

4주간의 혈류를 제한한 걷기운동이 비만여성의 혈중 염증지표와 등속성근기능, 대퇴둘레에 미치는 영향

박만수¹, 장석암¹, 이장규^{2*}

¹단국대학교 대학원 운동의과학과 ²단국대학교 운동처방재활학과

Effect of 4 Weeks' Walking Exercise with Blood Flow Restriction on Inflammatory index, Isokinetic Muscle Function, and Thigh Circumference in Obese Women

Man-Soo Park¹, Seok-Am Zang¹, Jang-Kyu Lee^{2*}

¹Department of Kinesiology & Medical Science, Graduate School, Dankook University

²Department of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University

요약 혈류를 제한한 운동은 가압벨트를 사용해 사지의 윗부분을 적당한 정도로 압박한 상태에서 트레이닝을 실시하며 인체의 다양한 생리적 기능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이 연구의 목적은 만성질환의 발병 위험성이 높은 비만여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 걷기운동이 신체조성 및 성장호르몬, 근손상지표에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 한다. 연구대상자는 BMI 25kg/m²와 체지방률 30% 이상의 직장 비만여성 11명으로 하였으며 혈류제한은 공압방식의 탄성벨트를 양쪽의 대퇴부위에 착용하고 압력을 조절하였다. 걷기프로그램은 트레드밀을 이용하여 실시하였으며(4주, 주 3일, 1일 2회), 2분 걷기와 1분 휴식으로 구성하여 총 5세트 반복하였고(4km/h, 5%) 대응표본 t-test를 실시하였다. 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 후, 체중과 신체질량지수, 체지방률이 유의하게 감소하였으며(p<.05), 우측의 대퇴둘레 또한 유의하게 감소되었다(p<.05). 혈중 염증지표의 농도변화에서 IL-6는 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 후, 유의하게 증가되었으며(p<.05), 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였지만 TNF- α 는 증가하는 경향을, CRP는 감소하는 경향을 보였다. 등속성 근기능의 변화에서 60°/sec의 좌우측 신전력(좌, p<.001; 우, p<.05)과 좌측의 굴곡력(p<.001)이 유의하게 증가되었으며 180°/sec의 좌측 신전력에서 유의하게 증가되었다(p<.001). 이상의 결과로부터 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동이 비만 중년여성의 체중 및 체지방률 감소와 근 기능 향상, 혈중 염증지표 농도의 변화에 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료되며, 이는 짧은 운동시간에도 불구하고 장시간의 운동 효과를 얻을 수 있음을 검증한 것과 동시에 각종 만성성인질환 및 대사성 질환의 원인인 비만을 예방하고 치료하는데 효과가 있는 것으로 생각된다.

Abstract Blood flow restriction(BFR) exercise is defined as low intensity and short term exercise using pneumatic pressure belts at the top of limbs, which affect the physiological functions of the body. The purpose of this study was to investigate the effects of walking exercise with BFR on inflammatory index, isokinetic muscle function, and thigh circumference in obese women. Eleven obese women (> BMI 25kg/m² & > body fat 30%) wore pneumatic pressure belts on both femurs and performed walking exercise twice per day, 3 days/wk for 4 weeks (walking 2min; resting 1min). Data analysis was carried out using paired t-test. Body weight, BMI, and body fat significantly decreased after exercise (p<.05), and right thigh circumference significantly decreased (p<.05). The concentration of plasma IL-6 significantly increased (p<.05) after exercise. TNF- α level was not statistically different but tended to slightly increase. CRP slightly decreased, although it did not reach statistical significance after exercise. Muscle strength significantly increased in the 60°/sec of right/left side extension, left side flexion, and 180°/sec of left side extension after training (p<.05). These results suggest that 4 weeks of blood flow restriction walking exercise has positive effects on inflammatory index and isokinetic muscle function. Therefore, we consider that blood flow restriction exercise can be used for treatment of obesity, related chronic diseases, and metabolic syndrome. Further, blood flow restriction exercise for a short time has similar effects as a high intensity resistance program.

Keywords : blood flow restriction, CRP, IL-6, Isokinetic muscle function, TNF- α

*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee (Dankook University)

Tel: +82-41-550-3816 email: kyu1216@hanmail.net

Received September 7, 2017

Revised (1st September 13, 2017, 2nd September 15, 2017)

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

1. 서론

전 세계적으로 사회문제가 되고 있는 비만은 각종 만성질환과 사망률 등에 영향을 미치는 중요한 건강상의 위험요인으로 인식되고 있으며 세계보건기구에서도 비만을 치료받아야 하는 질병으로 정의하여 그 심각성을 주장하였다. 이러한 비만은 체내에 체지방량이 과다하게 축적되어 심혈관질환 및 각종 만성질환에 큰 영향을 미치며 주로 내장과 복부에 축적된 지방들이 대사성질환의 발병율과 그로 인한 사망률을 증가시킨다고 보고하고 있다[1].

지금까지 지방세포(adipocyte)는 단순히 지방을 저장하고 공급하는 장소로 인식되어져 왔으나 최근들어 생물학적 활성단백질을 분비하는 내분비기관으로서의 기능이 확인되고 있다[2]. 여기에서 분비되는 물질인 아디포카인(adipokine)은 염증반응과 에너지 항상성, 식욕조절, 지방과 탄수화물대사, 인슐린저항성, 그리고 혈관생성 등과 같은 대사적 활성요인들에 관련된 것으로 알려져 있다[3]. 이러한 아디포카인 중에서 특히 심혈관질환에 중요한 영향을 미치는 혈관 염증반응인자들은 IL-6 (Interleukin-6), TNF- α (Tumor necrosis factor- α), 백혈구(White Blood Cell), CRP(C-Reactive Protein) 등으로 알려져 있으며 이들은 동맥경화나 심혈관질환의 위험도를 예측하는 지표로도 이용되고 있다[4].

체내에서 상해가 발생하였을 때, 염증과 관련된 반응을 일으키는 IL-6는 Wajchenberg[5]의 연구에서 복부비만의 특징인 내장지방에서 IL-6의 발현과 분비가 2~3배 더 높은 것으로 보고하였으며 TNF- α 는 초기의 염증반응에 관여하고 급성염증 반응성 물질인 CRP의 분비를 자극하는 염증반응인자로 알려져 있다[6]. 특히 혈중 TNF- α 의 농도는 비만자의 체지방 증가와 인슐린감수성 감소에 관여하며 혈중농도의 증가는 염증반응과 순환계 질환, 심부전증(heart failure) 등에 직·간접적인 관련이 있는 것으로 보고되고 있다[7]. 또한 CRP는 TNF- α 와 IL-6의 자극으로 생성·분비되는 염증인자로서, 심혈관질환을 예측하는 유용한 지표로 알려져 있으며[8], 혈중 CRP 농도의 지속적 상승은 있는 고혈압과 관상동맥질환, 대사증후군, 당뇨, 고지혈증, 만성염증 등과 같은 질환의 징후로서 인식되고 있고 심혈관질환으로 인한 사망률에도 많은 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다[9].

규칙적인 운동은 아디포카인 농도를 감소시킴으로써

심혈관계 질환과 대사증후군, 인슐린 저항성 등의 개선에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며[10], 몇몇 선행연구에서도 규칙적인 운동으로 체중과 체지방량을 개선하게 되면 심혈관계의 염증반응도 감소된다고 보고하고 있다[11-12]. 그러나 또 다른 연구에서는 상반된 결과가 보고되었으며[13] 이는 실험설계 및 방법, 연구대상의 개인적인 차이 등에 따른 것으로 사료된다.

비만의 일반적인 치료방법으로 운동요법은 전문가들이 가장 권장하는 방법으로써, 예전부터 지금까지의 선행연구에서 유산소성운동이 체지방을 직접적으로 연소하여 비만치료에 긍정적인 변화를 주는 것으로 보고되었으며[14-15] 그러나 유산소성운동만으로는 비만과 관련된 복합적인 질환의 개선효과를 기대하기는 어렵다[16]. 이러한 관점에서 저항성운동의 수행은 체중 및 체지방량 감소에 효과적임을 선행연구에서 보고하였으나[17], 이를 위해서는 65% 이상의 높은 강도의 저항성운동이 요구되고[18] 이와 같은 높은 강도의 저항성운동은 체력수준과 운동수행능력이 낮은 비만여성이나 노인, 어린이들에게는 부상의 위험성이 매우 높다고 보고되고 있다[19].

혈류를 제한한 운동은 2004년 일본에서 개발되었으며 공압식 전용벨트를 사지의 윗부분에 적당한 강도로 압박한 상태에서 저항도로 단시간 트레이닝을 실시하는 안전하고 효율적인 새로운 형태의 저항성운동이다. 혈류를 제한한 운동은 활동근과 이를 둘러싼 주변조직의 혈액순환상태를 크게 변화시키는 특징을 가지고 있으며[20], 근육에 강한 기계적(mechanical) 스트레스뿐만 아니라, 신경계와 내분비계, 심혈관계, 그리고 대사계 등의 활성을 변화시켜 여러 요인의 상호작용에 의해 그 효과가 나타나는 것으로 생각된다[21].

지금까지는 혈류제한에 대한 연구는 주로 저항성운동으로 인한 근력증가 및 근비대의 효과가 주목 이루어졌으며[22-24], 국내에서도 근력 및 체지방 감소 등에 관한 연구 미비하게 진행되었다[25-27]. 앞서의 여러 선행연구에서 보았듯이 단시간의 저항도로 혈류를 제한한 혈류를 제한한 운동에 대한 전반적인 순환계와 심혈관계, 근기능, 신체조성 등의 변화와와 같은 측면에서 연구는 매우 미비한 실정이며 또한 지금까지의 혈류를 제한한 운동은 대부분 건강한 남성이나 엘리트 선수를 대상으로 근기능에 관련되어 진행되었고 비만에 취약하고 신체활동과 운동수행능력이 현저히 떨어지는 중년여성과 비만을 대상으로 한 연구 역시 매우 미비한 실정이다. 따라서

이 연구의 목적은 신체질량지수 25kg/m²이상과 체지방률 30%이상인 비만 중년여성을 대상으로 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동이 혈중의 염증지표와 근 기능, 대퇴둘레의 변화에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고, 신체활동과 운동수행능력이 낮은 비만 중년여성들의 체중감량과 신체조성 개선 및 체력 증진을 위한 효율적인 트레이닝 프로그램 작성을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

이 연구에서는 BMI 25kg/m²와 체지방률 30% 이상으로 직장에 재직하고 있는 비만여성 11명을 대상으로 하였으며 실험 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The characteristics of subjects

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	%fat
N=11	44.45 ±0.76	159.90 ±1.80	67.75 ±3.16	26.37 ±0.88	37.09 ±1.23

Means ± SEM. BMI; Body Mass Index.

2.2 신체조성 및 대퇴둘레 측정

신체조성의 검사는 생체전기저항법(Inbody, Biospace, Korea)을 이용하여 체중과 신체질량지수(body mass index: BMI), 체지방률을 측정하였다. 대퇴둘레(thigh circumference)의 측정은 실험대상자가 양 다리를 어깨 넓이로 균등하게 벌리고 체중을 슬개골 쪽으로 유지한 상태에서 왼쪽과 오른쪽 대퇴 내측의 최대부위를 대퇴의 장축에 직각이 되도록 줄자를 대어 0.1cm 단위로 계측하였다

2.3 등속성 근 기능 검사

하지의 근력과 근지구력을 측정하기 위하여 Cybex(CSMi Humac, USA)를 이용하여 무릎의 굴근력과 신근력을 측정하였으며 측정 시 대퇴근 이외의 외력이 작용하지 않도록 기타부위를 고정시켰다. 등속성 근력 측정을 위한 부하속도는 60°/sec로, 근지구력은 180°/sec로 설정하였으며 최대회전력(Nm)으로 근력 및

근지구력을 나타내었다.

2.4 혈액 채혈 및 분석

혈액의 채혈은 운동 전·후에 걸쳐 2회 실시하였으며, 혈액분석의 정확성을 위해 8시간의 공복상태에서 혈액 채취를 실시하였다. 실험대상자들은 채혈 전 30분 이상 침대에 누워 안정을 취한 후, 상완의 주전정맥(antecubital vein)에서 10ml을 채혈하였다. 수집된 혈액은 채혈 직후 일부의 혈액은 3000rpm으로 15분간 원심 분리하여 혈장을 추출하였으며 나머지는 전혈로 분석 시 까지 냉동(-70°C) 보관하였다. 혈중 염증지표의 분석방법은 <Table 2>에서 보는 바와 같다.

Table 2. Analysis of blood

	analyzer	reagent	method
IL-6	Microplate Reader (USA)	Quantikine HS Human IL-6(USA)	ELISA
TNF-a	Microplate Reader (USA)	Quantikine HS Human TNF-a(USA)	ELISA
CRP	Modular Analytics (Germany)	CRP HS (Germany)	Immuno-turbidimetric Assay

IL-6, Interleukin 6; TNF-a, Tumor necrosis factor-a; CRP, C-reactive protein.

2.5 혈류제한 및 걷기운동프로그램

혈류제한은 공압방식의 탄성벨트(10cm 넓이)를 양쪽의 대퇴부위에 착용하고 압력을 조절하였으며 운동을 하기 전, 벨트압력을 30초 동안 120mmHg로 가압한 후, 감압시켰고 벨트 압력은 대상자의 안정 시 수축기 혈압과 동일하게 설정하였다. 이후 압력은 10mmHg씩 증가하여 30초간 가압 상태로 혈류량을 제한하였으며(10초간 압력 완전 제거 후, 휴식), 이 과정을 160mmHg가 될 때 까지 반복하였다. 혈류를 제한한 걷기운동프로그램은 트레드밀을 이용하여, 4주간, 주당 3일, 1일 2회(오전과 오후, 최소휴식시간 4시간)를 실시하였으며, 준비운동 후, 5% 경사도에서 4km/h의 속도로, 2분 걷기와 1분 휴식으로 구성된 프로그램을 총 5세트 반복하였다(총 혈류제한 시간은 본 운동 10분과 휴식 4분, 준비과정 3분으로 총 17분). 1일차 트레이닝 후, 대상자에게 무리가 없을 경우에는 매 운동 시, 10mmHg씩 증가시켰으며 7일 차에는 최종적으로 230mmHg로 증가시켜 프로그램을 지속하였다.

2.6 자료처리

수집된 모든 자료는 SPSS(Version 19.0) 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준오차를 산출하였으며, 운동 전·후의 차이를 검증하기 위하여 대응표본 t-test(paired t-test)를 사용하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 체중 및 대퇴돌레

4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 실시 후, 체중과 BMI, 지방량은 유의하게 감소되었으며($p<.05$) 제지방체중은 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 우측 대퇴돌레는 운동 후, 유의하게 감소되었으며($p<.05$), 좌측 대퇴돌레에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에 도달하지 못하였다<Table 3>.

Table 3. Body weight & thigh circumference

	pre	post	p-value
body weight(kg)	67.75±3.16	66.16±2.93*	.022
BMI(kg/m ²)	26.37±0.88	25.71±0.81*	.015
fat mass(kg)	25.221.74	24.06±1.67*	.026
lean body mass(kg)	23.12±1.11	23.10±0.99	.915
thigh (cm)			
Right	57.53±1.54	56.80±1.42*	.039
Left	57.25±1.65	56.49±1.34	.139

Means ± SEM. * $p<.05$.

3.2 혈중 염증지표

4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 후, 혈중 염증지표의 농도 변화는 <Table 4>에서 보는 바와 같이 IL-6는 운동 전 1.24±0.13에서 운동 후의 1.47±0.14로 유의하게 증가된 것으로 나타났으며($p<.01$), TNF- α 는 운동 후 약간의 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에 도달하지 못하였다. CRP 또한 운동 후에 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다.

Table 4. Inflammatory indices

	Pre	Post	p-value
IL-6	1.24±0.13	1.47±0.14**	.008
TNF- α	3.19±0.49	4.30±0.49	.214
CRP	1.13±0.30	0.75±0.16	.164

Means ± SEM. ** $p<.01$.

3.3 등속성 근기능

3.3.1 등속성 근력(60° /sec)

4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 후, 각속도 60°/sec에서 근력의 변화는 <Table 5>에서 보는 바와 같이 좌우측의 신전력은 모두 유의하게 증가되었으며(좌, $p<.001$; 우, $p<.05$) 좌측의 굴곡력 또한 유의한 증가를 나타내었다($p<.001$). 그러나 우측 굴곡력에서는 운동 후에 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다.

Table 5. Isokinetic muscle strength(Nm)

	Pre	Post	p-value	
Right	extension	96.09 ±8.30	106.64 ±8.16*	.030
	flexion	38.30 ±4.37	46.90 ±6.12	.119
Left	extension	89.27 ±7.60	102.64 ±7.02***	.001
	flexion	36.55 ±3.51	49.36 ±4.32***	.001

Means ± SEM. * $p<.05$, *** $p<.001$.

3.3.2 등속성 근지구력(180° /sec)

각속도 180°/sec에서 근지구력의 변화는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 좌측 신전력에서만 운동 전보다 후에 유의하게 증가된 것으로 나타났으며($p<.05$), 우측 신전력과 굴곡력, 그리고 좌측 굴곡력에서는 모두 운동 후 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 6. Isokinetic muscle endurance(Nm)

	Pre	Post	p-value	
Right	extension	59.45 ±3.99	64.45 ±3.41	.080
	flexion	32.64 ±2.69	37.18 ±3.11	.185
Left	extension	58.00 ±3.74	62.18 ±4.14*	.036
	flexion	34.27 ±2.96	36.45 ±2.32	.313

Means ± SEM. * $p<.05$.

4. 논의

혈류를 제한한 운동은 정맥환류의 제한으로 인한 혈액의 울혈에 의해 저부하의 낮은 강도 운동에서도 유산소성대사로부터 무산소성대사로의 전환을 일으키며 각종 인체의 생리적 기능에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[21-22,28].

여러 선행연구에서 혈류를 제한한 트레이닝 후, 체중과 체지방량, 체지방률, 비만도 등이 유의하게 감소되었다고 보고하였으며[22,25-26] 그러나 Seo 등[27]의 연구에서는 체중 및 체지방량, 체지방률에 유의한 변화가 없는 것으로 보고되었다. 이 연구의 결과에서는 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동을 실시한 후, 체중과 신체질량지수(BMI), 체지방량이 유의하게 감소하여 Beekley 등[22]과 Lee[26]의 연구결과 일치하였다. 이러한 결과는 혈류를 제한한 걷기운동이 체지방 감소 및 신체조성의 변화에 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 운동에 의한 일반적인 특성인 에너지요구의 증가에 따라 지질대사와 지방성분의 유출 및 β -산화의 증가에 기인한 것으로 사료된다[29].

혈류를 제한한 운동의 특성은 저부하 강도에서 단시간의 트레이닝을 실시하여도 현저한 근비대와 근력 증강을 가져오는 것으로 알려져 있으며[21], 일반적인 근력 트레이닝에서는 1RM의 65% 이상의 자극이 가해질 때 근력과 근비대의 효과를 기대할 수 있지만[18], 혈류를 제한한 저항성운동에서는 1RM의 20~50%의 저부하에서도 근비대와 근력 증강이 발생한다고 보고하고 있다[30]. 이는 트레이닝에 의한 성장호르몬 및 안드로젠(androgen)과 같은 동화성(anabolic)호르몬이 증가되기 때문인 것으로 알려져 있다[31].

Takarada 등[32]의 연구에서 혈류를 제한한 저항성운동(1RM의 30~50%) 후, 상완 이두근의 근비대를 보고하였으며 운동선수를 대상으로 한 또 다른 연구에서도(1RM의 20~30%) 근비대를 보고하였다[33]. 또한 Yasuda 등[34]의 연구에서 혈류를 제한한 저항성운동 후, 근생검(muscle biopsy)으로 채취한 근육 샘플을 분석한 결과, Type-II근섬유에서의 비대가 보다 큰 것으로 나타났으며 이외의 여러 선행연구에서도 혈류를 제한한 저항성운동 후, 대퇴의 둘레가 증가되었음을 보고하였다[21,35]. 그러나 이 연구의 결과에서는 선행연구의 결과와는 반대로 우측 대퇴둘레는 혈류를 제한한 걷

기운동 후, 유의하게 감소하였으며, 좌측 대퇴둘레도 통계적으로 유의한 변화는 나타나지 않았지만 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 대부분의 선행연구 대상자가 엘리트 선수나 건강한 남자들을 대상으로 저항성 운동을 실시하여 운동프로그램(저항성 vs. 걷기)과 운동능력의 차이에 의한 것이 가장 큰 이유로 생각되며 또한 이 연구의 결과 중, 체중과 체지방량은 유의하게 감소되었으나 체지방체중은 거의 변화가 없는 것으로 나타나 피하지방 및 체지방감소에 의해 대퇴둘레가 감소된 것으로 생각된다.

IL-6는 혈중에서 염증을 유발하는 전구체(pro-inflammatory)로서의 역할 뿐만 아니라 염증을 억제하는 항염증(anti-inflammatory)기능도 동시에 갖고 있는 물질로 알려져 있으며[36] 운동 강도에 비례하여 운동 중 또는 운동 직후에 혈중 농도가 상승하는 것으로 보고되고 있다[37]. 또한 비만인 경우 혈중 IL-6의 농도가 높게 나타나고 특히 복부비만인 경우 보다 두드러진 특성으로 보이는 것으로 알려져 있으며[38], 체중이 감소할 경우 농도가 감소되는 것으로 보고되고 있다[39].

비만인을 대상으로 한 Byrne 등[40]의 연구에서 운동과 식이요법에 의한 체중과 체지방 특히 복부지방의 감소는 안정 시 IL-6 농도를 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 Oberbach [41]의 연구에서는 1회성 운동을 수행한 경우, 운동에 의한 단기간의 염증 반응으로 인한 IL-6의 혈중 농도가 일시적으로 상승한다고 하였으며 운동의 강도가 높아질수록 IL-6의 농도는 또한 상승한다고 보고하였다. 이 연구의 결과에서도 4주간 혈류를 제한한 걷기운동 후, IL-6의 농도가 유의하게 증가하여 Oberbach 등[41]의 연구와 유사한 결과를 보였으며 이러한 결과는 평상시 비만 중년여성의 운동량이 매우 적은 상태에서 매회 운동 강도를 높여감으로써 근 수축으로 인한 염증수치가 증가하여 IL-6의 혈중 농도가 증가된 것으로 사료된다.

TNF- α 는 체내 염증 반응에 관여하여 대식세포와 림프구, NK세포, 혈관내피세포, 비만세포 등에서 분비되는 것으로 알려져 있으며[6]. 류마티스염증, HIV 감염, 심부전증(heart failure), 패혈증(septic shock), 백혈병 등과 같은 질환에도 혈중 농도가 증가하는 것으로 보고되어 TNF- α 의 증가는 여러 질병과 관련이 높은 것으로 알려졌다[7].

Pedersen 등[42]은 고강도 운동 후, TNF- α 가 증가되

었다고 보고하였으며 Lee 등[15]의 연구에서도 고강도의 복합운동 후, TNF- α 의 농도가 증가되었다고 보고하였다. 그러나 Ryan 등[43]과 Hayase 등[44]의 연구에서 유산소 운동 후 혈장 TNF- α 농도가 감소하였다고 보고하였으며 국내의 연구에서도 Shin 등[11]과 Lee 등[15]은 비만 여성을 대상으로 유산소운동 후, TNF- α 가 감소되었다고 보고하였고 또 다른 연구에서는 운동 후, 혈중 TNF- α 의 농도변화가 없다고 보고하였다[45]. 이 연구의 결과에서 혈류를 제한한 걷기운동 후, 혈중 TNF- α 의 농도가 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였지만 뚜렷하게 상승하는 경향을 보여 Pedersen 등[42]을 포함한 여러 선행연구들과 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 IL-6와 상호작용하는 TNF- α 가 평소 운동량이 매우 적은 대상자들이 매회 운동 강도를 높여감으로써 근 수축으로 인한 염증수치가 증가된 것으로 사료되며 또한 중간강도 이상의 운동 시 염증지표들의 농도가 증가한다는 선행연구의 결과와도 일치하고 있다[46-47]. 그러나 이상의 선행연구 결과에서 보고된 것처럼 선택된 운동의 형태나 운동강도, 실험대상자의 체력수준, 나이, 질환유무 등에 따라 혈중 TNF- α 의 농도변화는 다양한 양상을 보이고 있어 논란의 대상이 되고 있으며 아직까지는 분명한 기전이 밝혀지지 않은 상태이다.

CRP는 체내 급성 염증반응 물질 중 하나이며 이는 심혈관질환의 발생을 예측하는데 중요한 지표로 알려져 있다[8]. 혈중 CRP의 농도가 높을수록 인슐린 저항성과 고지혈증 등과 같은 대사증후군관련 만성질환의 발병위험성이 증가하는 것으로 알려져 있으며[48] 과체중이거나 비만인 경우 혈중의 CRP의 농도는 현저하게 상승되는 것으로 알려져 있다[49]

Kondo 등[50]과 Jialal 등[51]의 연구에서 혈중 CRP의 농도는 체중과 신체질량지수, 총콜레스테롤, HDL, 중성지방과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타나 유산소운동을 통한 신체조성 및 지질성분의 개선이 CRP를 감소시킬 수 있다고 주장하였다. Sallam 등[52]의 연구에서는 운동이 체중과 체지방량을 감소시켜 면역력을 개선하여 혈중 CRP의 농도를 감소시킨다고 보고하였으며 여러 선행연구에서 규칙적인 운동이 혈중 CRP의 농도를 감소시킨다고 보고하였다[53-54]. 그러나 중년 비만 여성을 대상으로 한 Jung 등[55]과 Marcell 등[13]의 연구에서 운동 후, 혈중 CRP 농도변화가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이 연구의 결과에서 통계적으로 유의한

차이는 나타나지 않았지만 4주간 혈류를 제한한 걷기운동 후, CRP의 농도가 감소하는 경향을 보여 규칙적인 운동이 CRP의 농도를 감소시킨다고 보고한 여러 선행연구들과 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 이 연구에서 체중과 신체질량지수, 체지방량이 유의하게 감소된 결과를 보임으로써, Kondo 등[50]과 Jialal 등[51], Sallam 등[53]이 주장한 체중과 신체질량지수, 체지방량의 감소와 CRP 농도의 감소가 깊은 연관성이 있다는 것을 뒷받침하는 것으로 사료된다. 또한 규칙적인 운동이 혈관의 염증 반응을 감소시켜 심혈관질환과 퇴행성질환을 예방하고 치료하는데 가장 효과적이라는 Byrne 등[40]의 연구 결과와도 유사한 것으로 생각된다.

혈류를 제한한 운동은 근으로의 산소공급을 저하시키며 이는 젖산과 같은 대사부산물의 축적과 동시에 제거에 장애를 가져오게 되고 인체에서는 근력 유지를 위해 속근섬유를 포함한 다수의 운동단위가 동원될 가능성이 있는 것으로 알려져 있다[21]. 이는 혈류를 제한한 운동은 저강도, 단시간의 트레이닝으로 인한 현저한 근비대와 근력이 증가할 수 있음을 의미하며 Sato 등[21]의 연구에서는 혈류를 제한한 저항성운동 3주 만에 근력과 근비대의 증가를 보고하였다. 또한 Abe 등[56]과 Yasuda 등[34]의 연구에서도 근력이 유의하게 증가하였으며 Takarada 등[24]의 연구에서는 근지구력이 유의하게 향상된 것으로 보고하였다. 이 연구의 결과에서 4주간의 혈류를 제한한 운동 후, 좌·우의 신전력과 굴곡력 모두 유의하게 증가한 것으로 나타났으며 근지구력검사인 각속도 180°/sec의 결과에서 좌측 신전력만 유의하게 증가되었고 나머지에서 모두 증가하는 경향을 보였지만 유의수준에는 도달하지 못하였다. 이러한 결과는 혈류를 제한한 운동이 신전력과 굴곡력, 좌측, 우측, 근력, 근지구력 등을 모두 유사하게 증가시켰지만 혈류제한으로 인한 무산소성 환경이 Type II 근섬유의 근비대를 일으켜 근지구력보다는 근력향상에 보다 큰 영향을 미친 것으로 생각되며 또한 대부분의 선행연구들이 엘리트선수 및 건강한 남성을 대상으로 한 결과인 반면 이 연구에서는 신체활동 능력이 현저히 떨어지는 중년 비만여성들을 대상으로 하였기 때문인 것으로 사료된다.

5. 결론

이 연구는 만성질환의 발병 위험성이 높은 직장 비만 여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 걷기운동이 혈중의 염증지표와 근 기능, 대퇴돌레의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 실시되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동 후, 체중($p=.022$)과 BMI($p=.015$), 지방량($p=.026$)에서는 트레이닝 전보다 유의하게 감소된 것으로 나타났으나 체지방량은 변화가 없었으며($p=.915$), 우측 대퇴돌레는 운동 후, 유의하게 감소되었고($p=.039$), 좌측 대퇴돌레에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에 도달하지 못하였다.

둘째, 혈중 염증지표의 농도 변화에서 IL-6는 운동 후 유의하게 증가된 것으로 나타났으며($p=.008$), TNF- α 는 운동 후 약간의 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에 도달하지 못하였다. CRP 또한 운동 후에 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다.

셋째, 근력의 변화에서 좌-우측의 신전력은 모두 유의하게 증가되었으며(좌, $p=.001$; 우, $p=.03$) 좌측의 굴곡력 또한 유의한 증가를 나타내었으나($p=.001$) 우측 굴곡력에서는 증가하는 경향만을 보였다. 근지구력의 변화에서는 좌측 신전력에서만 운동 후에 유의하게 증가된 것으로 나타났으며($p=.001$), 우측 신전력과 굴곡력, 좌측 굴곡력에서는 모두 운동 후 증가하는 경향만을 보였다.

이상의 결과로부터 4주간의 혈류를 제한한 걷기운동이 비만 중년여성의 체중 및 체지방량 감소와 근 기능 향상, 혈중 염증지표 농도의 변화에 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료되며, 이는 짧은 운동시간에도 불구하고 장시간의 운동 효과를 얻을 수 있음을 검증한 것과 동시에 각종 만성성인질환 및 대사성 질환의 원인인 비만을 예방하고 치료하는데 효과가 있는 것으로 생각된다. 그러나 4주의 트레이닝 기간이 몇몇 변인들에서의 확실한 개선 효과를 나타내기에는 충분하지 않은 것으로 생각되어 이후 다양한 트레이닝 기간에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] Tremblay, A. J., Després, J. P., Piché, M. E., Nadeau, A., Bergeron, J., Alméras, N., Tremblay, A., Lemieux, S., "Associations between the fatty acid content of triglyceride, visceral adipose tissue accumulation, and components of the insulin resistance syndrome", *Metabolism*, vol. 53, no. 3, pp. 310-7, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2003.10.011>
- [2] Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L., Friedman, J. M., "Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. Nature", Erratum in: *Nature*, vol. 372, no. 6505, pp. 425-32, 1994.
- [3] Rokling-Andersen, M. H., Reseland, J. E., Veierød, M. B., Anderssen, S. A., Jacobs, D. R. Jr., Urdal, P., Jansson, J. O., Drevon, C. A., "Effects of long-term exercise and diet intervention on plasma adipokine concentrations". *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 86, no. 5, pp. 1293-301, 2007.
- [4] Bermon, S., Ferrari, P., Bernard, P., Altare, S., Dolisi, C., "Response of total and free insulin like growth factor binding protein-3 after resistance exercise training in elderly subjects", *Acta Physiol. Scand*, vol. 165, no. 1, pp. 51-56, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00471.x>
- [5] Wajchenberg, B. L., "Subcutaneous and visceral adipose tissue; their relation to the metabolic syndrome", *Endoer Rev*, vol. 21, pp. 697-738, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1210/edrv.21.6.0415>
- [6] Olszewski, M. B., Groot, A. J., Dastyh, J., Knol, E. F., "TNF trafficking to human mast cell granules: mature chain-dependent endocytosis", *J Immunol*, vol. 178, no. 9, pp. 5701-5709, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.178.9.5701>
- [7] Hotamisligil, G. S., Spoelman, N. S., Spoelman, B. M., "Adipose expression of tumor necrosis factor- α : Direct role in obesity-linked insulin resistance. *Science*", vol. 259, pp. 87-91, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.7678183>
- [8] Ridker, P. M., Koenig, W., Fuster, V., "C-reactive protein and coronary heart disease", *New Engl and Journal Medicine*, vol. 351, no. 3, pp. 295-298, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM200407153510318>
- [9] Ridker, P. M., Rifai, N., Stampfer, M. J., Hennekens, C. H., "Plasma concentration of interleukin-6 and the risk of future myocardial infarction among apparently healthy men", *Circulation*, vol. 101, pp. 1767-1772, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.15.1767>
- [10] Frank, L. L., Sorensen, B. E., Yasui, Y., Tworoger, S. S., Schwartz, R. S., Ulrich, C. M., Irwin, M. L., Rudolph, R. E., Rajan, K. B., Stanczyk, F., Bowen, D., Weigle, D. S., Potter, J. D., McTiernan, A., "Effects of exercise on metabolic risk variables in overweight postmenopausal women", a randomized clinical trial. *Obes Res*, vol. 13, no. 3, pp. 615-25, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1038/oby.2005.66>
- [11] Shin Y. A., Lim K. I., Suk M. H., "Effect of aerobic exercise on C-reactive protein an inflammatory markers in obese women", *Journal of Sport and Leisure Studies*,

- vol. 30, pp. 571-81, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM199807023390103>
- [12] Stefanick, L., Mackey, S., Sheehan, M., Ellsworth N., Haskell, L., Wood, D., "Effects of diet and exercise on men and post-menopausal woman with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol", *N Engl J Med*, vol. 339, no. 1, pp. 12-20, 1998.
- [13] Marcell. T. J., McAuley, K. A., Traustadottir. T., Reaven, P. D., "Exercise training is not associated with improved levels of C-reactive protein or adiponectin", *Metabolism*, vol. 55, pp. 533-541, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.11.008>
- [14] Hagan, R. D., "Benefits of aerobic conditioning and diet for overweight adults", *sports Medicine and Science in Sports & Exercise*, vol. 18, no. 1, pp. 87-93, 1988.
- [15] Lee, D. H., Oh, D. H., Zhang, S. A., Lee, J. K., "Effect of exercise type and intensity on insulin resistance and cardiovascular disease risk factors in obese middle aged women", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* vol. 17, no. 6 pp. 181-191, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.6.181>
- [16] Hamdy, R. C., Anderson, J. S., Whalen, K. E., & Harvill, L. M., "Regional differences in bone density of young men involved in different exercises", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 26, no. 7, pp. 884-888, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-199407000-00012>
- [17] Braith, R. W., Stewart, K. J., "Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease", *Circulation*, vol. 113, no. 22, pp. 2642-50, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584060>
- [18] Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Staron, R. S., "Muscular adaptation in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones", *Eur J Appl Physiol*, vol. 88, pp. 50-60, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- [19] Haykowsky, M. J., Findlay, J. M., Ignaszewski, A. P., "Aneurysmal sub-ara chnoid hemorrhage associated with weight training: three case reports", *Clin J Sport Med*, vol. 6, pp. 52-55, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00042752-199601000-00011>
- [20] Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., Hirose, K., Matsumoto, A., Takenaka, K., Hirata, Y., Eto, F., Nagai, R., Sato, Y., Nakajima, T., "Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow", *Eur J Appl Physiol*, vol. 95, pp. 65-73, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>
- [21] Sato, Y., Ishii, N., Nakajima, T., Abe, T., "KAATSU Training. Theoretical and Practical Perspectives", goudan co, 2007.
- [22] Beekley, M. D., Sato, Y., Abe, T., "KAATSU -walk training increases serum bone-specific alkaline phosphatase in youn men", *Int J KAATSU Training Res*, vol. 1, pp. 77-81, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.77>
- [23] Takarada, Y., Sato, Y., Ishii, N., "Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes", *Eur J Appl Physiol*, vol. 86, pp. 308-314, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0561-5>
- [24] Takarada, Y., Takazawa, H., Ishii, N., "Periodical applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles", *Med Sci Sports Exerc*, vol. 32, pp. 2035-2039, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>
- [25] Choi, H. M., Lee, D. J., "Effect of Pressurization Training with Walking on Body Composition, Respiratory Function, and Cardiovascular Response in Middle-Aged Obese Women", *Journal of Life Science*, vol. 22, No. 4, pp. 545-551, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2012.22.4.545>
- [26] Lee, J. K., "Effect of walking exercise with blood flow restriction on body composition, growth hormone, and muscle damage markers in obese women", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* vol. 18, no. 4 pp. 183-190, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.183>
- [27] Seo, H. T., Ko, I. T., Kim, H. J., Nho, H. S., "The effect of pressurization training with 2weeks term physical fitness and skeletal muscle function in elite snowboard athletes", *The korea journal of sports science*, vol. 3, no. 4, 1211-18, 2014.
- [28] Abe, T., Charles, F., Kearns, C. F., Sato, Y., "Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow the leg muscle Kaatsu-walk training", *J Appl Physiol*, vol. 100, pp. 1460-1466, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>
- [29] Hamilton, M T., Booth, F. W., "Skeletal muscle adaptation to exercise: a century of progress", *Journal of applied physiology*, vol. 88, no. 1, pp. 327-332, 2000.
- [30] 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", *Jap J Physiol*, vol. 54, pp. 585-92, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.54.585>
- [31] Florini, J. R., "Hormonal control of muscle growth", *Muscle Nerve*, vol. 10, pp. 577-598, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1002/mus.880100702>
- [32] Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., Ishii, N., "Effects of resistance exercise combined with moderate muscular occlusion on muscular function in humans", *J Appl Physiol*, vol. 88, pp. 2097-2106, 2000.
- [33] Takarada, Y., Ishii, N., "Effects of low-intensity resistance exercise eith short interest rest period on muscular function in middle-aged women", *J Strength Cond Res*, vol. 6, pp. 123-128, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1519/00124278-200202000-00019>
- [34] Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., Kearns, C. F., Inoue, K., Ryushi, T., Ishii, N., "Muscle-fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU resistance training", *Int J Kaatsu Training Res*, vol. 1, pp. :65-70, 2005.

- [35] Sato, Y., Yoshitomi, A., Abe, T., "Acute growth hormone response to low intensity KAATSU resistance exercise: Comparison between arm and leg", *Int J Kaatsu Training Res*, vol. 1, pp. 45-50, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.45>
- [36] Ferguson-Smith, A. C., Chen, Y. F., Newman, M. S., May, L. T., Sehgal, P. B., Ruddle, F. H., "Regional localization of the interferon-beta 2/B-cell stimulatory factor 2/hepatocyte stimulating factor gene to human chromosome", *Genomics*, vol. 2, no. 3, pp. 203-208, 1988.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0888-7543\(88\)90003-1](https://doi.org/10.1016/0888-7543(88)90003-1)
- [37] Ko, S. K., "The effects of obesity and sports training on inflammatory adipocytokine in male students", *Korean J Sports Med*, pp. 18-25, 2007.
- [38] Kim H. J., Kim D. J., Kim S. K., Kim S. H., Rhee Y. M., Ahn C. W., "Metabolic abnormalities according to severity of non-alcoholic fatty liver disease in Korean adults", *J Korean Soc Endocrinol*, vol. 17, no. 4, pp. 514-525, 2002.
- [39] Fernandez-Real, J. M., Broch, M., Vendrell, J., Ricart, W., "Insulin resistance, inflammation and serum fatty acid composition", *Diabetes Care*, vol. 26, no. 5, pp. 1362-1368, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2337/diacare.26.5.1362>
- [40] Byrne, C. D., Wild, S. H., "The metabolic syndrome", Wiley-Blackwell: Hoboken, N J, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444347319>
- [41] Oberbach, A., Lehmann, S., Kirsch, K., Krist, J., Sonnabend, M., Linke, A., Tönjes, A., Stumvoll, M., Blüher, M., Kovacs, P., "Long-term exercise training decreases interleukin-6 (IL-6) serum levels in subjects with impaired glucose tolerance: effect of the -174G/C variant in IL-6 gene", *Eur J Endocrinol*, vol. 159, no. 2, pp. 129-36, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1530/EJE-08-0220>
- [42] Pedersen, B. K., Steensberg, A., Fischer, C., Keller, C., Ostrowski, K., Schjerling, P., "Exercise and cytokines with particular focus on muscle-derived IL-6", *Exerc Immunol Rev*, vol. 7, pp. 18-31, 2001.
- [43] Ryan, A. S., Nicklas, B. J., "Reduction plasma cytokine levels with weight loss improve insulin sensitivity in overweight and obese postmenopausal women", *Diabetes Care*, vol. 27, no. 7, pp. 1699 - 1705, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.2337/diacare.27.7.1699>
- [44] Hayase, H., Nomura, S., Abe, T. & Izawa, T., "Relation between fat distributions and several plasma adipocytokines after exercise training in premenopausal and post-menopausal women", *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. sic*, vol. 21, pp. 105-113, 2002.
- [45] De Salles, B. F., Simao, R., Fleck, S. J., Dias, L., Kraemer-Aguiar, L. G., Bouskela, E., "Effects of resistance training on cytokines", *International Journal Sports Medicine*, vol. 31, no. 7, pp. 441-450, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1251994>
- [46] Moldoveanu, A. I., Shephard, R. J., Shek, P. N., "Exercise elevates plasma levels but not gene expression of IL-1beta, IL-6, and TNF-alpha in blood mononuclear cells", *J Appl Physiol*, vol. 89, pp. 1499-1504, 2000.
- [47] Woods, J. Lu, Q., Ceddia, M. A., Lowder, T., "Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: exercise-induced modulation of macrophage function", *Immunol Cell Biol*, vol. 78, pp. 545-553, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1711.2000.t01-9-x>
- [48] Festa A, D'Agostino, R, Howard G, Mykkanen L, Tracy R. P, Harner S. M, "Chronic subclinical inflammation as part of the insulin resistance syndrome: The insulin resistance atherosclerosis study (IRAS)". *Circulation*, 102, pp. 42-47, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.1.42>
- [49] Ridker, P. M., Rifai, N., Lowenthal, S. P., "Rapid reduction in C-reactive protein with cerivastatin among 785 patients with primary hypercholesterolemia", *Circulation*, vol. 103, no. 9, pp. 1191-3 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.103.9.1191>
- [50] Kondo, K., Nomura, M., Nakaya, Y., Iiti, S., Ohguro, T., "Association of inflammatory maker and highly sensitive C-reactive protein with aerobic exercise capacity, maximum oxygen uptake and insulin resistance in healthy middle-aged volunteers", *Circ. J*, vol. 69, no. 4, pp. 452-457, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1253/circj.69.452>
- [51] Jialal, I., Devaraj, S., "Role of C-reactive protein in the assessment of cardiovascular risk", *Am J Cardiol*, vol. 91, pp. 200-202, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(02\)03110-7](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(02)03110-7)
- [52] Sallam, N., Khazaei, M., Laher, I., "Effect of moderate-intensity exercise on plasma C-reactive protein and aortic endothelial function in type 2 diabetic mice", *Mediators Inflamm*, 2010:149678, doi: 10.1155/2010/149678. Epub Aug 2, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2010/149678>
- [53] Geffken D. F., Cushman M., Burke G. L., Polak J. F., Sakkinen P. A., Tracy R. P., "Association between Physical Activity and Markers of Inflammation In a Healthy Elderly Population", *American journal of epidemiology*, vol. 153, pp. 242-250, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/153.3.242>
- [54] Wannamethee, S. G., Lowe, G. D. O., Whincup, P. H., Rumley, A., Walker, M., Lennon, L., "Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men", *Circulation*, vol. 105, pp. 1785-1790, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1161/hc1502.107117>
- [55] Jung, S. L., Kang, S. J., Kim, R. B., "The effect of circuit training and aerobic exercise on body composition, adiponectin, blood vessel inflammation markers of the middle-aged obesity women", *The Korean Journal Of Education*, pp. 659-667, 2008.
- [56] Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., Kearns, C. F., Inoue, K., Koizumi, K., Ishii, N., "Skeletal muscle size and circulating IGF-1 increased after two weeks of twice daily "Kaatsu" resistance training", *Int J Kaatsu Training Res*, vol. 1, pp. 6-12, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.6>

박 만 수(Man-Soo Park)

[정회원]



- 2016년 2월 : 단국대학교 대학원 스포츠재활전공(이학석사)
- 2011년 10월 ~ 2016년 12월 : 포스코에너지 헬스케어센터 팀장
- 2017년 5월 ~ 현재 : 동작체력인증센터 건강운동관리사

<관심분야>

스포츠의학, 운동생리학, 트레이닝방법

장 석 암(Seok-Am Zhang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국체육대학교 대학원 스포츠의학전공(이학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학

이 장 규(Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 초빙교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학