I, Trifiro G, Falorni A (2003): Waist circumference as a predictor of cardiovascular and metabolic risk factors in obese girls. *Eur J Clin Nutr* 57: 566-572

Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC (1985): Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 28: 412-419

Miller ER, Erlinger TP, Appel LJ (2006): The effects of macronutrients on blood pressure and lipids an overview of the DASH and OmniHeart trials. *Curr Atheroscler Rep* 8: 460-465

Ministry of Health and Welfare (2011): National health and nutrition survey: overview. Seoul, South Korea: Ministry of Health and Welfare

Moreno LA, Pineda I, Rodriguez G, Fleta J, Sarria A, Bueno M (2009): Waist circumference for the screening of the metabolic syndrome in children. *Acta Paediatr* 91: 1307-1312

Morrison JA, Friedman LA, Gray-McGuire C (2007): Metabolic syndrome in childhood predicts adult cardiovascular disease 25 years later: the Princeton Lipid Research Clinic Followup Study. *Pediatrics* 120: 340-345

Park JS, Park ES (2008): Prevalence of metabolic syndrome and nutrient intakes of obese middle school students in Korea. *Korean Assoc Human Ecolo* 17(1): 159-170

Park YS, Lee DH, Choi JM, Kang YJ, Kim CH (2004): Trend of obesity in school age children in Seoul over the past 23 years. *Korean J Pediatr* 47: 247-57

Park YS, Son SM, Lim WJ, Kim SB, Chung YS (2008): Comparison of dietary behaviors related to sodium intake by gender and age. *Korean J Community Nutr* 13: 1-12

Popkin BM, Conde W, Hou N, Monteiro C (2006): Is there a lag globally in overweight trends for children compared with adults? *Obesity* 14: 1846-1853

Reaven GM (1988): Do high carbohydrate diets prevent the development or attenuate the manifestations (or both) of syndrome X? A viewpoint strongly against. *Curr Opin Lipidol* 8: 23-27

Pi-Sunyer X (2007): The metabolic syndrome: how to approach differing definitions. *Med Clin North Am* 91: 1025-1040

Riccardi G, Giacco R, Rivellese AA (2004): Dietary fat, insulin sensitivity and the MS. *Clin Nutr* 23: 447-456

Saito I, Mori M, Shibata H, Hirose H, Tsujioka M, Kawabe H (2007): Prevalence of metabolic syndrome in young men in Japan. *J Atheroscler Thromb* 14: 27-30

Seo JW, Jung JA, Park HS, Ko JS, Kim YJ, Kim JY, Ryoo E, Bae SH, Sim JG, Yang HR, Choe BH, Cho KY (2008): Assessment of modifiable lifestyle factors for obese children and adolescents through questionnaires. *Korean J Pediar* 51: 576-583

Seong EJ (2006): Metabolic syndrome of Korean children and adolescents. Dissertation, Seoul National University, pp.43-44

Shai I, Schwarzfuchs D, Henkin Y, Shahar DR, Witkow S, Greenberg I, Golan R, Fraser D, Bolotin A, Vardi H, Tangi-Rozental O, Zuk-Ramot R, Sarusi B, Brickner D, Schwartz Z, Sheiner E, Marko R, Katorza E, Thiery J, Fiedler GM, Blher M, Stumvoll M, Stampfer MJ; Dietary Intervention Randomized Controlled Trial (DIRECT) Group (2008): Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet. *N Engl J Med* 359(3): 229-241

Srinivasan SR, Bao W, Watt igney WA, Berenson GS (1996): Adolescent overweight is associated with adult overweight and related multiple cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Metabolism* 45: 235-40

Styne DM (2001): Childhood and adolescent obesity. Prevalence and significance. *Pediatr Clin North Am* 48: 823-54

The Korea Health Industry Development Institute (2010): National food and nutrition statitics

The Korean Society of Nutrition (2010): Dietary reference intake for Koreans

Yang SF, Tzang BS, Yang KT, Hsiao YC, Chang YY, Chan CH, Fu SG, Chen YC (2010): Taurine alleviates dyslipidemia and liver damage induced by a high-fat/cholesterol-dietary habit. *Food Chemisty* 120: 156-162

Yoo HJ, Kim YH (2008): A study on the characteristics of nutrient intake in metabolic syndrome subjects. *Korean J Nutr* 41(6): 510-517

Yuki Abe, Toru Kikuchi, Keisuke Nagasaki, Makoto Hiura, Yukie Tanaka, Tohei Ogawa, Makoto Uchiyama (2009): Usefulness of ALT for diagnosis of metabolic syndrome in obese. *Theroscler Thromb* 16: 902-909

Warensjö C, Sundström J, Lind L, Vessby B (2006): Factor analysis of fatty acids in serum lipids as a measure of dietary fat quality in relation to the metabolic syndrome in men. *Am J Clin Nutr* 84: 442-448

Webber LS, Srinivasan SR, Wattigney WA, Berenson GS (1991): Tracking of serum lipids and lipoproteins from childhood to adulthood. The Bogalusa Heart Study. *Am J Epidemiol* 133: 884-99

Zhu S, Heshka S, Wang Z, Shen W, Allison DB, Ross R (2004): Combination of BMI and waist circumference for identifying cardiovascular risk factors in whites. *Obes Res* 12: 633-645