



5주간의 저강도 혈류제한 저항성운동과 중강도 저항성운동이 마른 비만 여성의 신체조성 및 혈중지질에 미치는 영향

김남욱 MS^{1,†}, 이동민 MS^{1,†}, 이세원 PhD^{2,3}

¹인천대학교 대학원 체육학과, ²인천대학교 체육학부, ³인천대학교 스포츠 과학연구소

Effects of 5 Week Low-Intensity Blood Flow Restriction Resistance Exercise and Moderate-Intensity Resistance Exercise on Body Composition and Blood Lipids in Normal Weight Obese Women

Namwook Kim MS^{1,†}, Dongmin Lee MS^{1,†}, Sewon Lee PhD^{2,3}

¹Department of Human Movement Science, Graduate School, Incheon National University, Incheon; ²Division of Sport Science, College of Arts & Physical Education, Incheon National University, Incheon; ³Sport Science Institute, College of Arts & Physical Education, Incheon National University, Incheon, Korea

PURPOSE: The primary objective of this study was to investigate and compare the effects of 5 weeks resistance training protocols (i.e., low-load blood flow restriction resistance training and moderate-load resistance training) especially on blood lipids, muscle strength, anaerobic power and body composition in young normal weight obese women.

METHODS: Twenty-nine young normal weight obese women were randomly divided into three groups: blood flow restriction resistance training (BFR-RT, n=9), resistance training (RT, n=10) and non-training control (CON, n=10). BFR-RT group fitted a pneumatic cuff over the upper and lower extremities by using Kaatsu Nano equipment to apply the same pressures with each systolic blood pressure. The subjects in the BFR-RT group performed the training with 40% of 1RM and the RT group executed the resistance training with their 60-70% of 1RM. Both groups had performed the resistance training protocols twice per week for 5 weeks, and each training protocol consisted of bench press, barbell row, squat, and lunge.

RESULTS: There were no changes in body weight, fat mass, BMI and %body fat in all groups after interventions for 5 weeks. However, the anaerobic power was significantly increased in both BFR-RT and RT groups compared to the CON group. Interestingly, only in the RT group, muscle mass and high-density lipoprotein cholesterol were significantly increased after the intervention.

CONCLUSIONS: In conclusion, this study suggests that moderate-intensity RT is better than low-intensity BFR-RT to improve muscle mass and high-density lipoprotein cholesterol in young normal weight obese women.

Key words: Normal weight obesity, Muscle strength, HDL cholesterol, Blood flow restriction, Resistance training

서론

체질량지수(body mass index, BMI)가 25 kg/m² 이하로 정상 범위에

해당하지만, 체지방률이 28% 이상으로 비만에 해당되는 사람을 마른 비만으로 정의하며[1,2], 특히 젊은 여성에게 흔히 나타나는 것으로 알려져 있다[3,4]. 실제로 마른 비만에 해당하는 사람들은 외형상 비만으

Corresponding author: Sewon Lee Tel +82-32-835-8572 Fax +82-32-835-0788 E-mail leeseuw@inu.ac.kr

[†] These authors contributed equally to conduct of the studies.

Keywords 마른비만, 근력, 고밀도 콜레스테롤, 혈류제한, 저항성운동

Received 5 Oct 2020 **Revised** : 30 Nov 2020 **Accepted** 2 Dec 2020

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

로 보이지 않지만, 체지방률이 높고 근육량이 상대적으로 적은 특성을 가지고 있다[5]. 또한 BMI가 정상범위라도 체지방률이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 혈압(blood pressure), 공복혈당(fasting glucose, FG), 저밀도지단백질(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 등 심혈관계 질환 위험 요인이 증가하며, 복부지방의 과다한 축적은 염증반응을 일으켜 체내 인슐린저항성을 유발하여 고인슐린혈증(hyperinsulinemia)과 이상지질혈증(dyslipidemia) 등의 대사질환으로 이어질 가능성이 높다고 보고되었다[3,6].

최근 비만과 관련된 위험요인을 경감시키기 위한 운동요법 중 하나로 저항성 운동(resistance training)이 주목을 받고 있다[7-11]. 주기적인 저항성 운동은 테스토스테론(testosterone), 성장호르몬(growth hormone, GH), 인슐린성장인자(insulin-like growth factor-1, IGF-1) 등의 호르몬 분비를 증가시켜 체내 근육합성을 촉진하여 근육량 및 근력의 향상에 효과적이라고 보고되었다[12,13]. 미국심장협회(American Heart Association)에서는 심혈관계 질환의 예방을 위해서 주기적인 저항성 운동을 권고하고 있으며[7], 선행연구에 따르면 저항성 운동은 혈압, 총콜레스테롤(total cholesterol, TC), LDL-C, 중성지방(triglycerides, TG)의 수치를 유의하게 감소시킨다고 보고되었다[7,14]. 저항성 운동은 특히 상대적으로 남성보다 낮은 근육량과 근력을 가지고 있는 여성의 신체조성(body composition) 개선과 체력 향상을 위하여 필수적이라고 강조되고 있다[15]. 미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine)에 따르면 근비대(muscle hypertrophy)를 위한 운동 강도로 최대반복횟수(one-repetition maximum, 1RM)의 70-85%의 저항성 운동을 제안하고 있으며[15], 고강도 저항성 운동(high-intensity resistance training)이 운동 초기 단계에서 IGF-1, GH 등의 단백질 발현을 증가시키고 골밀도(bone mineral density)를 향상시켜 근비대 및 근력 향상에 도움을 준다고 보고되었다[16-18]. 그러나 체력 수준이 낮은 대상자들에게 고강도 저항성 운동은 근육, 인대 및 관절에 많은 기계적 스트레스로 작용할 수 있으며, 장비를 다루는 과정에서 부상의 위험 요소가 높고 중도탈락률이 높기 때문에 여성을 비롯한 초심자들에게 적용하기 쉽지 않은 한계점이 있다[19,20]. 선행연구에 따르면 저항성 운동을 통한 동화 호르몬 반응(anabolic hormonal response)은 1RM의 40% 이상의 운동강도일 때 발현이 되며[21], 1RM의 50-65%로 수행하는 중강도 저항성 운동(moderate-intensity resistance training)이 고강도 저항성 운동만큼 근력 및 근육량 향상에 효과적이라고 보고되었다[22,23]. Alegre et al. [23]의 연구에서는 여성을 대상으로 10주 동안 1RM 50%의 중강도 하지 저항성 운동을 수행한 결과 1RM 80%의 고강도 운동과 비슷한 수준으로 하지근력과 근육량이 증가하였다고 보고되었다. Bartholomew et al. [24]의 연구에 따르면 성별에 관계없이 운동강도가 낮아질수록 운동수행에 대한 불안감이 낮아진다고 보고되어, 체력 수준이 낮은 마른 비만 여성에게는 저항성 운동 수행시 안정성과 더불어

운동 지속 동기를 높이기 위하여 중강도 저항성 운동이 효과적이라 사료된다.

최근 여성을 비롯한 근력 운동 경험이 없는 초심자들도 부상의 위험 없이 실시할 수 있으며, 근비대의 효과를 가져오는 운동으로 혈류 제한 저항성 운동(blood flow restriction-resistance training, BFR-RT)의 효과가 부각되고 있다. 혈류 제한 운동은 상하지에 압력 커피를 착용하고, 동·정맥의 혈류를 부분적으로 제한한 상태에서 실시하는 운동 형태[25], 혈류 제한 저항성 운동 시 근육내 국소적인 저산소(hypoxia) 환경이 체내 젖산 축적 및 활성산소종(reactive oxygen species) 등의 대사적 스트레스를 극대화시킴으로써 GH를 자극하여 근비대 및 근력 개선에 효과적이라고 보고되었다[26-30]. 또한 Drummond et al. [31]의 연구에 따르면 혈류 제한 저항성 운동 후 근육에서의 단백질 합성이 56% 증가되었으며, p70 ribosomal S6 kinase 1과 ribosomal protein S6의 인산화를 증가시켜 운동 중 mTOR의 신호경로를 활성화하기 때문에 근섬유내 단백질 합성개시(translation initiation)을 향상시키는데 도움을 준다고 보고되었다. 운동강도 측면에서도 혈류 제한 저항성 운동은 비교적 낮은 강도(1RM 20%)로 일반적인 고강도 저항성 운동 만큼의 근비대 및 근력 향상을 촉진시켜 체력수준이 낮은 노인, 여성 및 어린이와 같은 대상자들에게 권장되고 있다[25,32,33].

마른 비만 여성은 체중의 감소보다 근육량의 증가와 체지방 감소를 위하여 저항성 운동이 권장되며, 체력 수준이 낮기 때문에 부상의 위험에 따른 적절한 저항성 운동법 및 강도를 적용하여야 한다. 일반적인 중강도 저항성 운동과 저강도 혈류 제한 저항성 운동은 마른 비만자들을 대상으로 적용할 수 있는 효율적인 방법이라고 사료되지만, 이 두가지 운동의 효과를 비교한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 마른 비만 여성에게 5주간의 혈류제한 저강도 저항성운동(low-intensity blood flow restriction resistance training)과 일반적인 중강도 저항성 운동(traditional moderate-intensity resistance training)을 적용하여 운동의 효과와 더불어 운동 전 후 심혈관계 위험인자인 혈중 지질에 미치는 영향을 비교 분석해보고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 참여자는 I시에 위치한 I대학에 재학 중인 20대 젊은 여성을 대상으로 BMI가 18.5-25 kg/m²로 정상 범위에 속하면서 체지방률이 28% 이상인 마른 비만자 중 자발적으로 연구 참여 의사를 보인 30명을 선정하였다. 처치방법에 따라 저강도 혈류 제한 저항성 운동(BFR-RT) 그룹, 중강도 저항성 운동(RT) 그룹, 운동을 하지 않는 통제(control, CON) 그룹에 각 10명씩 세 그룹으로 무선 할당(random assignment) 하였다. 모든 연구 참여자에게 연구에 수반되는 잠재적 위험

을 상세하게 설명하여 자발적인 동의를 구한 후 연구를 진행하였으며, 연구에 참여한 30명 중 저강도 혈류 제한 저항성 운동 그룹에서 중도 탈락한 1명을 제외하고는 사전 및 사후 검사와 5주간의 그룹별 중재를 완료하였다. 본 연구는 1대학교 기관생명윤리위원회의 심의 절차를 거친 후 수행되었다(7007971-201904-006-01).

2. 연구 절차

1) 연구설계 및 절차

본 연구에서 모든 연구 참여자는 사전, 사후 측정 전에 최소 9시간 이상 공복 상태를 유지한 상태에서 측정에 참여하였다. 측정 후 1주간의 운동 적응 기간을 통해 적응을 마친 뒤 그룹을 무선 할당하여 세 그룹으로 분류하였다. 통제 그룹에 할당된 연구 참여자는 연구 기간 동안 일상적인 활동 이외에 규칙적인 운동 참여를 하지 않도록 하였으며, 운동 그룹에 할당된 연구 참여자는 5주간의 계획된 운동 프로그램을 제외하고는 일상적인 활동 방식을 유지하도록 하였다. 기본적인 연구 참여자의 특성은 Table 1과 같다.

2) 신체계측

신장은 신장계(삼화계기, Seoul, Korea)를 이용하여 맨발로 선 자세에서 계측하였으며, 신체 조성은 생체전기저항법(bioelectrical impedance analysis, BIA)을 이용한 체성분분석기(Inbody 720, Biospace, Seoul, South Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정 9시간 전부터 운동을 제한하고 공복 상태를 유지한 후 측정하였다. 체성분 분석을 통하여 측정된 근육량(kg), 체지방량(kg), 체지방률(%), BMI (kg/m^2)를 본 연구에서 이용하였다.

3) 혈류 제한 저항성 운동 및 일반적인 저항성 운동

혈류제한 저항성운동 그룹은 운동 전 의자에 편히 앉은 자세로 Kaatsu Nano (Kaatsu Global, Huntington, USA) 장비를 사용하여 공기압을 조절할 수 있는 폭 50 mm의 탄성 재질의 커프를 양쪽 상지 또는 하지 근위부에 착용하도록 하였다(Fig. 1). 공기 주입 전 커프의 초기 압력은 상지 20 mmHg, 하지 40 mmHg를 유지하여 착용하였다. 혈류 제한 저항성 운동 시 고강도의 혈류 압박(200 mmHg 이상)이 중강도

(-150 mmHg or 수축기 혈압의 130%)보다 근육 내 대사물질을 증가시키는데 비효율적이며 과도한 압박은 혈관 손상에 영향을 미친다고 보고되었다[34]. 앞의 선행연구를 참고하여 본 연구에서는 운동 시 사전 측정된 각각의 수축기 혈압 수준으로 압력을 증가시킨 후 안정성을 확보하여 운동을 실시하였다. 운동 중 세트 간 휴식 시 커프의 공기는 유지하고, 운동과 운동 사이의 휴식 시 커프의 공기를 제거하였으며, 선행 연구의 프로토콜에 따라 모든 운동 종료 후 즉시 커프의 공기를 제거하였다[28]. Karabulut et al. [34]의 연구를 참조하여 운동강도를 설정하였으며 운동 초심자의 개인차에 따라 반복횟수의 제한점을 설정하여 실패지점까지 수행하도록 지도하였다. 혈류 제한 저강도 저항성 운동 그룹은 1RM의 40% 강도로 14-18회 총 3세트를 실시하였으며, 중강도 저항성 운동 그룹은 1RM의 60-70% 강도로 8-12회 총 3세트를 5주 동안 주 2회 운동을 실시하였다. 상체 운동으로는 벤치프레스(bench press), 바벨 로우(barbell row)를 실시하였으며, 하체 운동으로는 스쿼트(squat), 런지(lunge)를 실시하였다. 구체적인 혈류 제한 저항성 운동과 일반적인 저항성 운동 프로그램은 Table 2와 같다.

4) 혈중 지질 측정

혈중 지질 검사는 finger tip 방식으로 채혈하여 Cholestech LDX (Alere, Oslo, Norway) 장비를 통해 측정하였다. 연구 참여자로부터 최소 9시간 금식한 상태로 검지 손가락 끝에서 약 35 μL 의 혈액을 채취



Fig. 1. Fitting of Kaatsu Nano band in upper (A) and lower (B) extremities.

Table 1. Subject characteristics

Variables	CON (n=10)	BFR-RT (n=9)	RT (n=10)	p-value
Age (yr)	21.9±0.5	22.3±1.0	21.5±0.8	.753
Height (cm)	157.6±1.4	162±1.8	161±1.3	.100
Weight (kg)	53.1±1.6	58.7±2.0	54.6±1.9	.109
SBP (mmHg)	105.5±4.0	110.7±1.6	100.4±4.2	.156
DBP (mmHg)	57.5±2.1	67.0±3.6	57.4±2.7	.037*

Values are Mean ± SE; BFR-RT, blood flow restriction-resistance training; DBP, diastolic blood pressure; RT, resistance training; SBP, systolic blood pressure. * $p < .05$.

Table 2. Specific resistance exercise program for traditional and blood flow restriction

Exercise	Type	Intensity	Repetition	Set
BFR-RT	Upper	Bench press, Barbell row	1RM 40%	14-18
	Lower	Squat, Lunge		
RT	Upper	Bench press, Barbell row	1RM 60-70%	8-12
	Lower	Squat, Lunge		

1RM, 1 repetition maximum; BFR-RT, blood flow restriction-resistance training; RT, resistance training.

하였고, 측정 장비에 혈액이 담긴 키트를 삽입한 후 분석을 하였다. 제 조업체의 프로토콜에 따라 5분 후 중성지방(TG), 고밀도지단백질(HDL-C), 저밀도지단백질(LDL-C), 총콜레스테롤(TC) 수치가 자동 산출되었다[35].

5) 근력

근력은 SH5001 Hydraulic Hand Dynamometer (Saehan, Seoul, Korea) 장비를 사용하여 악력을 측정하여 이용하였다. 연구 참여자는 기립하여 양발을 어깨너비로 벌리고 편안한 자세로 선채, 측정하는 손을 전방 15°로 악력계를 파지하여 측정하였으며 측정 전에 충분한 손목 스트레칭을 통하여 부상을 사전에 예방하였다. 이전 측정의 영향을 최소화하기 위하여 1분의 간격을 두고 주로 쓰는 손을 2회 측정하여 더 높게 측정된 값을 사용하였다.

6) 무산소성 파워

무산소성 파워는 실험실 테스트의 하나인 윈게이트(Wingate test)로 실시하였으며, 측정 장비는 Wingate 894E (Monark, Vansbro, Sweden) 모델을 사용하였다. 윈게이트 테스트 전 고관절과 대퇴 근육을 충분한 스트레칭으로 이완시켰으며 본인의 의사에 따라 테스트를 시작하였다. 측정 전 연구참여자는 안장에 올라가 무릎이 완전하게 펴진 페달 위치에서 무릎 각도가 약 15°를 유지할 수 있도록 안장의 높이를 조절하였다. 본 연구에서 이용되는 검사 프로토콜은 2분간 60 rpm의 속도로 warm-up 후 체중당 0.075 kp로 설정된 운동 부하로 30초 동안 무산소성 운동 능력을 측정하였다[36].

7) One-Repetition Maximum (1RM)

1RM은 참여자들의 1주간의 운동 적응 기간에 이루어졌으며 벤치프레스, 바벨 로우, 스쿼트, 런지 각각의 1RM을 측정하였다. 본 연구의 참여자들이 숙련되지 않은 상태에서 직접적 방법을 통해 1RM 측정하게 될 경우 발생할 수 있는 부상 위험을 고려하여, O'Connor et al. [37]이 제시한 아래와 같은 간접 측정 공식을 사용하여 1RM을 추정하였다.

$$1RM = \text{반복 가능한 중량} + (0.025 \times \text{반복 가능한 중량} \times \text{실제 반복 횟수})$$

3. 자료처리

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS version 23 프로그램을 이용하여 분석하였다. 세 그룹(저강도 혈류 제한 저항성 운동 그룹, 중강도 저항성 운동 그룹과 통제 그룹)의 신체 조성, 근력 및 무산소성 파워 그리고 혈중 지질은 평균(mean) ± 표준 오차(standard error, SE)로 제시하였고, 사전 검사에서 연구 참여자들의 동질성 검정을 위하여 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. 정규성을 나타내지 않은 변인들은 비모수 검정 방법인 Kruskal-Wallis test를 통하여 검정하였으며 일원 반복측정 분산분석(Two-way repeated ANOVA)을 통하여 종속 변인 별 중재에 따른 집단과 시기 간 상호 작용을 분석하였다. 또한 그룹의 주 효과, 시기의 주 효과 및 시기와 그룹의 상호 작용이 유의하게 나타난 경우 Bonferroni를 이용하여 사후 분석을 실시하였다. 본 연구에서 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 운동 처치 후 신체 조성에 대한 변화

신체 조성 변화를 분석한 결과 체중, 체지방량, BMI, 체지방률의 시기 간, 그룹 간 그리고 그룹과 시기 간 유의한 상호 작용 효과는 나타나지 않았으나(Fig. 2A-D), 근육량에서 측정 시기 간 주 효과가 나타났으며($p = .000$), 그룹과 시기 간 상호 작용에서도 효과가 나타났다(Fig. 2E, $p = .028$). 운동 중재 후 RT그룹에서 근육량은 통계적으로 유의하게 증가하였다($p = .000$).

2. 운동 처치 후 혈중 지질의 변화

혈중 지질변화를 분석한 결과 TC, TG, LDL-C의 시기 간, 그룹 간, 그리고 그룹과 시기 간 유의한 상호 작용 효과는 나타나지 않은 반면(Fig. 3A-C), HDL-C에서 측정 시기 간 주 효과가 나타났으며($p = .005$), 그룹과 시기 간 상호 작용에서도 효과가 나타났다($p = .039$). 운동 중재 후 RT 그룹에서 HDL-C는 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 3D, $p = .001$).

3. 운동 처치 후 근력 및 무산소성 파워의 변화

근력 및 무산소성 파워 변화를 분석한 결과 근력에서 측정 시기 간

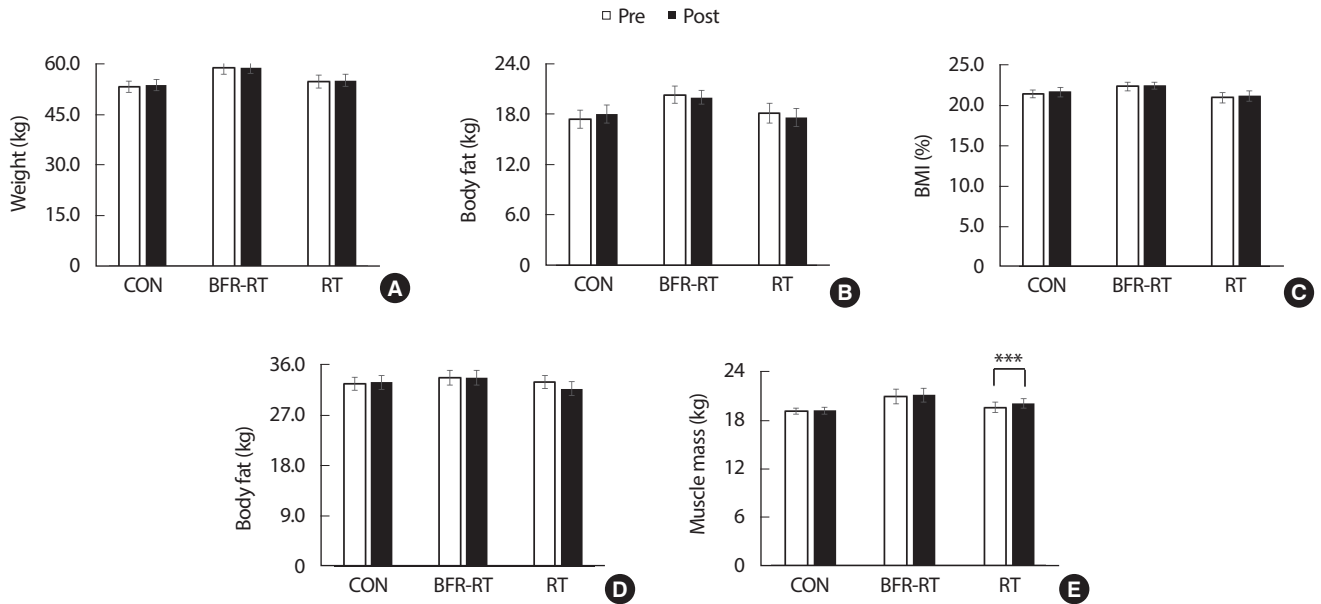


Fig. 2. Changes in body composition variables after interventions for 5 weeks in normal obese young women. CON, control; BFR-RT, blood flow restriction resistance training; RT, resistance training. *** $p < .001$ compared to pre-.

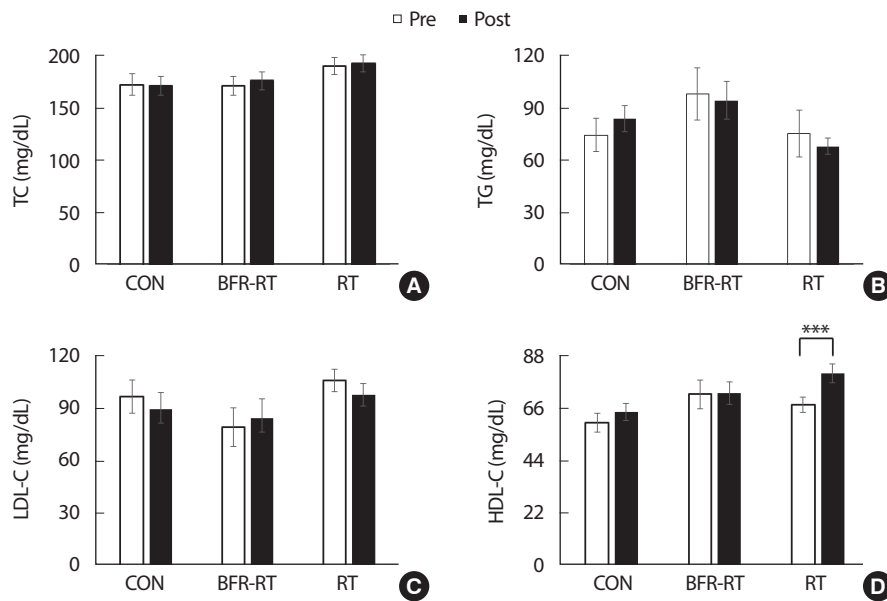


Fig. 3. Changes in blood lipid parameters after interventions for 5 weeks in normal obese young women. CON, control; BFR-RT, blood flow restriction resistance training; RT, resistance training. *** $p < .001$ compared to pre-.

주 효과가 나타났으나($p = .005$), 그룹 간 및 그룹과 시기 간 상호 작용에서 효과는 나타나지 않았다. 운동 중재 후 BFR-RT 그룹($p = .010$)과 RT 그룹($p = .021$) 내 근력이 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 4A).

무산소성 파워에서 측정 시기 간($p = .000$), 그룹 간($p = .009$), 그룹과 시기 간 상호 작용에서 주 효과가 나타났다($p = .006$). 운동 중재 후 BFR-RT 그룹($p = .000$)과 RT 그룹($p = .000$) 내 무산소성 파워가 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 4B). Bonferroni 사후 검정 결과 5주간

의 운동 중재 후 CON 그룹과 비교하여 BFR-RT 그룹($p = .04$), RT 그룹($p = .013$) 모두 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 4B).

논 의

본 연구는 20대 마른 비만 여성에게 5주 동안 혈류 제한 저강도 저항성 운동과 일반적인 중강도 저항성 운동을 처치한 후 신체 조성, 근

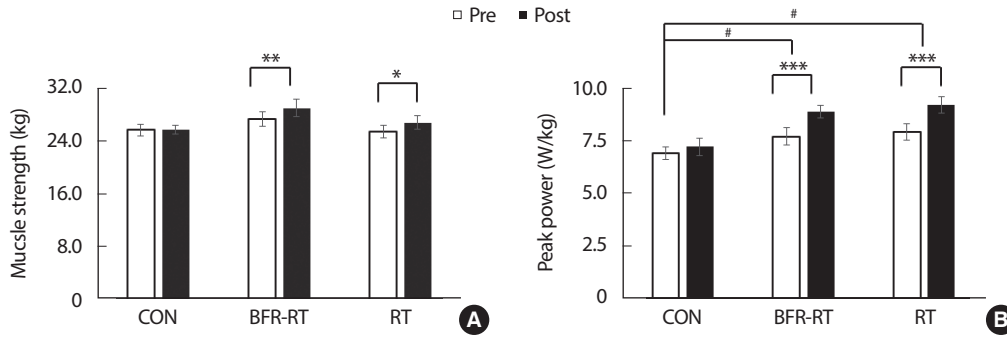


Fig. 4. Changes in muscle strength and anaerobic power after interventions for 5 weeks in normal obese young women. CON, control; BFR-RT, blood flow restriction resistance training; RT, resistance training. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ compared to pre-; # $p < .05$ Compared between groups.

력, 무산소성 파워를 측정하여 저항성 운동의 효과를 비교하고, 혈중 지질의 변화를 측정하여 운동 전 후 심혈관계 위험인자에 미치는 영향을 비교 분석하고자 하였다.

5주간 저항성 운동을 처치한 결과 모든 그룹에서 체중, BMI, 체지방량, 체지방률에서 유의한 차이가 발견되지 않았으며, RT 그룹에서만 근육량이 유의하게 증가되었다. 마른 비만의 경우 체중에 비해 체지방이 높고 체지방률이 낮아 일반적인 체중의 감량보다 체지방량을 증가시켜 에너지소비를 증가시키는 것이 효과적이라고 보고되고 있다[38]. 이러한 관점에서 저항성 운동은 유산소성 운동에 비해 에너지 소비량은 낮지만[39], 체지방량을 증가시켜 안정 시 기초대사량을 높이므로 총 에너지 소비량 증가 효과를 통해 체지방 감소를 가능하게 한다[40]. 선행연구에 따르면 비만 여성을 대상으로 12주간 저항성 운동을 처치한 결과 BMI, LDL-C, TG, FG 등이 유의하게 감소하였고[41], 1년 동안 비만 여성에게 중강도 저항성 운동을 처치한 결과 체지방량의 증가와 함께 염증 단백질인 C-reactive protein과 지방에서 분비되는 호르몬인 아디포넥틴(adiponectin)이 개선되었다고 보고되었다[42]. 한편 혈류 제한의 운동 방법을 이용한 선행 연구들의 경우, 근육 1RM 25-50%의 비교적 낮은 강도에서 근육량의 증가가 관찰되었다[26,43-45]. Manoel et al. [46]은 12주간의 혈류 제한 운동(1RM 20%)과 고강도 저항성 운동(1RM 80%)를 처치한 결과, 혈류 제한 운동 그룹의 경우 대퇴부의 근육 횡단 면적이 3.2%만 증가한 반면, 고강도 저항성 운동은 5.9% 증가하여 고강도 저항성운동이 근비대에 더 효과적임을 제시하였다. 또한 장기간의 혈류 제한 저강도 저항성 운동은 일반적인 저강도 저항성 운동에 비해 근육의 횡단 면적 증가에 효과적이지만, 고강도 저항성 운동보다 근육의 횡단 면적을 증가시키기에는 부족하다고 보고되었다[46,47]. 본 연구는 비록 5주간의 단기간이지만, 선행연구들을 바탕으로 운동 초기 근육량을 증가시키는 데에는 일반적인 중강도 운동이 혈류 제한 저강도 운동보다 효과적이라고 사료된다.

비만 초기에 체내 과도한 지방조직의 축적과 혈중 지질 수준의 증가는 이상지질혈증(dyslipidemia)을 포함한 심혈관계 질환의 발병 위험을

높인다고 보고되었다[48]. 5주간의 운동 중재 후 모든 그룹에서 TG, LDL-C, 그리고 TC에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면에 HDL-C의 경우 RT 그룹에서 유의하게 증가하였다. 이상지질혈증 문제를 해결하기 위한 다양한 방법 중 가장 효과적인 방법은 운동이며[49], 특히 저항성 운동은 유산소성 운동과 마찬가지로 TC의 감소와 HDL-C의 증가에 효과적이기 때문에 이상지질혈증뿐 아니라 심혈관계 질환의 예방을 위해 권고된다[50,51]. 본 연구에서 BFR-RT 그룹의 근육량과 HDL-C가 증가하지 않은 반면, RT 그룹에서 근육량의 증가와 HDL-C의 증가가 함께 나타났다. 선행연구에 따르면 HDL-C은 근육량과 정적인 상관관계가 있으며[52], 12주간의 저항성 운동을 통하여 HDL-C를 유의하게 증가시켰다고 보고하였다[53]. 본 연구에 참여한 20대 마른 비만 여성의 경우, LDL-C와 TG의 농도가 건강한 성인에 해당하는 정상 범위 내에 있었기 때문에 운동을 통한 혈중 지질 개선 정도가 미약하지만, 선행연구들과 마찬가지로 저항성 운동을 통한 근육량의 증가는 HDL-C의 향상과 상관성이 있다고 사료된다. 그러나 본 연구는 단순히 두 운동 방법의 효과를 비교한 것이기 때문에 추후 연구에서는 일반적인 저강도 저항성 운동 그룹을 추가하여 일반적인 저항성 운동과 혈류 제한성 저항성 운동을 같은 강도로 혈중지질의 변화를 비교할 필요가 있다고 사료된다.

선행연구에 따르면 비만은 근력과 무산소성 파워를 직접적으로 감소시키며 근육 수행능력을 감소시킨다고 보고되었다[54-56]. 무산소성 파워와 근력의 저하는 순발력을 저하로 이어질 수 있으며 낙상과 같은 사고로 진행될 수 있기 때문에 운동수행능력 외 일상 생활에서도 중요한 요인이다[57,58]. 5주간의 운동 중재 후 BFR-RT그룹과 RT그룹 내에서 근력과 무산소파워가 유의하게 증가하였으며, 무산소성 파워의 경우 CON 그룹과 비교하였을 때에도 두 그룹 모두 통계적으로 유의한 증가를 보였다. Laurentino et al. [59]의 연구에 따르면 젊은 성인 대학생 남성을 대상으로 48주간 총 16시간에 걸쳐 1RM의 20-30% 혈류 제한 운동 그룹과 70-80% 일반적인 저항성 운동을 처치한 결과, 두 그룹 모두 하지 근력을 증가시켰으며 1RM의 30% 강도로 7주간 총 20시

간 혈류 제한 저항성 운동을 처치한 결과 젊은 성인 남성 그룹의 근육 횡단면적과 함께 상지 근력이 유의하게 증가했다고 보고되었다[60]. 그러나 Kacin et al. [61]의 연구에 따르면 젊은 성인 남성을 대상으로 4주간의 총 16시간 혈류 제한성 저강도 저항성 운동을 처치한 결과, 대퇴 근육횡단면적이 3.4% 향상되었지만 근력은 향상되지 않았다[61]. Loenneke et al. [62]의 혈류 제한 저강도 저항성 운동 메타분석(meta-analysis) 연구에 따르면 저강도 혈류 제한성 운동은 일반 저항성 운동과는 달리 10주 이상 장기간 실시하였을 때 근신경계적응(neural adaptations)이 활성화되어 근력이 상승하였다. 본 연구에서는 운동 중재 후 그룹 내의 차이는 있었지만 그룹과 시기간 상호효과는 발견되지 않았다. 그러므로 향후 연구에서는 10주 이상의 혈류 제한 저강도 저항성 운동과 일반적인 중강도 저항성 운동과 비교하여 보다 명확한 결과를 도출할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구를 포함한 이전의 선행연구들이 1RM 20-40%의 강도로도 혈류 제한 저강도 저항성 운동이 근비대를 촉진시킨다는 사실을 입증하였다[28,61,63]. 그러나 혈류 제한 저강도 저항성 운동과 무산소성 파워와의 상관성을 비교한 연구는 미비한 실정이다. 비록 본 연구에서 혈류 제한 저강도 저항성 운동 그룹에서 5주 운동 중재 후 근육량은 증가하지 않았지만, 무산소성 파워는 유의하게 상승하였다. 일반적으로 근육량의 향상은 순발력 및 근파워를 향상시키며, 운동수행능력을 대변하는 요소로 무산소성 파워가 널리 사용되고 있다[64,65]. 본 연구의 결과를 바탕으로 종합해보면, 혈류 제한성 저강도 운동은 마른 비만과 같은 체력수준이 낮은 대상자들에게 운동초기 1RM 40%의 비교적 낮은 강도로도 무산소성 파워를 향상시키는 데 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

이 연구에서 5주간 운동 처치 후 일반적인 중강도 저항성 운동 집단에서만 근육량과 HDL-C가 향상되었다. 그러나 본 연구는 단순히 두 운동 방법의 효과를 비교 검증한 것이기 때문에 추후 연구에서는 일반적인 저강도 저항성 운동 그룹을 추가하여 두 운동 방법간 수평비교를 수행할 필요가 있다고 사료된다. 또한 본 연구의 혈류 제한 압박 강도는 연구 대상자 개인의 수축기 혈압에 맞추어 진행하였다. 선행연구에 따르면 100 mmHg 정도의 상대적으로 낮은 압박 강도로도 근력을 유의하게 향상시켰으며[66], 수축기 혈압의 130%의 중강도로 수행하는 것이 200 mmHg 이상의 강한 압박 방법보다 효율적이라고 보고되었지만[34], 혈류 제한 저항성 운동을 통한 근육량 및 근력의 증가는 200 mmHg 이상의 강한 압박강도에서 더 높은 증가량을 보였다[43]. 또한 Kim et al. [33]의 연구에서 수축기 혈압의 200%의 혈류압박 강도를 유지하고 1RM 30%의 혈류 제한성 운동을 처치한 결과, 근육손상의 지표인 creatine kinase 혈중 농도가 정상범위를 넘지 않는 안전한 수준이라고 보고하여 고강도 압박방법의 안정성을 검증하였다. 하지만 체력수준이 상대적으로 낮은 마른 비만을 대상으로는 운동초기 안정성을 확보할 필요가 있다고 사료된다. Abe et al. [26]의 연구에서는

혈류 제한 저항성 운동에 적응 기간을 충분히 두어 주 단위로 압박강도(1주 160 mmHg, 2주 240 mmHg)를 단계별로 상승시켰다. 추후 연구에서는 체력수준이 낮은 마른 비만 여성을 대상으로 압박강도를 안정 시 수축기 혈압 강도에서부터 점진적으로 수축기 혈압의 2배 이상의 강도로 증가시켜 혈류 제한 저항성 운동을 수행하여 운동의 효과를 검증할 필요가 있다고 사료된다.

결론

본 연구는 젊은 성인 마른 비만 여성을 대상으로 5주간의 혈류 제한성 저강도 저항성 운동과 중강도 저항성 운동과의 효과 차이를 규명하고자 하였다. 연구 결과 혈류 제한성 저강도 저항성 운동이 신체조성, 혈중지질, 근력을 개선하지 못하였지만, 무산소성 파워를 유의하게 향상시켰다. 그에 비해 중강도 저항성 운동은 근육량, HDL-C, 무산소성 파워가 유의하게 향상되어 마른 비만 여성을 대상으로 5주간의 운동 중재 시 중강도 저항성 운동이 혈류 제한 저강도 저항성 운동보다 효과적이라고 사료된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: N Kim, D Lee, Data curation: N Kim, D Lee, Formal analysis: N Kim, D Lee, Methodology: N Kim, D Lee, Visualization: N Kim, Writing-original draft: N Kim, D Lee, S Lee, Writing-review & editing: N Kim, D Lee, S Lee.

ORCID

Sewon Lee <https://orcid.org/0000-0002-6179-5156>

REFERENCES

1. Oliveros E, Somers VK, Sochor O, Goel K, Lopez-Jimenez F. The concept of normal weight obesity. *Prog Cardiovasc Dis.* 2014;56(4):426-33.
2. Kim JY, Kim YY, Lee MG. Effects of 12 weeks of resistance training on

- physique, body composition, insulin resistance, and blood lipid in 20s normal weight obese females. *KJSS*. 2016;27(2):220-33.
3. De Lorenzo A, Martinoli R, Vaia F, Di Renzo L. Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2006;16(8):513-23.
 4. Dvorak RV, DeNino WF, Ades PA, Poehlman ET. Phenotypic characteristics associated with insulin resistance in metabolically obese but normal-weight young women. *Diabetes*. 1999;48(11):2210-4.
 5. Marques-Vidal P, Pécoud A, Hayoz D, Paccaud F, Mooser V, et al. Prevalence of normal weight obesity in Switzerland: effect of various definitions. *Eur J Nutr*. 2008;47(5):251.
 6. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Korenfeld Y, Boarin S, et al. Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality. *Eur Heart J*. 2010;31(6):737-46.
 7. Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*. 2006;113(22):2642-50.
 8. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, et al. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):533-53.
 9. Phillips MD, Patrizi RM, Cheek DJ, Wooten JS, Barbee JJ, et al. Resistance training reduces subclinical inflammation in obese, postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(11):2099-110.
 10. Treserras MA, Balady GJ. Resistance training in the treatment of diabetes and obesity: mechanisms and outcomes. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2009;29(2):67-75.
 11. Winett RA, Carpinelli RN. Potential health-related benefits of resistance training. *Prev Med*. 2001;33(5):503-13.
 12. Brown AB, McCartney N, Sale D. Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol*. 1990;69(5):1725-33.
 13. Welle S, Bhatt K, Shah B, Thornton CA. Insulin-like growth factor-1 and myostatin mRNA expression in muscle: comparison between 62-77 and 21-31 yr old men. *Exp Gerontol*. 2002;37(6):833-9.
 14. Kelley GA, Kelley KS. Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Prev Med*. 2009;48(1):9-19.
 15. Medicine ACoS, ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
 16. GOLDSPINK G. Changes in muscle mass and phenotype and the expression of autocrine and systemic growth factors by muscle in response to stretch and overload. *J Anat*. 1999;194(3):323-34.
 17. Maddalozzo G, Snow C. High intensity resistance training: effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int*. 2000;66(6):399-404.
 18. Seynnes OR, de Boer M, Narici MV. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J Appl Physiol*. 2007;102(1):368-73.
 19. Haykowsky M, Findlay JM, Ignaszewski AP. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage associated with weight training: three case reports. *Clin J Sport Med*. 1996;6(1):52-5.
 20. Spada TC, Silva JM, Francisco LS, Marçal LJ, Antonangelo L, et al. High intensity resistance training causes muscle damage and increases biomarkers of acute kidney injury in healthy individuals. *PloS one*. 2018;13(11):e0205791.
 21. Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med*. 2004;34(10):663-79.
 22. Willoughby DS, Pelsue SC. Muscle strength and qualitative myosin heavy chain isoform mRNA expression in the elderly after moderate- and high-intensity weight training. *J Aging Phys Act*. 1998;6(4):327-39.
 23. Alegre LM, Aguado X, Rojas-Martín D, Martín-García M, Ara I, et al. Load-controlled moderate and high-intensity resistance training programs provoke similar strength gains in young women. *Muscle nerve*. 2015;51(1):92-101.
 24. Bartholomew JB, Linder DE. State anxiety following resistance exercise: the role of gender and exercise intensity. *J Behav Med*. 1998;21(2):205-19.
 25. Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J Physiol*. 2004;54(6):585-92.
 26. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, CF K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1(1):6-12.
 27. Downs ME, Hackney KJ, Martin D, Caine TL, Cunningham D, et al. Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow-restricted exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(8):1489-97.
 28. Karabulut M, Bembem DA, Sherk VD, Anderson MA, Abe T, et al. Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(8):1659-67.
 29. Tanimoto M, Madarame H, Ishii N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: comparison between "KAATSU" and other types of regimen. *Int J Kaatsu*

- Training Res. 2005;1(2):51-6.
30. Loenneke J, Wilson G, Wilson J. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* 2010;31(01):1-4.
 31. Drummond MJ, Dreyer HC, Fry CS, Glynn EL, Rasmussen BB. Nutritional and contractile regulation of human skeletal muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *J Appl Physiol.* 2009;106(4):1374-84.
 32. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(1):147.
 33. Kim TH, Lee SH, Kim YJ, Kim SJ, Kang JH, et al. Effect of acute resistance exercise with different level of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness, blood lactate, ck and oxidative stress in male. *Exerc Sci.* 2018;27(1):50-61.
 34. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben M. Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2007;3(1):1-9.
 35. Namgoong H, Lee D, Hwang M-H, Lee S. The relationship between arterial stiffness and maximal oxygen consumption in healthy young adults. *J Exerc Sci Fit.* 2018;16(3):73-7.
 36. Inbar O, Bar-Or O, Skinner JS. *The Wingate anaerobic test.* John Wiley & Sons; 1996.
 37. O'Connor R, O'Connor B, Simmons J, O'Shea P. *Weight training today.* Thomson Learning; 1989.
 38. Medicine ACoS. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687.
 39. Al Saif A, Alsenany S. Aerobic and anaerobic exercise training in obese adults. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(6):1697-700.
 40. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, et al. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):459-71.
 41. Fenkci S, Sarsan A, Rota S, Ardic F. Effects of resistance or aerobic exercises on metabolic parameters in obese women who are not on a diet. *Adv Ther.* 2006;23(3):404-13.
 42. Olson TP, Dengel D, Leon A, Schmitz K. Changes in inflammatory biomarkers following one-year of moderate resistance training in overweight women. *Int J Obes (Lond).* 2007;31(6):996-1003.
 43. Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;77(1-2):189-91.
 44. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86(4):308-14.
 45. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* 2000;88(6):2097-106.
 46. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(12):2471-80.
 47. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):1071-6.
 48. Klop B, Elte JWF, Cabezas MC. Dyslipidemia in obesity: mechanisms and potential targets. *Nutrients.* 2013;5(4):1218-40.
 49. Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, et al. Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise. *Sports Med.* 2001;31(15):1033-62.
 50. Wallace MB, Moffatt RJ, Haymes EM, Green NR. Acute effects of resistance exercise on parameters of lipoprotein metabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(2):199-204.
 51. Tambalis K, Panagiotakos DB, Kavouras SA, Sidossis LS. Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence. *Angiology.* 2009;60(5):614-32.
 52. Kim TN, Park MS, Lim KI, Yang SJ, Yoo HJ, et al. Skeletal muscle mass to visceral fat area ratio is associated with metabolic syndrome and arterial stiffness: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS). *Diabetes Res Clin Pract.* 2011;93(2):285-91.
 53. Joseph LJ, Davey SL, Evans WJ, Campbell WW. Differential effect of resistance training on the body composition and lipoprotein-lipid profile in older men and women. *Metabolism.* 1999;48(11):1474-80.
 54. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens A, Muls E. Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand. J Med Sci Sports.* 2001;11(5):305-9.
 55. Lafortuna C, Fumagalli E, Vangeli V, Sartorio A. Lower limb alactic anaerobic power output assessed with different techniques in morbid obesity. *J Endocrinol Invest.* 2002;25(2):134-41.

56. Tomlinson D, Erskine R, Morse C, Winwood K, Onambélé-Pearson G. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*. 2016;17(3):467-83.
57. Lafortuna C, Maffiuletti N, Agosti F, Sartorio A. Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *Int J Obes (Lond)*. 2005;29(7):833-41.
58. Silva Neto LS, Karnikowski MG, Tavares AB, Lima RM. Association between sarcopenia, sarcopenic obesity, muscle strength and quality of life variables in elderly women. *Braz J Phys Ther*. 2012;16(5):360-7.
59. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(3):406-12.
60. May AK, Russell AP, Warmington SA. Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an active unrestricted arm. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(3):617-27.
61. Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(6):e231-41.
62. Loenneke JP, Wilson JM, Marin PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(5):1849-59.
63. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, et al. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(10):2525-33.
64. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. *Physiology of sport and exercise*. Vol. 524: Human kinetics Champaign, IL; 1994.
65. Ayalon A, Inbar O, Bar-Or O. Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power, in *Biomechanics IV*, Springer 1974. p. 572-77.
66. Burgomaster KA, Moore DR, Schofield LM, Phillips SM, Sale DG, et al. Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(7):1203-8.