

# Comparison of physical fitness, metabolic syndrome risk factors, and resting metabolic rate according to body mass index and percent body fat in 20s females

Chang-Kyu Choi, Hyun-Seok Cho, & Man-Gyoon Lee\*

*Kyung Hee University*

**[Purpose]** The present study compared physical fitness, metabolic syndrome risk factors, and resting metabolic rate (RMR) according to body mass index (BMI) and percent body fat (%BF) in 20s females. **[Methods]** Fifty-one women in their 20s were recruited and assigned into three groups, i.e., normal group ( $n=18$ ), normal weight obesity (NWO) group ( $n=18$ ), and obesity group ( $n=15$ ) according to BMI and %BF. Physical fitness, metabolic syndrome risk factors, and RMR were measured and compared among three groups. **[Results]** Main results were as follows: 1) Physical fitness were not significantly different among three groups. 2) Regarding 1-RM, arm curl and leg extension were significantly lower in normal group and NWO group than obesity group. Leg press was significantly lower in normal group than obesity group. 3) Regarding metabolic syndrome risk factors, there were significant differences in waist circumference, ordering from low to high such as normal, NWO, and obesity groups. Systolic blood pressure and diastolic blood pressure were significantly lower in normal group and NWO group than obesity group, while HDL-C was significantly higher in normal group than NWO group and obesity group. 4) Regarding RMR, absolute values of RMR such as  $VO_2(\text{ml}\cdot\text{min}^{-1})$ , RMR ( $\text{Kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ), RMR ( $\text{KJ}\cdot\text{min}^{-1}$ ), and RMR ( $\text{Kcal}\cdot\text{day}^{-1}$ ) were significantly lower in normal group and NWO group than obesity group. On the other hand, relative value of RMR such as RMR ( $\text{KJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}\cdot\text{h}^{-1}$ ) was significantly higher in normal group than NWO group and obesity group. **[Conclusions]** It was concluded that obese women showed increased risk of metabolic syndrome and low relative RMR level, and NWO had similar problems. Active health management through physical activity and dietary control should be committed to NWO individuals because the NWO has possibility of high risk of metabolic syndrome and reduction of metabolic rate from 20s even though there was no problem in their external appearance.

**Key words:** Obesity, Normal weight obesity, Physical fitness, Metabolic syndrome, RMR.

## 서론

국내 20~30대 여성은 체형과 외모를 관리하기 위하여 매우 낮은 체질량지수(body mass index: BMI)를

원하고 있으며, 이를 달성하고 유지하기 위한 방법으로 대부분 식이섭취의 과도한 제한을 통한 체중 관리를 시도하는 것으로 보고되었다(Seo et al., 2016; Korean Centers for Disease Control and Prevention, 2016). 식이섭취의 제한은 단기간의 체중 감소의 결과를 가져오며(Lee & Lee, 2016), 충분한 신체활동이 수반되지 않으면 체성분의 불균형이 나타난다. 이는 체

논문 투고일 : 2018. 04. 10.

논문 수정일 : 2018. 05. 14.

게재 확정일 : 2018. 07. 17.

\* 교신저자 : 이만균(mlee@khu.ac.kr).

질량지수가 정상이면서 체지방률이 높아 일반 비만의 특성을 나타내는 정상체중 비만(normal weight obesity: NWO)을 초래하고(Renzo et al., 2010), 주로 젊은 여성에게서 나타나며, 국내에서는 이를 흔히 마른 비만이라고 명명한다(Jeon et al., 2015).

NWO는 외관상 체중과 BMI가 정상범위에 있지만 낮은 근육량과 높은 체지방률로 인하여 체지방률이 정상범위보다 높은 상태를 의미하며(De Lorenzo et al., 2006), 그 결과 일반비만 못지않게 다양한 대사적 문제점이 나타나는 것으로 보고되었다(Renzo et al., 2010). 즉, NWO는 일반비만과 마찬가지로 높은 수준의 산화스트레스에 노출되고 심혈관질환과 고지혈증의 위험률이 증가되며 인슐린 저항성이 악화되어 대사증후군 유행률 증가로 이어진다는 것이다(Batsis et al., 2014). 이와 관련하여, Jeon et al.(2015)은 일반비만은 물론 NWO 또한 정상집단에 비하여 체력수준이 낮고 인슐린 저항성과 혈중 지질 특성이 유의하게 악화되어 있다고 보고한 바 있다. 이와 함께 장기간 체중 감소로 인하여 유발되는 골격근의 약화는 여성이 폐경기가 되었을 때 각종 질환의 발병률을 높이는 주된 원인으로 보고되었다(Kim et al., 2013). 따라서 NWO는 일반비만과 동일한 대사적 질환으로 인식되어야 하며, 이를 해소하기 위한 다양한 방법이 강구되어야 할 것이다.

비만에 기인한 다양한 대사적 질환을 개선하기 위해서는 체중 조절이 필수적이며, 이를 위하여 에너지 섭취량과 에너지 소비량 간의 균형 관계를 파악하는 것이 매우 중요하다(McNeil & Doucet, 2012). 일일 에너지 소비량을 구성하는 요소에는 기초대사량(resting metabolic rate: RMR), 음식의 열량 효과(thermic effect of a meal: TEM), 그리고 신체 활동의 열량 효과(thermic effect of a physical activity: TEPA)가 있다(Stiegler & Cunliffe, 2006). 이 중 RMR은 신체기능의 유지에 필요한 최소한의 열량으로서 일일 에너지 소비량의 60~70%에 해당되는 가장 큰 부분을 차지한다(Huang et al., 2004). 이와 같은 RMR은 연령, 성별, 체중, 체지방률, 체지방률, 운동량, 체온, 호르몬, 그리고 월경주기 등 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다(Kizilay et al., 2016).

RMR에 영향을 주는 여러 가지 요인 중 체지방률과 체지방률이 가장 중요한 것으로 보고되었다. 이와 관련하여, Ruggiero & Ferrucci(2006)는 RMR과 체지방

량 간에 유의한 정적 상관관계(positive correlation)가 있다고 보고하였고, McMurray et al.(2014)은 정상집단과 비만집단의 RMR을 조사한 결과 체지방률에 따라 RMR이 결정된다고 보고하였으며, Johnstone et al.(2005)은 체지방률뿐만 아니라 체지방률 또한 RMR에 큰 영향을 준다고 보고하였다. 이와 같은 선행 연구들은 체지방률 뿐만 아니라 체지방률 또한 RMR과 매우 밀접한 관계가 있다는 것을 시사한다. 전술한 다양한 요인 중 여성의 경우 월경주기에 따른 체온의 변화도 RMR에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Davidsen et al., 2007). 따라서 체온의 변화가 가장 안정적인 배란 전 1주일인 난포기에 RMR을 측정하는 것이 매우 중요하다(Henry et al., 2003). 이와 같은 점을 고려하여 이 연구에서는 모든 대상자가 난포기에 RMR을 측정하도록 함으로써 RMR 측정을 위한 개인 간 조건의 차이를 최소화하고자 하였다.

RMR의 지속적인 감소는 일일 에너지 소비량 감소의 주된 원인인 동시에 비만으로 이어지는 주 위험요소이기 때문에 RMR을 높은 수준으로 유지하는 것이 매우 중요하다(Speakman & Selman, 2003). NWO의 경우 주로 식이섭취의 제한을 통하여 체중 감량을 하기 때문에 골격근 수치가 낮아지며, 그 결과 RMR이 낮아지고 BMI에 비하여 높은 체지방률을 나타낼 가능성이 커진다. 이와 같은 부정적인 습관을 장기간에 걸쳐 지속할 경우 연령 증가와 폐경에 따른 호르몬의 부정적인 변화와 더해져 각종 대사적 질환의 위험성이 매우 높아질 수 있기 때문에 20대부터의 RMR의 수준을 정확하게 평가하고 관리하는 것이 중요하다(Leeners et al., 2017).

최근 외관상 문제가 없어 보이지만 실제로는 비만으로 분류되는 NWO의 위험성을 파악하기 위하여 NWO의 산화 스트레스 수준, 혈중 지질, 인슐린 저항성, 그리고 심혈관질환 위험요인을 조사한 연구가 수행되었다(Renzo et al., 2010; Batsis et al., 2014; Jeon et al., 2015). 그러나 NWO, 즉 마른비만자를 대상으로 하여 대사증후군 위험요인과 RMR을 평가한 연구는 매우 부족한 실정이다. RMR은 전술한 바와 같이 일일 에너지 소비량의 가장 큰 부분으로서 비만 여부를 결정짓는데 큰 영향을 미칠 것으로 추정되는 바, 이 연구는 NWO의 특성을 이해하는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 이 연구에서는 20대 여성을 대상으로 하여 BMI와 체지방률에 따라 체력, 대사증후군 위험요인, 그리고

RMR을 비교·분석하고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상자

이 연구의 대상자는 G도에 거주하는 20대 여성 51명이었다. 집단은 Renzo et al.(2010), Kim et al.,(2014), Jeon et al.(2015), 그리고 Lim et al.(2016)의 연구를 참고하여 결정하였으며, BMI가  $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  미만이면서 체지방률이 28% 이하인 정상집단(Normal) 18명, BMI가  $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  미만이면서 체지방률이 28% 이상인 NWO집단 18명, 그리고 BMI가  $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  이상이면서 체지방률이 28% 이상인 Obesity집단 15명으로 구성하였다. 각 집단의 대상자 수는 관련 선행 연구(De Lorenzo et al., 2006; Jeon et al., 2015)를 참고하여 효과크기(effect size)를 산출하여 유의수준 .05, 검정력 80%로 설정 후 필요한 총 표본수를 산출하였다. 실험에 앞서 연구의 목적과 절차에 대하여 충분한 설명을 한 후, 이를 이해하고 자발적으로 연구에 참가하고자 하는 자로부터 검사동의서를 받은 후 실험에 참가하도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>에 제시된 바와 같다.

### 측정 항목과 방법

모든 대상자는 측정을 위하여 K대학교 운동생리학 실험실에 각 2회씩 방문하였다. 1차 측정일에는 측정 전

24시간 이상 과도한 신체활동, 흡연, 그리고 음주를 통제하였으며, 체격과 신체구성, 그리고 체력 측정을 측정하였다.

2차 측정일에는 방문 전 48시간 동안 고강도의 운동을 금하고, 12시간 이상 금식을 하며, 7시간 이상 숙면을 취한 상태에서 교통수단을 이용하여 실험실에 오도록 한 뒤 채혈을 하고 대사증후군 위험요인과 RMR을 측정하였다. 측정은 연구진과 보조자에 의해 실시되었으며, 측정 중 실험실 내부의 온도와 습도를 각각  $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ 와 40~60%로 유지하였다. 특히, RMR에 미치는 월경주기의 영향을 최소화하기 위하여 모든 대상자들이 난포기(5~12일)에 방문하도록 하였다(Henry et al., 2003). 구체적인 측정항목과 방법은 다음과 같다.

#### 1) 체격

신장은 수동식 일반 신장계(Samhwa, 한국)를 이용하여, 신발을 벗고 최대한 바르게 선 자세에서 시선은 전방을 보도록 한 후 측정하였다. 체중은 전자식 지시저울(CAS-150, 한국)을 이용하여, 가벼운 복장을 입고 신발을 벗도록 한 후 측정하였다. 체중(kg)을 신장의 제곱( $\text{m}^2$ )으로 나누어 BMI를 산출하였다.

#### 2) 신체구성

체성분 분석기(X-scan plus, Jawon Medical, 한국)를 이용하여 신체전기저항법으로 신체구성 관련 변인을 측정하였다. 간편한 복장을 입고 금속 액세서리를 제거한 상태에서 양발이 전극 판에 정확하게 위치하도록 하고, 양 손으로 손잡이를 잡고 양 팔을 가볍게 벌린 상태에서 엄지손가락으로 전극스위치를 가볍게 누르게 하

Table 1. Physical characteristics of participants

(mean±SD)

Variables	Groups			F	P
	Normal (n=18)	NWO (n=18)	Obesity (n=15)		
Age (yrs)	22.72±1.49	23.10±2.00	22.80±1.70	.248	.782
Height (cm)	159.88±4.68	161.33±5.55	160.71±4.66	.381	.685
Body weight (kg)	51.16±4.18 <sup>a</sup>	59.53±5.08 <sup>b</sup>	67.65±6.74 <sup>c</sup>	39.056	.000 <sup>***</sup>
Body mass index ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	20.06±1.52 <sup>a</sup>	22.84±1.16 <sup>b</sup>	26.14±1.59 <sup>c</sup>	74.422	.000 <sup>***</sup>
Percent body fat (%)	23.29±2.56 <sup>a</sup>	29.69±1.51 <sup>b</sup>	32.57±2.13 <sup>c</sup>	85.167	.000 <sup>***</sup>
Fat mass (kg)	11.99±2.06 <sup>a</sup>	17.67±1.71 <sup>b</sup>	22.13±3.52 <sup>c</sup>	69.426	.000 <sup>***</sup>
Fat-free mass (kg)	39.17±2.50 <sup>a</sup>	41.85±3.74 <sup>b</sup>	45.52±3.52 <sup>c</sup>	15.335	.000 <sup>***</sup>

NWO: normal weight obesity; \*\*\* $P$ .001; a, b, c: different alphabet indicates a difference between groups

였다. 신체구성 변인으로 체지방률(%), 체지방량(kg), 그리고 제지방량(kg)을 측정하였다.

### 3) 체력

근력 평가를 위하여 1-RM(repetition maximum)을 측정하였고, 국민체력실태조사(Korean Ministry of Culture, Sports and Tourism, 2013)에서 실시한 검사항목인 악력, 윗몸일으키기, 제자리멀리뛰기, 그리고 앉아윗몸앞으로굽히기를 측정하였으며, 아울러 평형성을 평가하기 위해 눈감고외발서기를 측정하였다.

#### (1) 1-RM

근력을 평가하기 1-RM 검사를 실시하였다. 검사항목은 chest press, arm curl, lat pull-down, leg press, leg extension, 그리고 leg curl이었다(Heyward, 2010). 연구 대상자가 운동경험이 적은 20대 여성임을 감안하여 부상 위험을 줄이고자 최대하부하에서 실시한 최대반복횟수를 Brzycki(1993)의 1-RM 추정식에 적용하여 1-RM을 산출하였다.

▶  $1\text{-RM} = \text{들어올린 중량(kg)} \div [1.0278 - (\text{반복 횟수} \times 0.0278)]$

#### (2) 악력

악력계(TKK 5001, Takei, 일본)를 사용하여 악력을 측정하였다. 악력을 측정하기 위해 바르게 선 후 양팔을 몸에서 5~6 cm 떨어지게 하였다. 손가락 두 번째 마디를 악력계 손잡이에 걸고 몸을 움직이지 않고, 손에만 힘을 주도록 하였다. 양 손을 각각 2회씩 측정하여 높은 값을 kg 단위로 기록하였다.

#### (3) 윗몸일으키기

매트 위에 등을 대고 편안하게 누운 상태에서 발바닥을 바닥에 붙이고 무릎의 각도를 직각이 되도록 하였다. 양 손을 머리 뒤에 두고 각지를 끼게 하고 배에 힘을 주어 윗몸을 일으키면서 양 팔꿈치가 무릎에 닿는 것을 1회로 하여 1분 동안 최대한 빠른 속도로 반복한 횟수를 측정하였다.

#### (4) 제자리멀리뛰기

준비 자세에서 기준선을 밟지 않도록 하고, 양 발을 어깨넓이 정도 위치하게 한 후 준비를 하도록 하였다. '시작'과 동시에 최대한 동시에 발을 내딛으며 멀리 뛰도록 하며, 착지된 뒷발의 뒤꿈치를 기준으로 측정하였다.

2회 측정하여 높은 측정값을 cm 단위로 기록하였다.

#### (5) 눈감고외발서기

양 팔을 어깨와 수평이 되게 벌리고 똑바로 선 자세에서, 눈을 감은 상태에서 한 쪽 발로 바닥을 딛고 다른 한 발은 무릎의 각도가 90°가 되게 들게 한 후 버티는 시간을 측정하였다. 무릎의 각도가 45° 이하로 떨어지거나 바닥의 발이 움직이는 경우 종료하였다. 양 발을 총 2회씩 실시하여 높은 시간을 초 단위로 기록하였다.

#### (6) 앉아윗몸앞으로굽히기

좌전굴계(FT-7300, Donghwa, 한국)를 이용하여 측정하였다. 신발을 벗고 발판에 양 발을 모아 뒤꿈치를 붙이고 양 엄지손가락을 붙인 후 숨을 내뿜으면서 좌전굴계를 일정한 속도로 최대한 밀도록 하였다. 양 팔을 최대한 뻗어 가운데 손가락이 닿는 지점을 cm 단위로 측정하였으며, 무릎을 굽히거나 반동을 주지 않도록 하였다. 2회 측정하여 높은 측정값을 기록하였다.

### 4) 대사증후군 위험요인

#### (1) 허리둘레

복부비만을 평가하기 위하여 허리둘레(waist circumference)를 측정하였다. 대상자가 정면을 바라본 상태에서 발을 약간 벌린 자세로 편하게 숨을 내쉬도록 한 후 배꼽 높이에서 수평으로 측정하였다. 측정 시 줄자가 연부조직에 압력을 주지 않을 정도로 팽팽하지 않게 측정하였으며, 0.1 cm 단위로 기록하였다.

#### (2) 혈압

대상자가 10분 이상 안정을 취하도록 한 후 수은 혈압계(SK, Welch Allyn, company, 독일)를 이용하여 수축기 혈압(systolic blood pressure: SBP)과 이완기 혈압(diastolic blood pressure: DBP)을 측정하였다. 5분 간격으로 2회에 걸쳐 측정하였고, 이 값에 대한 평균을 산출하여 결과 값으로 기록하였다.

#### (3) 채혈과 혈액 분석

전문 간호사가 1회용 주사기를 이용하여 상완 주정맥에서 7 ml의 혈액을 채혈하였고, 채혈한 혈액을 plain tube에 담아 30분간 응고시킨 후, 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm으로 15분간 원심분리한 다음 혈청(serum)을 채취하였다. 채취한 혈청을 보관 튜브에 넣어 분석 전까지 -80°C의 냉동고에 보관하였으며, 이를

췌G의료재단에 의뢰하여 다음과 같이 분석하였다.

중성지방(triglyceride: TG)은 Modular analytics (Roche, 독일)를 이용하여 효소측정법으로 분석하였고, 고밀도 지단백 콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol: HDL-C)은 효소비색법을 이용하여 분석하였으며, 공복혈당(fasting plasma glucose: FPG)은 glucose oxidase 방법(Beckman glucose analyzer II)으로 측정하였다.

### 5) RMR

대상자가 실험실에 도착한 후 30분간 쉬도록 한 다음 RMR을 측정하였다. 가스분석기(Ultima CPX, Med Graphics, 미국)를 이용하여 45분간  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , 그리고 RER(respiratory exchange ratio)을 측정하였다. 45분 결과 중 마지막 30분의 수치만을 이용하여 아래 제시된 Weir 공식을 적용하여 RMR을 산출하였고(Lee et al., 2009), 결과를 다양한 단위로 환산하여 제시하였다.

$$\blacktriangleright \text{RMR(kcal)} = [(1.1 \times \text{RER}) + 3.9] \times \text{VO}_2$$

### 자료처리 방법

이 연구에서 얻은 모든 결과는 SPSS PC<sup>+</sup> for Windows(version 23.0)로 분석하였다. 각 집단의 기술 통계량을 제시하기 위하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation: SD)를 산출하였다. 세 집단 간의 평균 차이를 검정하기 위하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 집단 간에 유의한 차이가 있는 경우 최소유의차 방법(the least significant difference: LSD)을 이용하여 사후 검증을 실시하였다. 모든 통계분석의 유의수준( $\alpha$ )을 .05로 설정하였다.

## 연구 결과

Normal, NWO, 그리고 Obesity의 세 집단 간에 모든 체력관련 변인은 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2).

1-RM과 관련하여, Normal과 NWO의 arm curl 및 leg extension이 Obesity에 비하여 유의하게 낮았으며, Normal의 leg press가 Obesity에 비하여 유의하게 낮았다. 세 집단 간에 chest press, lat pull down,

그리고 leg curl은 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

대사증후군 위험요인과 관련하여, 허리둘레는 세 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, Normal, NWO, 그리고 Obesity 순으로 낮게 나타났다. Normal과 NWO의 SBP 및 DBP가 Obesity에 비하여 유의하게 낮았다. Normal의 HDL-C가 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다. 세 집단 간에 TG와 FPG는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4).

RMR과 관련하여, RMR의 절대값을 평가한  $VO_2$  ( $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ), RMR( $\text{Kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ), RMR( $\text{KJ} \cdot \text{min}^{-1}$ ), 그리고 RMR( $\text{Kcal} \cdot \text{day}^{-1}$ )의 경우 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 낮았다. 반면, RMR의 상대값을 평가한 RMR( $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ )의 경우 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다. 세 집단 간에 RMR( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), RMR( $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), RMR( $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FFW} \cdot \text{h}^{-1}$ ), RMR( $\text{Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ), 그리고 RER은 유의한 차이가 없었다(Table 5).

## 논 의

### 체력의 비교

이 연구에서는 체력의 측정 후 비교를 위하여 악력, 윗몸일으키기, 제자리멀리뛰기, 그리고 앉아윗몸앞으로 굽히기를 실시하여 근력, 근지구력, 순발력, 그리고 유연성을 평가하였고, 눈감고외발서기를 실시하여 평형성을 평가하였다.

근력의 경우 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. Cyrino et al.(2013)은 체중이 높아짐에 따라 근육량 또한 증가하지만, 체지방 역시 높아지기 때문에 근력의 유의한 차이가 나타나지 않을 수 있다고 보고하였다. 실제 이 연구에서 Normal( $39.17 \pm 2.50$  kg)에 비하여 NWO( $41.85 \pm 3.74$  kg)와 Obesity( $45.52 \pm 3.52$  kg)의 체지방량이 높게 나타나 두 비만집단의 근력이 높은 것이 타당하지만, 지방량 또한 Normal( $11.99 \pm 2.06$  kg)에 비하여 NWO( $17.67 \pm 1.71$  kg)와 Obesity( $22.13 \pm 3.52$  kg)가 높게 나타나 근력의 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 해석된다. 이와 같은

Table 2. Comparison of physical fitness among three groups (mean±SD)

Variables	Groups			F	P
	Normal (n=18)	NWO (n=18)	Obesity (n=15)		
Left grip strength (kg)	22.41±4.13	24.08±4.35	25.67±4.95	2.192	.123
Right grip strength (kg)	23.49±4.50	25.39±4.80	25.79±4.51	1.223	.303
Sit-up (reps·min <sup>-1</sup> )	28.28±11.72	27.28±11.79	26.53±8.87	.105	.900
Standing long jump (cm)	152.43±22.40	148.21±27.64	147.58±22.91	.199	.820
Left leg standing with eyes closed (sec)	39.53±26.59	30.10±19.57	32.09±23.29	.807	.452
Right leg standing with eyes closed (sec)	39.15±33.86	33.76±20.53	36.56±18.42	.200	.820
Sitting-trunk flexion (cm)	17.16±6.17	14.25±8.55	19.05±6.86	1.831	.171

NWO: normal weight obesity

Table 3. Comparison of 1-RM among three groups (mean±SD)

Variables	Groups			F	P
	Normal (n=18)	NWO (n=18)	Obesity (n=15)		
Arm curl (kg)	9.58±2.46 <sup>a</sup>	12.22±3.24 <sup>a</sup>	17.01±5.80 <sup>b</sup>	14.615	.000 <sup>***</sup>
Chest Press (kg)	24.82±13.14	30.79±16.36	38.46±17.67	3.086	.055
Lat pull-down (kg)	30.16±10.60	35.04±12.30	39.03±7.22	3.006	.059
Leg press (kg)	105.13±36.84 <sup>a</sup>	131.62±71.24 <sup>ab</sup>	168.24±62.44 <sup>b</sup>	4.780	.013 <sup>*</sup>
Leg extension (kg)	59.04±17.91 <sup>a</sup>	66.46±23.07 <sup>a</sup>	83.23±17.08 <sup>b</sup>	6.376	.004 <sup>**</sup>
Leg curl (kg)	42.53±20.57	44.59±26.54	61.12±34.19	2.231	.118

NWO: normal weight obesity; \*P&lt;.05, \*\*P&lt;.01, \*\*\*P&lt;.001; a, b: different alphabet indicates a difference between groups

Table 4. Comparison of metabolic syndrome risk factors among three groups (mean±SD)

Variables	Groups			F	P
	Normal (n=18)	NWO (n=18)	Obesity (n=15)		
Waist circumference (cm)	69.28±4.70 <sup>a</sup>	75.78±3.50 <sup>b</sup>	79.68±6.11 <sup>c</sup>	19.983	.000 <sup>***</sup>
Systolic blood pressure (mmHg)	106.72±10.25 <sup>a</sup>	109.39±6.32 <sup>a</sup>	117.87±13.45 <sup>b</sup>	5.202	.009 <sup>**</sup>
Diastolic blood pressure (mmHg)	72.00±7.12 <sup>a</sup>	71.22±7.57 <sup>a</sup>	79.27±11.52 <sup>b</sup>	4.065	.023 <sup>*</sup>
Triglyceride (mg·dl <sup>-1</sup> )	78.11±37.30	79.39±26.00	88.00±34.22	.429	.654
HDL-C (mg·dl <sup>-1</sup> )	68.67±15.79 <sup>a</sup>	59.06±10.84 <sup>b</sup>	57.40±10.32 <sup>b</sup>	3.954	.026 <sup>*</sup>
Fasting plasma glucose (mg·dl <sup>-1</sup> )	85.06±7.25	88.11±7.75	89.47±7.21	1.564	.220

NWO: normal weight obesity; HDL-C: high density lipoprotein cholesterol

\*P&lt;.05, \*\*P&lt;.01, \*\*\*P&lt;.001; a, b, c: different alphabet indicates a difference between groups

Table 5. Comparison of RMR among three groups (mean±SD)

Variables	Groups			F	P
	Normal (n=18)	NWO (n=18)	Obesity (n=15)		
VO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> )	129.75±20.61 <sup>a</sup>	145.71±24.56 <sup>b</sup>	155.98±23.80 <sup>b</sup>	5.496	.007 <sup>**</sup>
VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	2.54±0.35	2.47±0.48	2.32±0.39	1.161	.322
VCO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> )	121.31±20.71 <sup>a</sup>	134.51±20.73 <sup>ab</sup>	147.57±23.08 <sup>b</sup>	6.159	.004 <sup>**</sup>
RER	0.94±0.04	0.93±0.07	0.95±0.04	.595	.556
RMR (Kcal·min <sup>-1</sup> )	0.64±0.10 <sup>a</sup>	0.72±0.12 <sup>b</sup>	0.77±0.12 <sup>b</sup>	5.716	.006 <sup>**</sup>
RMR (KJ·min <sup>-1</sup> )	2.67±0.43 <sup>a</sup>	2.99±0.49 <sup>b</sup>	3.22±0.49 <sup>b</sup>	5.718	.006 <sup>**</sup>
RMR (KJ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	3.14±0.45	3.04±0.59	2.88±0.49	1.058	.355
RMR (KJ·kg <sup>-1</sup> ·FFW·h <sup>-1</sup> )	4.10±0.61	4.33±0.83	4.27±0.71	.494	.613
RMR (KJ·kg <sup>-1</sup> ·FW·h <sup>-1</sup> )	13.64±2.68 <sup>a</sup>	10.29±2.11 <sup>b</sup>	8.88±1.67 <sup>b</sup>	20.427	.000 <sup>***</sup>
RMR (Kcal·day <sup>-1</sup> )	920.81±147.70 <sup>a</sup>	1031.37±168.19 <sup>b</sup>	1109.73±168.81 <sup>b</sup>	5.740	.006 <sup>**</sup>
RMR (Kcal·kg <sup>-1</sup> ·day <sup>-1</sup> )	18.01±2.58	17.47±3.36	16.51±2.76	1.095	.343

NWO: normal weight obesity; RER: respiratory exchange ratio; RMR: resting metabolic rate;

\*\*P&lt;.01, \*\*\*P&lt;.001; a, b: different alphabet indicates a difference between groups

결과는 이 연구에서 세 집단 간에 근지구력을 평가하는 윗몸일으키기의 유의한 차이가 나타나지 않는 것보다 관련이 있어 보인다. 이와 관련하여, Demmer et al.(2016)은 근력과 근지구력 간에 유의한 정적 상관관계가 있다고 보고한 바 있다. 한편, 비만 유형에 따른 한국 대학생의 체력수준을 평가한 Kim et al.(2013)은 인생 주기 중 체력 수준이 가장 높은 20대 대상자의 경우 특별한 운동 트레이닝을 하지 않는 이상 비만 여부에 따라 윗몸일으키기의 유의한 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서도 세 집단 간에 근지구력의 유의한 차이가 없었던 것으로 해석된다.

순발력을 평가하기 위하여 측정된 제자리멀리뛰기에서도 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 순발력은 신체구성과 운동기능의 영향을 받으며(Fernandez-Santos et al., 2015), 근력과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(Nedeljkovic, 2009). 따라서 이 연구의 세 집단 간에 신체구성의 특성에 기인하여 근력의 유의한 차이가 나타나지 않았던 전술한 해석으로 세 집단 간에 순발력의 유의한 차이가 없었던 이유를 설명할 수 있다.

평형성을 평가하기 위하여 측정된 눈감고외발서기에서도 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 평형성은 하지 근력 및 고유수용성 감각의 발달과 관련이 깊으며, 이는 운동 트레이닝을 통하여 향상될 수 있다(Zhuang et al., 2014). 그러나 이 연구의 대상자는 특별한 운동 트레이닝에 참여한 경험이 없기 때문에 하지 근력 및 고유수용성 기능의 유의한 향상이 없었을 것이라고 판단되어 세 집단 간에 평형성의 유의한 차이가 없었을 것으로 해석된다. Kim et al.(2013)의 연구에서도 운동 트레이닝 경험이 없는 대학생 여성의 경우 비만 수준에 따라 구성된 집단 간에 평형성의 유의한 차이가 없었던 것으로 나타나 이 연구와 일치하였다.

유연성을 평가하기 위하여 측정된 앉아윗몸앞으로굽히기에서도 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 Normal과 Obesity 간에 유연성의 유의한 차이가 없었다고 보고한 So & Choi(2010)의 연구와 일치한다. 이에 더하여 체중에 따라 유연성을 비교한 Castro-Piñero et al.(2013)의 연구에서도 체중과 유연성 간에 유의한 상관관계가 없는 것으로 보고되었다. 유연성은 주로 관절이나 인대 등의 신체 요인과 사지 길이의 영향을 받으며(Woll et al., 2013), 신체

구성과는 큰 관계가 없는 것으로 판단된다.

이상의 내용을 종합하면, 이 연구에서 구성된 세 집단 간에 체력의 유의한 차이가 나타나지 않았다. NWO와 Obesity의 체지방량이 Normal에 비하여 유의하게 높아 이 두 집단의 체력수준이 높아야 타당하지만, 유의하게 높은 지방량에 의하여 방해를 받아 체력수준이 높지 않게 나타난 것으로 판단된다.

## 1-RM의 비교

이 연구에서 세 집단 간에 1-RM을 비교한 결과 arm curl, leg press, 그리고 leg extension에서 유의한 차이가 나타났으며, Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로 높게 나타났다. Chest press, lat pull-down, 그리고 leg curl에서도 집단 간 차이가 통계적으로 유의하지는 않았지만 Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로 높게 나타나는 경향을 보였다.

Lafortuna et al.(2005)은 Normal과 Obesity를 대상으로 신체구성과 최대근력을 측정하여 비교한 결과 Obesity의 체지방량이 Normal보다 높아 최대근력이 더 높게 나타났다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. Vaara et al.(2012)은 체지방량과 최대근력 간에 유의한 정적 상관관계가 있다고 주장하였다. 실제로 이 연구에서도 세 집단 간 근력의 차이는 체중의 차이와 유사한 패턴으로 나타났다. 이상의 내용을 종합하면, 최대근력이 단순히 체지방량에 비례하여 높아지는 것으로 보이지만 비만자의 경우 추가적으로 고려할 부분이 있다고 판단된다. 이와 관련하여, Hughes et al.(2001)은 비만한 경우 근육량을 포함한 체지방량이 체중에 비례하여 높아지지만 체중대비 근력의 효율은 떨어진다고 주장한 바 있으며, Cyrino et al.(2013)은 비만자의 경우 체지방량이 증가가 전반적인 체중의 증가로 인하여 나타나는 것이지 운동 트레이닝으로 인하여 나타난 것이 아니기 때문에 상대적인 근기능 저하가 나타날 가능성이 있다고 주장하였다.

이 연구에서 얻은 1-RM 결과의 패턴을 보면, 집단 간 차이가 각 동작에 따라 상이하게 나타났다. 이는 1-RM 측정 시 동작에 대한 경험과 동작의 난이도에 의하여 많은 영향을 받으며(Ritti-Dias et al., 2011), 초보자의 경우 무거운 무게에 대한 부담과 불안에 기인하여 실제 근력이 과소평가 될 수 있다는 Kim et

al.(2002)의 주장과 관련 있어 보인다. 이 연구의 대상자는 운동경험이 적었으며, 특히 웨이트 트레이닝 동작의 경험이 전무하였기 때문에 비교적 동작의 난이도가 높은 lat-pull down과 leg curl에서 세 집단 간에 유의한 차이가 나지 않았던 것으로 판단된다. 향후 관련 후속 연구에는 보다 타당도 높은 검사를 위하여 최대근력 검사의 난이도를 고려할 필요가 있을 것이다.

### 대사증후군 위험요인의 비교

이 연구에서 BMI와 체지방률에 따라 구성한 세 집단 간에 대사증후군 위험요인을 비교하기 위하여 대사증후군 위험요인을 비교한 결과 세 집단 간에 허리둘레, SBP, DBP, 그리고 HDL-C에서 유의한 차이가 나타났다.

허리둘레의 경우, 세 집단 간에 유의한 차이가 나타났으며, Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로 높게 나타났다. Dalton et al.(2003)은 허리둘레와 BMI 간에 유의한 정적 상관관계가 있다고 보고하였고, Chan et al.(2003)은 허리둘레가 체중 및 BMI와 밀접한 관련이 있다고 보고하였으며, De lorenzo et al.(2007)은 젊은 여성의 경우 Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로 허리둘레가 높게 나타났다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 이는 BMI와 체지방률 모두 비만을 판정하는 기준이고, 체중과 밀접한 관계가 있으며(Heo et al., 2014), 허리둘레 또한 복부비만을 평가하는 지표로서 체중과 밀접한 관계가 있기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 체중 순으로 나열된 Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로 허리둘레가 높게 나타난 것은 대부분의 선행 연구 결과와 일치하는 것으로 판단된다.

이 연구에서 혈압의 경우 BMI와 체지방률로 구분한 세 집단 간에 유의한 차이가 나타났으며, Obesity가 NWO와 Normal에 비하여 유의하게 높게 나타났다. Kuwahara et al.(2014)은 BMI의 증가가 혈압 상승으로 이어진다고 보고하였으며, 따라서 이 연구에서 BMI가 가장 높았던 Obesity의 혈압이 다른 집단에 비해 높게 나타난 것으로 판단된다. 이 연구에서 Normal과 NWO에 비하여 Obesity의 혈압이 유의하게 높게 나타났으나 모든 집단의 혈압이 정상범위에 있었으며, 이는 대상자의 연령이 대부분 20대 초반이었기 때문이라고 판단된다. 이와 관련하여, Madeira et al.(2013)은 젊은 여성의 경우 Obesity와 NWO이라도 고혈압 비율

이 낮다고 보고하면서, 혈압은 신체구정보다 연령의 영향을 더 많이 받는다고 주장한 바 있다. 향후 더 높은 연령층을 대상으로 관련 연구를 수행한다면 신체구성에 따라 구성된 집단 간에 보다 명확한 차이를 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

TG는 지방조직에 저장되어 있는 에너지원으로서 콜레스테롤과 유의한 정적 상관관계에 있으며, HDL-C와도 밀접한 관계가 있다(Allam-Ndoul et al., 2016). 특히, TG와 HDL-C는 대사증후군 판별에 매우 중요한 변인으로 알려져 있다(Serra et al., 2017). 이 연구에서 BMI와 체지방률에 따라 구성한 세 집단 간에 TG의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 젊은 여성을 대상으로 수행한 연구에서 Normal, NWO, 그리고 Obesity 간에 TG의 유의한 차이가 없었다고 보고한 De lorenzo et al.(2007)의 결과와 일치한다. 이는 모든 대상자가 특별한 질환자가 아니었고 대부분 20대 초반의 젊은 연령층이었기 때문이라고 판단된다. 다만, 20대 젊은 여성의 경우 비만하더라도 적절한 TG 수치를 가질 가능성이 크지만 같은 TG 수치라 하더라도 피하지방과 내장지방의 비중이 달라질 수 있다는 Ding et al.(2016)의 주장을 고려해야 한다. 이 연구에서는 내장지방을 따로 측정하지 않았기 때문에 결과 해석에 제한이 있으며, 향후 피하지방과 내장지방을 구분하여 측정하는 후속 연구가 요청된다.

HDL-C의 경우 BMI와 체지방률에 따라 구분한 세 집단 간에 유의한 차이가 나타났으며, NWO와 Obesity가 Normal에 비하여 유의하게 낮게 나타났다. HDL-C는 체내에서 사용하고 남은 잉여분의 콜레스테롤을 체외로 배출해주는 역할을 하는 좋은 콜레스테롤로서 전체 콜레스테롤 대사에서 매우 중요한 역할을 담당하며(Allam-Ndoul et al., 2016), HDL-C는 내장지방의 양과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(Ding et al., 2016). 이 연구에서 TG는 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, HDL-C는 NWO와 Obesity가 Normal에 비하여 유의하게 낮게 나타나 다른 패턴을 보여주었다. 이는 체내 같은 TG 수준이라도 내장지방의 비중이 높으면 HDL-C가 낮아질 수 있다는 Miller et al.(2011)의 주장으로 일부 해석이 가능하다. 전술한 바와 같이 이 연구에서 내장지방을 피하지방과 구분하여 측정하지 않았기 때문에 결과 해석에 제한점이 있지만, NWO와 Obesity의 HDL-C가 Normal



보다 낮게 나타난 것은 임상적으로 큰 의미가 있다고 판단된다. 이 결과는 NWO의 경우 외관상 별 문제가 없어 보이지만 이미 일반비만과 같은 수준으로 대사적 문제를 내포하고 있다는 가능성을 보여주는 의미있는 결과라고 판단된다.

이 연구에서 세 집단 간에 FPG를 비교한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다. De Lorenzo et al.(2007)은 젊은 여성을 대상으로 Normal, NWO, 그리고 Obesity 간에 FPG를 비교한 결과 유의한 차이가 없었다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 이는 대상자가 20대 초반의 젊은 여성이었기 때문에 FPG가 정상범위에 있어 나타난 결과라고 사료된다. 그러나 이와 관련하여, 젊은 연령층에서 FPG 자체에는 문제가 없을 수 있지만 비만이 수반되는 경우 이미 대사적으로 문제가 될 수 있다고 보고한 Allam-Ndoul et al.(2016)의 연구결과를 주목해야 한다. 실제로 체지방률이 높은 경우 인슐린 저항성이 높게 나타난다는 보고(Matsubara et al., 2002)가 있으며, 이 연구의 Obesity와 NWO 모두 체지방률이 높았기 때문에 인슐린 저항성이 악화되어 있을 가능성은 커 보인다. 이 연구에서 공복 인슐린(fasting plasma insulin: FPI)을 측정하지 않아 인슐린 저항성 지표(homeostasis model assessment of insulin resistance: HOMA-IR)를 평가할 수 없었기 때문에 결과 해석에 한계가 있다. 향후 인슐린 저항성을 보다 정확하게 측정하여 비교하는 후속 연구가 요청된다.

이상의 내용을 종합하면, 20대 여성을 대상으로 BMI와 체지방률에 따라 구분한 세 집단 간에 대사증후군 위험요인을 비교한 결과 Obesity에서 가장 높은 위험이 나타났다. 그러나 HDL-C의 경우 Normal에 비하여 NWO와 Obesity가 유의하게 낮게 나타났으며, 이는 NWO가 외형상 건강해 보일지라도 Obesity와 비슷한 수준의 대사적 위험에 노출될 수 있다는 가능성을 시사한다. 세 집단 모두 대사증후군 위험요인이 정상 범위에 있었으며, 이는 대상자의 연령이 20대 초반이었기 때문이라고 판단된다. 향후 관련 연구에서 중년 이상의 연령층에서 연구를 하면 보다 명확한 차이가 나타날 것으로 사료된다.

## RMR의 비교

이 연구에서는 20대 여성을 대상으로 BMI와 체지방

률에 따라 구성된 세 집단 간에 RMR관련 변인을 비교하였으며, 그 결과  $VO_2(ml \cdot min^{-1})$ ,  $VCO_2(ml \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(Kcal \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(KJ \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(KJ \cdot kg^{-1} \cdot FW \cdot h^{-1})$ , 그리고  $RMR(Kcal \cdot day^{-1})$ 에서 유의한 차이가 나타났다.

집단 간에 유의한 차이가 나타났던 변인 중 RMR의 절대값에 해당되는  $VO_2(ml \cdot min^{-1})$ ,  $VCO_2(ml \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(Kcal \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(KJ \cdot min^{-1})$ , 그리고  $RMR(Kcal \cdot day^{-1})$ 의 경우 Obesity와 NWO가 Normal에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 이와 관련하여, RMR과 체중 간에 유의한 정적 상관관계가 있으며(Lecheminant et al., 2009), 체중은 안정시 소비되는  $VO_2$ 와 밀접한 관련이 있다고 보고되었다(e Silva et al., 2016). 체중뿐만 아니라 신체구성과 RMR의 관계를 규명한 여러 가지 선행 연구를 살펴보면, Ruggiero & Ferrucci(2006)는 RMR과 체지방량 간에 유의한 상관관계가 있다고 보고하였고, Herbert & Neuh(2001)는 체지방량 또한 RMR에 영향을 미친다고 보고하였다. 이상의 선행 연구 결과를 정리하면, 체중, 체지방량, 그리고 체지방량이 증가될수록 RMR이 또한 증가된다는 것을 알 수 있다. 따라서 안정시  $VO_2(ml \cdot min^{-1})$ 를 바탕으로 산출된  $RMR(Kcal \cdot min^{-1})$ ,  $RMR(KJ \cdot min^{-1})$ , 그리고  $RMR(Kcal \cdot day^{-1})$ 의 경우 NWO와 Obesity가 Normal에 비하여 높았으며, 이는 NWO와 Obesity의 체중, 체지방량, 그리고 체지방량이 Normal에 비하여 높았기 때문이라고 해석된다.

반면, 이 연구에서 체중당 RMR을 의미하는  $RMR(Kcal \cdot kg^{-1} \cdot day^{-1})$ 은 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이와 관련하여, Heymsfield et al.(2002)은 신체구성에 따른 대사율의 차이를 보다 명확하게 파악하기 위하여 체중당 RMR을 비교할 경우, Obesity의 체중이 높음에도 불구하고 Normal과 RMR의 차이가 나타나지 않을 수 있으며, 오히려 Normal보다 낮아질 수 있다고 보고하였다. 이는 Obesity의 경우 높은 체중에 의하여 소비되는  $VO_2$ 의 절대 수치만 높을 뿐 체중대비 효율성은 높지 않다는 것을 의미하며(Carneiro et al., 2016), 이와 같은 양상은 NWO에서도 유사하게 나타난다. 한편, 이 연구에서 체지방량당 RMR을 의미하는  $RMR(KJ \cdot kg^{-1} \cdot FFW \cdot h^{-1})$  또한 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 관련 선행 연구에서는 체지방량이 높을수록 RMR이 높아진다고 보고되었지만

(Blundell et al., 2015; Hopkins & Blundell, 2016) 이 결과들은 RMR의 절대값을 의미하는 것이며, 체지방량당 RMR을 비교하면 신체구성에 따라 큰 차이가 없게 나타나는 것이다. 결국, RMR은 다른 신체구성 변인과 관계없이 체지방량에 비례하여 증가된다고 정리할 수 있다.

이 연구에서 RMR과 관련하여 가장 중요한 결과는 체지방량당 RMR에서 나타났다. 이 연구에서 RMR ( $\text{KJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}\cdot\text{h}^{-1}$ )은 Normal이 NWO와 Obesity보다 유의하게 높게 나타나 RMR의 절대값과는 다른 양상을 보였다. 즉, 체지방량당 RMR은 정상에 비하여 마른비만과 일반비만의 경우 더 낮게 나타난 것이다. 이와 관련하여, Indumathy et al.(2015)은 Obesity가 Normal보다 체지방량 축적으로 인하여 체중이 높고, 이로 인한 체중당 체지방량의 비율이 낮아져 RMR의 상대값이 낮아진다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 체지방량이 낮아질수록 RMR 상대값이 더욱 높아진다는 것을 의미하며(Herbert & Neuh, 2001), 이 연구에서 Normal의 체지방량이 가장 낮았기 때문에 RMR의 상대값이 가장 높게 나온 것을 설명하며, 이는 선행 연구의 결과와 일치한다. NWO와 Obesity는 Normal 보다 체지방량이 높으며, 높은 체지방량으로 인하여 증가된 체중이  $\text{VO}_2$ 의 절대값을 높였을 뿐 체지방량당 RMR의 수준은 낮아 이를 방지할 경우 비만이 더욱 악화될 것으로 우려된다. 특히, 이와 같은 대사율의 저하가 일반비만은 물론 마른비만부터 나타난다는 것은 마른비만자의 건강관리에 주는 시사점이 크다고 판단된다.

이 연구에서 Obesity, NWO, 그리고 Normal 순으로  $\text{VO}_2$ 의 절대값이 높게 나타났으며, 동시에  $\text{VO}_2$ 도 동일한 순서로 높게 나타나  $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$  비율로 표현되는 RER은 세 집단 간에 유의한 차이가 없었다. 산화 스트레스(oxidative stress)가  $\text{VCO}_2$ 에 비례하여 증가된다는 Renzo et al.(2010)의 주장을 고려할 때, 일반비만에 더하여 마른비만자에서도 높은  $\text{VO}_2$ 로 인하여  $\text{VCO}_2$ 가 증가된 것은 산화 스트레스를 크게 증가시킬 가능성이 있다. 장기간에 걸쳐  $\text{VO}_2$ 가 과도하게 증가되면  $\text{VCO}_2$  또한 증가되며, 이로 인하여 산화 스트레스와 함께 대사질환의 위험도가 상승될 수 있다(De Lorenzo et al., 2006). 특히, 이 연구의 결과와 같이 높은 수준의  $\text{VO}_2$ 와  $\text{VCO}_2$ 가 장기화 될 경우, NWO는 Obesity와 함께 체중대비 효율이 낮은 RMR과 함께 산화 스트

레스 및 대사증후군의 위험을 나타낼 가능성이 매우 크다(Siervo et al., 2015). 이 연구에서 산화 스트레스 지표를 직접적으로 측정하지 않아 해석에 한계는 있지만, 마른비만의 경우 산화 스트레스와 대사질환에 대한 조기 관리가 필요할 것이며, 이를 구체적으로 규명하기 위한 후속 연구가 요청된다.

외형상 정상체형으로 보이는 NWO의 경우 RMR의 절대값이 높아 대사적인 문제가 없는 것으로 판단하기 쉽다. 그러나 NWO의 체지방량당 RMR 수치가 Normal에 비하여 유의하게 낮아, 이와 같은 대사율의 저하 상태를 방지할 경우 비만이 점차 악화될 가능성이 크다. 특히, 여성의 경우 연령이 증가될수록 남성에 비하여 근육량이 더 크게 감소되고, 체지방량이 더 큰 폭으로 증가되며, RMR이 더 크게 떨어지는 것으로 보고되었으므로(Siervo et al., 2015) 20대 여성 마른비만자의 경우 RMR을 포함한 대사율의 증가를 위한 각별한 노력이 경주되어야 할 것이다.

## 결론

이 연구에서는 20대 여성을 BMI와 체지방률에 따라 Normal(n=18), NWO(n=18), 그리고 Obesity(n=15)의 세 집단을 구성한 다음, 세 집단 간에 체력, 대사증후군 위험요인, 그리고 RMR을 비교·분석하였다. 이 연구에서 체력은 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았고, Obesity의 1-RM이 유의하게 높게 나타났다. 대사증후군 위험요인과 관련하여, 허리둘레가 Normal, NWO, 그리고 Obesity 순으로 낮게 나타났고, Normal과 NWO의 SBP 및 DBP가 Obesity에 비하여 유의하게 낮았으며, Normal의 HDL-C가 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다. RMR과 관련하여, RMR의 절대값은 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 낮았지만, RMR의 상대값은 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다.

이 연구의 결과를 종합해보면, 20대 여성 Obesity의 경우 체력에는 문제가 없지만 대사증후군 위험도가 높고 체지방량당 RMR이 낮아 대사율이 낮은 것으로 나타났으며, NWO 또한 HDL-C가 Normal에 비해 낮고 상대적 RMR 수준이 Obesity와 비슷한 수준으로 낮게 나타나는 등 일반비만자와 유사한 문제점을 보였다고 결론지

을 수 있다. NWO는 외형상 문제가 없어 보이지만 20대부터 대사증후군의 발병과 대사율의 감소가 나타날 가능성이 크므로 20대부터 적절한 신체활동과 식이조절을 통한 적극적인 건강관리가 요구된다. 향후 BMI와 체지방률에 근거하여 Normal, NWO 및 Obesity를 구분하는 과정에 연령대에 따라 적절한 기준을 적용하고, 체지방률을 측정하는 방법으로 보다 타당도 높은 방법을 적용하는 후속 연구가 요청된다.

## 참고문헌

- Allam-Ndoul, B., Guénard, F., Gameau, V., Cormier, H., Barbier, O., Pérusse, L., & Vohl, M. C.(2016). Association between metabolite profiles, metabolic syndrome and obesity status. *Nutrients*, 8(6), 324.
- Batsis, J. A., Mackenzie, T. A., Barre, L. K., Lopez-Jimenez, F., & Bartels, S. J.(2014). Sarcopenia, sarcopenic obesity and mortality in older adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *European Journal of Clinical Nutrition*, 68(9), 1001-1007.
- Blundell, J. E., Finlayson, G., Gibbons, C., Caudwell, P., & Hopkins, M.(2015). The biology of appetite control: do resting metabolic rate and fat-free mass drive energy intake?. *Physiology and Behavior*, 152, 473-478.
- Brzycki, M.(1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 64(1), 88-90.
- Cameiro, I. P., Elliott, S. A., Siervo, M., Padwal, R., Bertoli, S., Battezzati, A., & Prado, C. M.(2016). Is obesity associated with altered energy expenditure?. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 7(3), 476-487.
- Castro-Piñero, J., Girela-Rejón, M. J., González-Montesinos, J. L., Mora, J., Conde-Caveda, J., Sjöström, M., & Ruiz, J. R.(2013). Percentile values for flexibility tests in youths aged 6 to 17 years: Influence of weight status. *European Journal of Sport Science*, 13(2), 139-148.
- Cavuto, L. A. & Nussbaum, M. A.(2013). Obesity-related differences in muscular capacity during sustained isometric exertions. *Applied Ergonomics*, 44(2), 254-260.
- Chan, D. C., Watts, G. F., Barrett, P. H. R., & Burke, V.(2003). Waist circumference, waist-to-hip ratio and body mass index as predictors of adipose tissue compartments in men. *Quarterly Journal of Medicine*, 96(6), 441-447.
- Cyrino, E. S., Silva, D. R. P. D., Cucato, G. G., Casonatto, J., Avelar, A., Trindade, M. C. D. C., Cyrino, L. T., & Nascimento, M. A. D.(2013). Comparison between two motor tests used for muscular strength/endurance analysis in young women. *Revista Brasileira de Cineantropometria and Desempenho Humano*, 15(3), 315-325.
- Dalton, M., Cameron, A. J., Zimmet, P. Z., Shaw, J. E., Jolley, D., Dunstan, D. W., & Welborn, T. A.(2003). Waist circumference, waist - hip ratio and body mass index and their correlation with cardiovascular disease risk factors in Australian adults. *Journal of Internal Medicine*, 254(6), 555-563.
- Davidson, L., Vistisen, B., & Astrup, A.(2007). Impact of the menstrual cycle on determinants of energy balance: a putative role in weight loss attempts. *International Journal of Obesity*, 31(12), 1777-1785.
- De Lorenzo, A., Del Gobbo, V., Premrov, M. G., Bigioni, M., Galvano, F., & Di Renzo, L.(2007). Normal-weight obese syndrome: early inflammation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(1), 40-45.
- De Lorenzo, A., Martinoli, R., Vaia, F., & Di Renzo, L.(2006). Normal weight obese(NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 16(8), 513-523.
- Demmer, D. L., Beilin, L. J., Hands, B., Burrows, S., Cox, K. L., Straker, L. M., & Mori, T. A.(2016). Effects of muscle strength and endurance on blood pressure and related cardiometabolic risk factors from childhood to adolescence. *Journal of Hypertension*, 34(12), 2365-2375.
- Ding, C., Chan, Z., & Magkos, F.(2016). Lean, but not healthy: the ‘metabolically obese, normal-weight’ phenotype. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 19(6), 408-417.
- e Silva, C. G. D. S., Franklin, B. A., & de Araújo, C. G. S.(2016). Influence of central obesity in estimating maximal oxygen uptake. *Clinics*, 71(11), 629.
- Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L., & Castro-Piñero, J.(2015). Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2277-2285.
- Henry, C. J. K., Lightowler, H. J., & Marchini, J.(2003). Intra-individual variation in resting metabolic rate during the menstrual cycle. *British Journal of Nutrition*, 89(6), 811-817.
- Heo, M., Wylie-Rosett, J., Pietrobelli, A., Kabat, G. C., Rohan, T.

- E., & Faith, M. S.(2014). US pediatric population-level associations of DXA-measured percentage of body fat with four BMI metrics with cutoffs. *International Journal of Obesity*, 38(1), 60-68.
- Herbert, B. M. & Neuh, M.(2001). Effects of fat mass and body fat distribution on resting metabolic rate in the elderly. *Metabolism*, 50(8), 972-975.
- Heymsfield, S. B., Gallagher, D., Kotler, D. P., Wang, Z., Allison, D. B., & Heshka, S.(2002). Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 282(1), E132-E138.
- Heyward, V. H.(2010). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*, 7<sup>th</sup> ed., Human Kinetics: Champaign, IL.
- Hopkins, M. & Blundell, J. E.(2016). Energy balance, body composition, sedentariness and appetite regulation: pathways to obesity. *Clinical Science*, 130(18), 1615-1628.
- Huang, K. C., Kormas, N., Steinbeck, K., Loughnan, G., & Caterson, I. D.(2004). Resting metabolic rate in severely obese diabetic and nondiabetic subjects. *Obesity*, 12(5), 840-845.
- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Wood, M., Evans, W. J., Dallal, G. E., Roubenoff, R., & Singh, M. A. F.(2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults influence of muscle mass, physical activity, and health. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(5), B209-B217.
- Indumathy, J., Pal, G. K., Pal, P., Parija, S. C., & Balachander, J.(2015). Assessment of body fat mass index and basal metabolism to body fat ratio as markers of cardiovascular risk in obese Indian population. *International Journal of Clinical and Experimental Physiology*, 2(3), 180.
- Jeon, Y.S., Kim, Y. Y., & Lee, M. G.(2015). Comparative analysis of physical fitness, blood lipids, and insulin resistance according to body mass index and percent body fat in 20s females. *Korean Journal of Sports Science*, 26(2), 230-242.
- Johnstone, A. M., Murison, S. D., Duncan, J. S., Rance, K. A., & Speakman, J. R.(2005). Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(5), 941-948.
- Kim, J. W., Seo, D. I., Swearingin, B., & So, W. Y.(2013). Association between obesity and various parameters of physical fitness in Korean students. *Obesity Research and Clinical Practice*, 7(1), e67-e74.
- Kim, J. Y., Han, S. H., & Yang, B. M.(2013). Implication of high body fat percentage on cardiometabolic risk in middle aged, healthy, normal-weight adults. *Obesity*, 21(8), 1571-1577.
- Kim, P. S., Mayhew, J. L., & Peterson, D. F.(2002). A modified YMCA bench press test as a predictor of 1 repetition maximum bench press strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 440-445.
- Kim, M. K., Han, K., Kwon, H. S., Song, K. H., Yim, H. W., Lee, W. C., & Park, Y. M.(2014). Normal weight obesity in Korean adults. *Clinical Endocrinology*, 80(2), 214-220.
- Kizilay, F., Arslan, C., Kerkez, F. İ., Beykumul, A., & Kizilay, E. (2016). The effects of aerobic exercise training on basal metabolism and physical fitness in sedentary women. *Health*, 8(2), 173.
- Korean Centers for Disease Control and Prevention(2016). *Korea Health Statistics*.
- Korean Ministry of Culture, Sports and Tourism(2013). *Investigation of National Physical Fitness Status*.
- Kuwahara, E., Asakura, K., Nishiwaki, Y., Komatsu, H., Nakazawa, A., Ushiku, H., Maejima, F., Nishigaki, Y., Hasegawa, T., Okamura, T., & Takebayashi, T.(2014). Steeper increases in body mass index during childhood correlate with blood pressure elevation in adolescence: a long-term follow-up study in a Japanese community. *Hypertension Research*, 37(2), 179-184.
- Lafortuna, C. L., Maffiuletti, N. A., Agosti, F. & Sartorio, A.(2005). Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *International Journal of Obesity*, 29(7), 833-841.
- Lecheminant, J. D., Heden, T., Smith, J., & Covington, N. K.(2009). Comparison of energy expenditure, economy, and pedometer counts between normal weight and overweight or obese women during a walking and jogging activity. *European Journal of Applied Physiology*, 106(5), 675-682.
- Lee, J. & Lee, Y.(2016). The association of body image distortion with weight control behaviors, diet behaviors, physical activity, sadness, and suicidal ideation among Korean high school students: a cross-sectional study. *BioMed Central Public Health*, 16(1), 39-48.
- Lee, M. G., Sedlock, D. A., Flynn, M. G. & Kamimori, G. H.(2009). Resting metabolic rate after endurance exercise training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1444-1451.
- Leeners, B., Geary, N., Tobler, P. N., & Asarian, L.(2017). Ovarian

- hormones and obesity. *Human Reproduction Update*, 23(3), 300-321.
- Lim, J. S., Kim, Y. Y., Lee, M. G.(2016). Comparative analysis of cardiovascular function, mental health, stress-related variables according to body mass index and percent body fat in 20s females. *Korean Journal of Sports Science*, 27(1), 12-26.
- Madeira, F. B., Silva, A. A., Veloso, H. F., Goldani, M. Z., Kac, G., Cardoso, V. C., Bettioli, H., & Barbieri, M. A.(2013). Normal weight obesity is associated with metabolic syndrome and insulin resistance in young adults from a middle-income country. *Public Library of Science One*, 8(3), e60673.
- Matsubara, M., Maruoka, S., & Katayose, S.(2002). Inverse relationship between plasma adiponectin and leptin concentrations in normal-weight and obese women. *European Journal of Endocrinology*, 147(2), 173-180.
- McMurray, R. G., Soares, J., Caspersen, C. J., & McCurdy, T.(2014). Examining variations of resting metabolic rate of adults: a public health perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(7), 1352.
- McNeil, J. & Doucet, É.(2012). Possible factors for altered energy balance across the menstrual cycle: a closer look at the severity of PMS, reward driven behaviors and leptin variations. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 163(1), 5-10.
- Miller, M., Stone, N. J., Ballantyne, C., Bittner, V., Criqui, M. H., Ginsberg, H. N., Goldberg, A. C., Howard, W. J., Jacobson, M. S., Kris-Etherton, P. M., & Lennie, T. A.(2011). Triglycerides and cardiovascular disease. *Circulation*, 123(20), 2292-2333.
- Nedeljkovic, A., Mirkov, D. M., Markovic, S., & Jaric, S.(2009). Tests of muscle power output assess rapid movement performance when normalized for body size. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1593-1605.
- Renzo, L., Galvano, F., Orlandi, C., Bianchi, A., Giacomo, C., Fauci, L., Acquaviva R., & Lorenzo, A.(2010). Oxidative stress in normal weight obese syndrome. *Obesity*, 18(11), 2125-2130.
- Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S.(2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1418-1422.
- Ruggiero, C. & Ferrucci, L.(2006). The endeavor of high maintenance homeostasis: resting metabolic rate and the legacy of longevity. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(5), 466-473.
- Seo, J., Ma, H., Kim, S., Kim, J., Shin, M., & Yang, Y. J.(2016). Effects of the difference between actual body condition and body image perception on nutrient intake, weight control and mental health in Korean adults: Based on the 5<sup>th</sup> Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Journal of Nutrition and Health*, 49(3), 153-164.
- Serra, M. C., Ryan, A. S., & Goldberg, A. P.(2017). Reduced LPL and subcutaneous lipid storage capacity are associated with metabolic syndrome in postmenopausal women with obesity. *Obesity Science and Practice*, 3(1), 106-114.
- Siervo, M., Oggioni, C., Lara, J., Celis-Morales, C., Mathers, J. C., Battezzati, A., Leoneb, A., Tagliabuec, A., Spadafranca, A., & Bertoli, S.(2015). Age-related changes in resting energy expenditure in normal weight, overweight and obese men and women. *Maturitas*, 80(4), 406-413.
- So, W. Y. & Choi, D. H.(2010). Differences in physical fitness and cardiovascular function depend on BMI in Korean men. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(2), 239.
- Speakman, J. R. & Selman, C.(2003). Physical activity and resting metabolicrate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(3), 621-634.
- Stiegler, P. & Cunliffe, A.(2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Medicine*, 36(3), 239-262.
- Vaara, J. P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämnen, O., Häkkinen, A., Kocay, S. & Häkkinen, K.(2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2078-2086.
- Woll, A., Worth, A., Mündermann, A., Hölling, H., Jekauc, D., & Bös, K.(2013). Age-and sex-dependent disparity in physical fitness between obese and normal weight children and adolescents. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53(1), 48-55.
- Zhuang, J., Huang, L., Wu, Y., & Zhang, Y.(2014). The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 9(1), 131-140.

## 20대 여성의 BMI와 체지방률에 따른 체력, 대사증후군 위험요인 및 기초대사량의 비교 분석

최창규 · 조현석 · 이만균(경희대학교)

**【목적】** 마른비만(normal weight obesity: NWO)은 체질량지수(body mass index: BMI)가 정상이지만 체지방률이 높은 비만으로서, 주로 20대 여성에게서 나타나며 다양한 질환의 위험요소를 내포하고 있지만, 마른비만의 체력과 대사적 특성을 기초대사량(resting metabolic rate: RMR)까지 포함하여 규명한 연구가 매우 부족한 실정이다. 이 연구의 목적은 20대 여성의 BMI와 체지방률에 따라 체력, 대사증후군 위험요인, 그리고 RMR을 비교·분석하는 것이었다. **【방법】** 이 연구의 대상자는 20대 여성 51명으로서 BMI와 체지방률에 따라 정상집단(Normal:  $n=18$ ), 마른비만집단(NWO:  $n=18$ ), 그리고 일반비만집단(Obesity:  $n=15$ )의 세 집단으로 구성하였고, 각 집단 간에 체력, 대사증후군 위험요인, 그리고 RMR을 비교하였다. **【결과】** 이 연구에서 얻은 주요 결과는 다음과 같다. 1) 체력은 세 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 2) 1-RM과 관련하여, Normal과 NWO의 arm curl 및 leg extension이 Obesity에 비하여 유의하게 낮았으며, Normal의 leg press가 Obesity에 비하여 유의하게 낮았다. 3) 대사증후군 위험요인과 관련하여, 허리둘레는 세 집단 간에 모두 유의한 차이가 있었으며, Normal, NWO, 그리고 Obesity 순으로 낮게 나타났다. Normal과 NWO의 SBP 및 DBP가 Obesity에 비하여 유의하게 낮았으며, Normal의 HDL-C가 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다. 4) RMR과 관련하여, RMR의 절대값을 평가한  $VO_2$ ( $ml \cdot min^{-1}$ ), RMR( $Kcal \cdot min^{-1}$ ), RMR( $KJ \cdot min^{-1}$ ), 그리고 RMR( $Kcal \cdot day^{-1}$ )의 경우 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 낮았다. 반면, RMR의 상대값을 평가한 RMR( $KJ \cdot kg^{-1}FW \cdot h^{-1}$ )의 경우 Normal이 NWO와 Obesity에 비하여 유의하게 높았다. **【결론】** 이상의 결과를 종합해보면, 20대 여성 일반비만자의 경우 체력에는 문제가 없지만 대사증후군 위험도가 높고 체지방량당 RMR이 낮아 대사율이 낮은 것으로 나타났으며, 마른비만자도 일반비만자와 유사한 문제점을 보였다고 결론지을 수 있다. 마른비만자는 외형상 문제가 없어 보이지만 20대부터 대사증후군의 발병과 대사율의 감소가 나타날 가능성이 크므로 20대부터 적절한 신체활동과 식이조절을 통한 적극적인 건강관리가 요청된다.

**주요어:** 비만, 마른비만, 체력, 대사증후군, 기초대사량.