

혈류를 제한한 걷기운동이 비만여성의 신체조성과 성장호르몬, 근손상지표에 미치는 영향

이장규
단국대학교 운동처방재활학과

Effect of Walking Exercise with Blood Flow Restriction on Body Composition, Growth Hormone, and Muscle Damage Markers in Obese Women

Jang-Kyu Lee

Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University

요약 혈류를 제한한 트레이닝이란, 특수제작 된 공압식 가압벨트를 사용해 사지의 혈류를 제한한 상태에서 저강도로, 단시간 운동하는 것을 말한다. 이 연구의 목적은 만성질환의 발병 위험성이 높은 직장 비만여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 4주간의 걷기트레이닝이 신체조성 및 성장호르몬, 근손상지표에 어떠한 영향을 미치는 지를 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 반복하였다(4km/h, 5%). 이 연구의 결과에서 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 체중과 BMI, 지방량은 유의하게 감소되었으며(p<.05) 체지방률은 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의 수준에는 도달하지 못하였다. 성장호르몬 또한 트레이닝 후, 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 근손상지표 인 CK(p<.05)와 LDH(p<.05), K⁺(p<.01)의 농도는 트레이닝 후, 유의하게 증가되었으며 Mb의 농도는 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다.

이상의 결과에서, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝은 직장 비만여성들의 각종 만성성인질환 및 대사성 질환의 원인인 비만을 예방하고 치료하는데 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 짧은 운동시간에도 불구하고 장시간의 운동 효과를 얻을 수 있는 것으로 사료된다.

Abstract Blood flow restriction(BFR) exercise is defined as low and short lengthexercise with pneumatic pressure belts at the top of the limbs. This study was conducted to investigate the effects of walking exercise with BFR on body composition, growth hormone, and muscle damage markers in obese women. Eleven obese women(> BMI 25kg/m²&> body fat 30%) wore pneumatic pressure belts at both femurs and performed walking exercise twice per day, 3days/wk for 4 week (walking 2min; resting 1min). Body weight, BMI and body fat significantly decreased after exercise(p<.05), while% body fat was slightly decreased after exercise, although this difference was not significant. Growth hormones increased slightly after exercise, although not significantly. Muscle damage markers (CK(p<.05), LDH(p<.05) and K⁺(p<.01) increased significantly after exercise, but Mb was did not change significantly. These results suggest that 4-weeks ofblood flow restriction exercisecould be used to prevent and treat obesity and related chronic diseases, as well as metabolic syndrome. Moreover, the effects were similar to those observed in response to high intensity resistance programs, despite the short period for which BFR were conducted.

Keywords : blood flow restriction, body composition, creatine kinase, growth hormone, lactate dehydrogenase, myoglobin, potassium

이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2015S1A5B5A07043091)

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

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

Received February 28, 2017

Revised (1st March 13, 2017, 2nd March 14, 2017)

Accepted April 7, 2017

Published April 30, 2017

1. 서론

세계보건기구(World Health Organization)에서는 1996년 비만을 치료받아야 하는 질병으로 정의하면서 그 심각성을 인식하게 되었다. 또한 비만은 심장질환 및 고지혈증, 동맥경화증, 고혈압, 당뇨병 등과 같은 각종 대사성 질환의 위험을 증가시키는 핵심요인이면서 사회·경제적 손실을 부추기는 원인이라고 보고하였다. 일반적으로 전문가들이 가장 권장하는 비만치료방법으로써 운동요법은 여러 선행연구에서, 유산소 운동프로그램을 이용하여 최대산소섭취량의 60~80%의 강도로, 주당 3일 이상, 매 운동 시 30분 이상 실시하였을 때 체지방량 감소에 효과적이라고 보고하고 있다[1,2]. 복합운동의 경우에서도 또한 비슷한 결과를 보고하고 있다[3,4]. 그러나 이처럼 유산소 운동이 체지방 감소에 긍정적인 변화를 주는 것으로 알려지는 있으나, Harmdy 등[5]은 유산소성 운동만으로는 체지방체중 증가에 의한 기초대사량 및 골밀도, 인슐린저항성 등의 개선효과를 기대하기는 어렵다고 주장하였다.

여러 선행연구에서 고강도의 저항성운동은 테스토스테론과 성장호르몬, IGF-1(insulin-like growth factor-1) 같은 단백질 합성 관련 호르몬을 활성화시켜 체내 골격근의 성장과 비대를 유발하여 근력 및 근육량을 증가시키는데 효과가 있는 것으로 알려져 있으며[6,7], 성장호르몬이 지방의 분해에 관여하여 체지방을 감소시켜 비만 개선의 효과가 있는 것으로도 보고되고 있다[8]. 또한 다양한 강도의 저항성운동이 체중 및 체지방량 감소에 효과가 있다고 알려져 있다[9]. 그러나 체력수준과 운동수행능력이 낮은 비만여성이나 노인, 어린이들에게 이와 같은 높은 강도의 저항성운동은 부상의 위험성이 매우 높다고 주장하였으며 이들을 위하여 안전하고 효율적으로 높은 강도의 저항성운동 효과를 가져 올수 있는 새로운 형태의 저항성운동의 필요성을 제안하였다[10].

혈류를 제한한 트레이닝(blood flow restriction training)이란, 특수제작 된 공압식 가압벨트를 사용하여 사지의 혈류를 제한한 상태에서 저강도로, 단시간 운동하는 것을 말한다. 여러 선행연구에서 저강도의 혈류를 제한한 트레이닝은 혈중성장호르몬의 분비를 유의하게 증가시켜 근비대와 근력증가를 유도한다고 보고하였다[11-14]. Beekley 등[8]의 연구에서는 저강도의 혈류를 제한한 트레이닝 후, 증가한 성장호르몬이 에너지대사

에 관여하여 체지방 감소에 효과가 있는 것으로 보고하였다.

인체의 동작수행을 위한 모든 근수축 과정에서는 일부 근육 및 혈관에 손상을 초래하게 되며[15], 혈중의 CK(creatine kinase)와 LDH (lactate dehydrogenase)는 고강도 운동 시, 세포막과 조직의 손상, 피로 등을 나타내는 중요한 지표로 알려져 있다[16,17]. 또한 Falvo 등[18]의 연구에서는 운동의 형태 및 강도에 따라 근손상의 정도가 다르다고 보고하였다. 이러한 선행연구의 결과는 낮은 강도의 운동이지만 고강도 저항성운동의 효과가 나타나는 혈류를 제한한 트레이닝에서도 근수축에 의한 근손상이 일어날 가능성이 있음을 의미하는 것으로 생각된다.

많은 사람들이 운동을 통한 건강상의 이점에도 불구하고, 운동에 참여를 못하는 가장 큰 이유로 바쁜 생활로 인한 시간부족을 들고 있으며[19,20], 이와 함께 운동프로그램을 장기간 꾸준히 실천하는 것 또한 어려운 것이 사실이다[21]. 그러므로 신체활동이 부족한 현대인들에게 발생하는 건강상의 문제와 시간적·경제적 부담을 줄일 수 있는 새로운 형태의 운동프로그램에 대한 필요성이 증가되고 있는 실정이다.

이상의 선행연구의 결과를 종합하여 보면, 혈류를 제한한 트레이닝 연구의 대부분은 운동선수 및 일반사람을 대상으로 하였으며 낮은 강도의 단시간 운동에도 고강도의 저항성 운동의 효과를 나타내었다고 보고되었으나 운동 후에 나타나는 근손상에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 만성질환의 발병 위험성이 높은 직장 비만여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 걷기트레이닝이 신체조성 및 성장호르몬, 근손상지표에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고 동시에 보다 짧은 시간을 투자하여 건강을 향상시킬 수 있고 시간적인 효율성(time-effect)에도 함께 기여할 수 있는 운동처방프로그램의 작성을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구에서는 BMI 25kg/m²와 체지방률 30% 이상으로 직장에 재직하고 있는 비만여성 11명을 대상으로 하였으며 실험 대상자들의 신체적 특성은 <표 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 혈류제한 및 걷기프로그램

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 걷기프로그램은 트레드밀을 이용하여, 4주간, 주당 3일, 1일 2회(오전과 오후, 최소휴식시간 4시간)를 실시하였다. 혈류를 제한한 걷기운동은 준비운동 후, 5% 경사도에서 4km/h의 속도로, 2분 걷기와 1분 휴식으로 구성된 프로그램을 총 5세트 반복하였다(총 혈류제한 시간은 프로그램 10분과 준비과정 3분으로 총 17분). 1일차 트레이닝 후, 대상자에게 무리가 없을 경우에는 매 운동 시, 10mmHg씩 증가시켰으며 7일차에는 최종적으로 230mmHg로 증가시켜 운동을 프로그램을 지속하였다.

2.3 체지방측정

체지방률의 측정은 피하지방두께측정법을 이용하였으며, 피하지방은 3부위(triceps, Front of thigh, Iliac crest)를 측정하여 Jackson 등[22]과 Siri[23]의 공식으로 체지방률을 산출하였다. 측정자는 국제인체측정학회의 자격증 소지 전문가 1인이 측정하였으며 체지방률 산출 공식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Body density} = & 1.0994291 - 0.0009929(Z) + 0.0000023(Z^2) - 0.0001392(\text{age}) \\ Z = & \text{Sum of triceps, Front of thigh and Iliac crest skinfold} \\ \% \text{ Body fat} = & 495 / \text{BD} - 450 \end{aligned}$$

신체조성의 검사는 생체전기저항법(Inbody, Biospace, Korea)을 이용하여 체중과 신체질량지수(body mass index: BMI), 체지방량(fat mass), 체지방량(lean body

mass), 체지방률 등을 측정하였다.

2.4 채혈 및 분석

4주간의 운동 전·후 채혈을 실시하였으며, 실험대상자들은 실험실에 도착하여 30분간 안정을 취한 후, 상완의 주정맥(antecubital vein)에서 10ml을 채혈하였다. 채혈 직후 일부의 혈액은 3000rpm으로 15분간 원심분리하여 혈장을 추출하였으며 나머지는 전혈로 분석 시 까지 냉동(-70℃) 보관하였다. 성장호르몬과 근손상지표(Mb, CK, LDH, K⁺)의 분석방법은 <Table 2>에서 보는 바와 같다.

Table 2. Blood analysis

	Analyzer	Reagent	Method
GH	r-counter (USA)	Diagnostic Use kit(Japan)	RIA
Mb	r-counter (USA)	Diagnostic use myoglobin(Japan)	RIA
CK	ADVIA 1650 (Japan)	Creatine kinase reagents(USA)	DGKC
LDH	ADVIA 1650 (Japan)	Lactate Dehydrogenase (USA)	Enzymatic Assay
K ⁺	Nova medical (USA)	Potassium acetate ACS reagent(USA)	Flame photometry

GH; Growth hormone, Mb; Myoglobin, CK; Creatine Kinase, LDH; Lactate Dehydrogenase, K; Potassium.

2.5 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 α=.05로 설정하였다.

3. 결과

3.1 신체조성의 변화

4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 신체조성의 변화는 <Table 3>에서 보는 바와 같이 체중(p=.022)과 BMI(p=.015), 지방량(p=.026)에서는 트레이닝 전보다 유의하게 감소된 것으로 나타났다. 그러나 체지방체중은 트레이닝 전·후 거의 변화가 없었으며(p=.915) 체지방률에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에는

도달하지 못하였다($p=.070$).

Table 3. Body composition

	Pre	Post	p-Value
Body weight	67.75±3.16	66.16±2.93	.022*
BMI	26.37±0.88	25.71±0.81	.015*
Lean body mass	23.12±1.11	23.10±0.99	.915
Fat mass	25.221.74	24.06±1.67	.026*
% fat	37.09±1.23	36.15±1.26	.070

Means ± SEM. * $p<.05$. BMI; Body Mass Index.

Table 4. GH & Muscle damage markers

	Pre	Post	p-Value
GH	0.55±0.20	0.70±0.28	.618
Mb	28.38±1.44	32.00±2.54	.103
CK	66.00±7.74	96.4±14.01	.027*
LDH	285.36±15.98	306.09±18.02	.013*
K ⁺	4.30±0.11	4.67±0.12	.008**

Means ± SEM. * $p<.05$, ** $p<.01$.

3.2 성장호르몬과 근손상지표의 변화

성장호르몬의 변화에서 4주간의 트레이닝 후, 트레이닝 전보다 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다($p=.618$). 근손상지표 인 CK($p=.027$)와 LDH($p=.013$), K⁺($p=.008$)의 수준은 트레이닝 후, 유의하게 증가된 것으로 나타났으며 그러나 Mb의 수준은 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다($p=.103$)<Table 4>.

4. 논의

낮은 강도의 혈류를 제한하는 트레이닝은 정맥혈류의 제한으로 인한 혈액의 유흥에 의해 저부하의 낮은 강도 운동에서도 유산소성대사로부터 무산소성대사로의 전환을 일으킨다고 보고하고 있으며[8,24-26] 이러한 환경은 근비대와 근력, 성장호르몬의 수준을 증가시킨다고 보고하고 있다[13,14].

Beekley 등[8]의 연구에서는 저강도의 혈류를 제한한 트레이닝 후, 체지방이 감소되었으며 최현민 등[27]의 연구에서도 3주간의 혈류를 제한한 트레이닝 후, 체중과 체지방량, 체지방률, 비만도 등이 유의하게 감소되었다

고 보고하였다. 그러나 서현태 등[28]의 연구에서는 2주간의 혈류를 제한한 트레이닝 후, 체중 및 체지방량, 체지방률에 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다.

이 연구의 결과에서는 4주간의 혈류를 제한한 건기트레이닝을 실시한 후, 체중과 신체질량지수(BMI), 체지방량이 유의하게 감소하였으며 체지방률은 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았지만 감소하는 경향을 보여 Beekley 등[8]과 최현민 등[27]의 연구결과 일치하였다. 이러한 결과는 혈류를 제한한 건기트레이닝이 체지방 감소 및 신체조성의 변화에 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 증가한 성장호르몬이 에너지대사에 관여함[8]과 운동에 의한 일반적인 특성인 에너지요구의 증가에 따라 지질대사와 지방성분의 유출 및 β-산화의 증가에 기인한 것으로 사료된다[29-31].

아직까지 확실한 이유가 밝혀지지는 않았지만 비만인에게서 혈중 성장호르몬의 농도가 정상체중을 가진 사람에 비해 유의하게 낮은 것으로 알려져 있으며[32] 반감기 및 일일 생성을 또한 낮은 것으로 보고되고 있다[33].

성장호르몬과 관련된 몇몇 선행연구에서 운동은 혈중 성장호르몬의 농도를 증가시키며 VO₂max의 40% 이상의 운동 강도에서 증가되는 것으로 알려져 있고[34,35], 또한 혈류를 제한한 트레이닝에서도 성장호르몬이 유의하게 증가되는 것으로 보고되었다[11-14].

그러나 이 연구의 결과에서는 4주간의 혈류를 제한한 건기트레이닝 전·후 혈중 성장호르몬의 농도가 약간 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에는 도달하지 못하여 여러 선행연구와 일치하지 않는 결과를 보였다. 이러한 결과는 대부분의 여러 선행연구에서 실험대상자를 주로 엘리트선수과 건강한 사람을 대상으로 하여 근비대가 주로 일어나는 저항성트레이닝을 실시한 것과는 달리 이 연구에서는 성장호르몬 분비에 대한 다양한 자극의 민감성이 떨어져 있는 비만 여성을 대상으로 하여 유산소성 건기트레이닝을 실시한 것이 그 차이의 원인으로 생각된다. 또한 여러 선행연구에서 성장호르몬 분비에 대한 자극의 개선은 체중의 감소와 동반된다는 결과를 보고하고 있으며[36-38] 이러한 결과를 비추어 볼 때 이 연구에서 자극의 개선기간이 충분하지 못하였던 것으로 사료된다. 따라서 이후에는 보다 충분한 기간에 여러 가지 요인을 충족하는 추가적 실험이 필요할 것으로 생각된다.

격렬한 운동은 골격근의 손상을 초래할 수 있는 것으

로 알려져 있으며[39,40], 이러한 손상은 혈액 속 CK와 Mb, LDH 등과 같은 단백질의 농도를 증가시킨다고 여러 선행연구에서 보고하였다[39,41]. 그러나 혈류를 제한한 걷기트레이닝을 건강한 남성들에게 적용한 Abe 등 [11]의 연구에서는 CK와 Mb의 농도가 운동 전·후에 유의한 차이가 없다고 보고하였으며 또 다른 연구에서는 운동으로 인한 Mb와 CK 농도의 증가는 운동 후의 약 24시간 후부터 증가하기 시작하여 4일 후에 최고치에 도달한다고 보고하여 서로 다른 결과를 보고하고 있다 [42-44]. Clarkson 등[42]은 운동으로 인한 이러한 단백질의 증가가 인체의 에너지대사와 산소운반, myosin light chain kinase의 유전적 대립형질 생성 등에 영향을 주어 근육 손상 및 질환을 예상하는 임상적 근거로도 사용된다고 주장하였다.

이 연구의 결과에서는 Mb의 농도는 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 트레이닝 전보다 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 CK와 LDH의 경우에는 운동 후에 유의하게 증가되었다. 이러한 결과는 운동 직후에 유의한 차이를 보이지 않은 Mb의 농도와 운동 직후 유의한 증가를 보인 LDH의 경우는 선행연구의 결과와 비슷한 경향을 보였으며 그러나 CK의 경우에는 운동 직후 유의하게 증가되어 여러 선행연구들의 결과와 불일치하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 엘리트선수 또는 건강한 사람들을 대상으로 한 선행연구와는 달리 이 연구의 대상자가 운동능력 및 대사능력 등이 현저히 낮은 수준의 직장 비만여성이라는 점과 성별 등의 차이에 의한 것으로 사료된다.

K⁺(potassium)은 주로 인체 내에서 신경전달 및 근수축, 심장수축, 당신생, 단백질합성 등에 관여하는 중요한 물질로 알려져 있으며 주로 세포내액에 높은 농도로 존재한다[45]. 격렬한 근수축 운동은 근초(sarcolemma)에서 손상을 일으켜 action potential(AC)의 발생 및 전달의 장애를 가져오며 이는 excitation-contraction(EC coupling)의 장애로 이어져 근수축을 어렵게 만드는 것으로 알려져 있다[46]. 이러한 AC의 발생 및 전달 장애의 원인으로 첫번째는 세포 외액의 K⁺ 증가이며[47] 또 다른 원인으로서는 근초의 직접적인 손상으로 알려졌다 [48,49].

Piitulainen 등[46]의 연구에서는 건강한 남녀를 대상으로 eccentric exercise를 실시한 결과, 운동 직후 혈중 K⁺의 농도가 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 이 연

구의 결과에서 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, K⁺의 농도변화는 트레이닝 직후 유의하게 증가되는 것으로 나타나 Piitulainen 등[46]의 선행연구 결과와 일치하였으며 이러한 결과는 손상된 근초에서 이온 투과의 장애가 발생하여 세포 내·외액의 이온농도가 비정상적으로 되고 막전압(membrane potential)에 영향을 미쳐 AC과 EC coupling에 장애를 초래하는 것으로 사료된다 [46,47,50]. 그러나 일시적으로 증가된 K⁺의 농도가 1시간 뒤 정상수준으로 돌아오는 결과를 보여 운동으로 발생된 손상의 지속단계에서 K⁺의 농도는 그리 중요한 역할을 하지 않는 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 낮은 강도의 짧은 시간 운동에도 불구하고 높은 강도의 운동에서 나타나는 혈중 근손상 지표들이 비슷하게 나타난 것은 엘리트선수와 건강한 일반인들을 대상으로 적용한 선행연구에서의 운동강도를 운동능력과 대사적 능력이 떨어지는 이 연구의 실험대상자인 직장 비만여성들에게 적용하는 것은 무리가 있다는 것을 간접적으로 증명한 것이라 생각되며 비만인들에게는 보다 낮은 수준의 강도로 혈류를 제한한 운동을 실시하는 것이 보다 안전하고 효과적인 방법일 것으로 사료된다.

지금까지 대부분의 혈류를 제한하는 트레이닝은 근비대 또는 근력향상에 대한 연구를 진행해 왔으며 최근 들어서는 노인, 여성, 장애우, 일반인 등을 대상으로 한 운동처방의 프로그램으로써 가치가 높아져 근골격계와 내분비계, 심혈관계, 자율신경계 등의 분야에서도 소수의 연구가 진행 중인 것으로 알려져 있다[51]. 이러한 연구경향의 일환으로 이 연구가 수행되었으나 이 연구에서는 많은 연구대상자를 확보하지 못하여 연구결과를 일반화하는데 제한이 있을 것으로 생각되며, 부족한 연구대상자로 인해 통제군을 두지 못하여 일반적인 유산소성 걷기운동과의 직접적인 비교를 하지 못한 것이 큰 제한점으로 생각된다. 따라서 이후에는 보다 많은 비만자를 대상으로, 혈류를 제한한 트레이닝의 진행시기 별 반복측정과 실험이 끝난 후, 일정기간의 follow-up study를 진행하여 보다 구체적인 혈류를 제한한 트레이닝의 효과를 검증하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 또한 운동유발성 고혈압과 심혈관 이상 반응 및 허혈성 빈혈 등의 안전성 검증에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

이 연구는 여러 가지 만성질환의 발병 위험성이 높은 직장 비만여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 걷기트레이닝이 신체조성 및 성장호르몬, 근손상지표에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 실시되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 체중($p=.022$)과 BMI($p=.015$), 지방량($p=.026$)에서는 트레이닝 전보다 유의하게 감소된 것으로 나타났으나 체지방량은 변화가 없었고($p=.915$) 체지방률에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다($p=.070$).
2. 성장호르몬의 변화에서 4주간의 트레이닝 후, 트레이닝 전보다 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다($p=.618$).
3. 근손상지표 인 CK($p=.027$)와 LDH($p=.013$), K^+ ($p=.008$)의 농도는 트레이닝 후, 유의하게 증가된 것으로 나타났으나 Mb의 농도는 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다($p=.103$).

이상의 결과에서, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝은 직장 비만여성들의 각종 만성성인질환 및 대사성질환의 원인인 비만을 예방하고 치료하는데 효과가 있는 것으로 사료되며 이는 짧은 운동시간에도 불구하고 장시간의 운동 효과를 얻을 수 있음을 검증한 것으로 생각된다. 또한 비만인을 대상으로 여러 가지의 운동강도로 혈류를 제한한 운동을 실시하여 안전하고 효과적인 운동방법을 찾는 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Reference

- [1] Donnelly, J. E., Honas, J. J., Smith, B. K., Mayo, M. S., Gibson, C. A., Sullivan, D. K., Lee, J., Herrmann, S. D., Lambourne, K., Washburn, R. A., "Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2", *Obesity*, 21, no. 3, pp. E219-28, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1002/oby.20145>
- [2] Rosenkilde, M., Auerbach, P., Reichkendler, M. H., Ploug, T., Stallknecht, B. M., & Sjödin, A., "Body fat loss and compensatory mechanisms in response to different doses of aerobic exercise—a randomized controlled trial in overweight sedentary males", *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 15;303, no. 6, pp. R571-9, 2012.
- [3] Han, C. S., Lee, G. S., Lee, M. S., & Hwang, H. J., "The Effect of Changing the Order of Exercise Types on Body Composition and Blood Lipid in Obese Women". *Korea Academia- Industrial cooperation Society*, 10, no. 12, pp. 3888-3894, 2009.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.12.3888>
- [4] 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" *Korea Academia- Industrial cooperation Society*, 17, no. 6, pp. 181-191, 2016.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.6.181>
- [5] Hamdy, R. C., Anderson, J. S., Whalen, K. E., & Harvill, L. M., "Regional differences in bone density of young men involved in different exercises", *Med Sci Sports Exerc*. 26, no. 7, pp. 884-8, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-199407000-00012>
- [6] American College of Sports Medicine, "Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th, Baltimore, MI : Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- [7] Weiss, L. W., Cureton. K. J., & Thompson, F. N., "Comparison of serum testosterone androstenedione responses to weight lifting in men and women", *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 50, no. 3, pp. 413-419, 1983.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00423247>
- [8] Beekley, M. D., Sato, Y., & Abe, T., "KAATSU-walk training increases serum bone-specific alkaline phosphatase in young men", *Int J KAATSU training Res*, 1, pp. 77-81, 2005.
- [9] Katch, F. I., & Drumm, S. S., "Effects of different modes of strength training on body composition and anthropometry", *Clin Sports Med*, 5, no. 3, pp. 413-59, 1986.
- [10] 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*, 6, pp. 52-55, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00042752-199601000-00011>
- [11] Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y., "Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training", *J Appl Physiol* (1985), 2006 May;100, no. 5, pp. 1460-6, Erratum in: *J Appl Physiol*. 2008, 104, no. 4, pp. 1255, 2005.
- [12] 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*, 95, pp. 65-73, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>
- [13] 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*, 54, pp.

- 585-92, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.2170/jphysiol.54.585>
- [14] Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N, "Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion", *J Appl Physiol*, 88, pp. 61-65, 2000.
- [15] Park, S. H., Ryu, H. S., & Kwon, Y. W, "Exercise and Healthy". Pegasus press, Seoul, Korea. (2014).
- [16] Itoh, H., Ohkuwa, T., Yamazaki, Y., Shimoda, T., Wakyama, A., Tamura, S., Yamamoto, T., Sato Y., & Miyamura, M, "Vitamin E supplementation attenuates leakage of enzymes following 6 successive days of running training", *International Journal of Sports Medicine*, 21, no. 5, pp. 369-374, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2000-3777>
- [17] Van Hall, G, "Lactate as a fuel for mitochondrial respiration. *Acta Physiologica Scandinavica*, 168, no. 4, pp. 643-656, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2000.00716.x>
- [18] Falvo, M. J., & Bloomer, R. J, "Review of exercise -induced muscle injury: Relevance for athletic populations", *Research in Sports Medicine*, 14, no. 1, pp. 65-82, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1080/15438620500528380>
- [19] Godin, G., Desharnais, R., Valois, P., Lepage, L., Jobin, J., & Bradet, R, "Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. *Am J Health Promotion*. 8, pp. 279-284, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.4278/0890-1171-8.4.279>
- [20] Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W, "Correlates of adults' participation in physical activity: review and update", *Med Sci Sports Exerc*. 34, pp. 1996 -2001, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00020>
- [21] Marcus, B. H., Williams, D. M., Dubbert, P. M., Sallis, J. F., King, A. C., Yancey, A. K., Franklin, B. A., Buchner, D., Daniels, S. R., & Claytor, R. P., American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity); American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young; Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research. "Physical activity intervention studies: what we know and what we need to know: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity); Council on Cardiovascular Disease in the Young; and the Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research. *Circulation*, 12;114, no. 24, pp. 2739-52. Review, Erratum in: *Circulation*, 2010 Jul 6;122, no. 1, pp. e8.2006.
- [22] Jackson, A. S., Pollock, M. L., & Waed, A, "Generalized equations for predicting body density of women", *Med Sci Sports Exerc*, 12, no. 3, pp. 175-181, 1980.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-198023000-00009>
- [23] Siri, W. E, "Body composition from fluid spaces and densities :analysis of methods, In Brozek, J., Henschel, A.(eds, pp. Techniques for Measuring Body Composition", Washington DC, National Academy of Sciences, 223-244, 1961.
- [24] Abe, T., Charles, F., Kearns., & 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*, 100, pp. 1460-1466, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>
- [25] Sato, Y., Ishii, N., Nakajima, T., & Abe, T, "KAATSU Training. Theoretical and Practical Perspectives", goudan co, 2007.
- [26] Takarada, Y., & Ishii, N, "Effects of low-intensity resistance exercise the shortest rest period on muscular function in middle-aged women", *J Strength Cond Res*, 16, pp. 123-128, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1519/00124278-200202000-00019>
- [27] 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*, 22, no. 4, pp. 545-551, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2012.22.4.545>
- [28] 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*, 3, no. 4, pp. 1211-18, 2014.
- [29] Booth, F. W., & Thomason, R. B, "Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspective of various models. *Physiological reviews*, 71, no. 2, pp. 541-585, 1991.
- [30] Hamilton, M T., & Booth, F. W, "Skeletal muscle adaptation to exercise: a century of progress", *Journal of applied physiology*, 88, no. 1, pp. 327-332, 2000.
- [31] Holloszy, J. O., & Booth, F. W., "Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle", *Annual review of physiology*, 38, pp. 273-291, 1976.
DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.38.030176.001421>
- [32] Scacchi, M., Pincelli, AI., & Cavagnini, F, "Growth hormone in obesity", *Int J Obes Relat Metab Disord*. 23, no. 3, pp. 260-71, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800807>
- [33] Veldhuis, J. D., Iranmanesh, A., Ho, K. K., Waters, M. J., Johnson, M. L., & Lizarralde, G, "Dual defects in pulsatile growth hormone secretion and clearance subserve the hyposomatotropism of obesity in man", *J Clin Endocrinol Metab*. 72, no. 1, pp. 51-9, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jcem-72-1-51>
- [34] Godfrey, R. J., Madgwick, Z., & Whyte, G. P, "The exercise-induced growth hormone response in athletes", *Sports Med*, 33, no. 8, pp. 599-613, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333080-00005>
- [35] Ozaki, H., Loenneke, J. P., & Abe, T, "Blood flow-restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy?", *Clin Physiol Funct Imaging*, Oct 30. [Epub ahead of print], 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1111/cpf.12312>
- [36] Williams, T., Berelowitz, M., Joffe, S. N., Thorner, M. O., Rivier, J., Vale, W., & Frohman, L. A, "Impaired growth hormone responses to growth hormone-releasing factor in obesity. A pituitary defect reversed with weight

- reduction", *N Engl J Med*, 29, no. 22, pp. 1403-7, 1984.
DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM198411293112203>
- [37] Tanaka, K., Inoue, S., Numata, K., Okazaki, H., Nakamura, S., & Takamura, Y., "Very-low calorie diet-induced weight reduction reverses impaired growth hormone secretion response to growth hormone-releasing hormone, arginine, and L-dopa in obesity", *Metabolism*, 39, no. 9, pp. 892-6, 1990.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(90\)90296-0](https://doi.org/10.1016/0026-0495(90)90296-0)
- [38] Rasmussen, M. H., Hvidberg, A., Juul, A., Main, K. M., Gotfredsen, A., Skakkebaek, N. E., Hilsted, J., & Skakkebaek, N. E., "Massive weight loss restores 24-hour growth hormone release profiles and serum insulin-like growth factor-I levels in obese subjects", *J Clin Endocrinol Metab*, 80, no. 8, pp. 2446, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jcem.80.4.7536210>
- [39] Clarkson, P. M., & Hubal, M. J., "Exercise-induced muscle damage in humans", *Am J Phys Med Rehabil*, 81, no. 11 Suppl, pp. S52-69, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00007>
- [40] Sayers, S. P., & Clarkson, P. M., "Exercise-induced rhabdomyolysis", *Curr Sports Med Rep*, 1, no. 2, pp. 59-60, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00149619-200204000-00001>
- [41] Proske, U., & Morgan, D. L., "Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications", *J Physiol*, 537(Pt2), pp. 333-45, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00333.x>
- [42] Clarkson, P. M., Kearns, A. K., Rouzier, P., Rubin, R., & Thompson, P. D., "Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage", *Med Sci Sports Exerc*, 38, no. 4, pp. 623-7, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc>
- [43] Lee, J., & Clarkson, P. M., "Plasma creatine kinase activity and glutathione after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35, no. 6, pp. 930-6, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069553.47739.36>
- [44] Nosaka, K., & Clarkson, P. M., "Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc*, 28, no. 8, pp. 953-61, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-199608000-00003>
- [45] Marieb, E. N., "Human anatomy and physiology", third edition, pp.856. The benjamin/cumming publishing company. california. USA, 1995.
- [46] Piitulainen, H., Komi, P., Linnamo, V., & Avela, J., "Sarcolemmal excitability as investigated with M-waves after eccentric exercise in humans", *J Electromyogr Kinesiol*, 18, no. 4, pp. 672-81, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.01.004>
- [47] Sejersted, O. M., & Sjøgaard, G., "Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise", *Physiol Rev*, 80, no. 4, pp. 1411-81, 2000.
- [48] Fridén, J., Sjöström, M., & Ekblom, B., "A morphological study of delayed muscle soreness", *Experientia*. 15;37, no. 5, pp. 506-7, 1981.
- [49] Barash, I. A., Peters, D., Fridén, J., Lutz, G. J., & Lieber, R. L., "Desmin cytoskeletal modifications after a bout of eccentric exercise in the rat", *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 283, no. 4, pp. R958-63, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00185.2002>
- [50] Warren, G. L., Ingalls, C. P., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B., "Excitation-contraction uncoupling: major role in contraction-induced muscle injury", *Exerc Sport Sci Rev*, 29, no. 2, pp. 82-7, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00008>
- [51] Kim, K. S., Park, S. H., Huh, Y., & Park, M. R., "Search for the trend of study and possibility of field application on resistance training with blood flow restriction", *The Korean Journal of Sports Science*, 20, no. 5, pp. 1047-1065, 2011.

이 장 규(Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학 박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동처방재활학과 초빙 교수

<관심분야>

의.생명공학, 스포츠의학, 운동생리학