

혈류를 제한한 4주간의 걷기운동이 중년 비만여성의 인슐린저항성과 아디포카인, Gut hormone에 미치는 영향

오두환, 김정훈, 장석암, 이장규*
단국대학교 운동처방재활학과

Effect of 4 Weeks' Walking Exercise with Blood Flow Restriction on Insulin Resistance, Adipokines and Gut Hormones in Middle Aged Obese Women

Du-Hwan Oh, Jung-Hoon Kim, Seok-Am Zhang, Jang-Kyu Lee*

Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University

요약 이 연구의 목적은 만성질환의 발병 위험성이 높은 직장 중년 비만여성을 대상으로, 낮은 강도의 혈류를 제한한 4주간의 걷기트레이닝이 인슐린저항성과 아디포카인, Gut 호르몬에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 한다. 연구의 대상자는 BMI 25kg/m²와 체지방률 30% 이상의 직장 중년 비만여성 11명으로 하였으며 혈류의 제한은 특수제작 된 공압식 가압벨트를 사용해 사지의 혈류를 제한하였다. 혈류를 제한한 걷기트레이닝은 대퇴부위 양쪽에 공압방식의 탄성벨트를 착용하고 압력을 조절하여 4주간, 주당 3일, 1일 2회 트레드밀을 이용하여 실시하였고 걷기프로그램은 4km/h의 속도와, 5%의 경사도로 2분 걷기와 1분 휴식으로 구성하여 총 5세트 반복하였다.

이 연구의 결과에서 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 인슐린의 농도는 유의하게 증가하였으나($p < .05$) 글루코스의 농도는 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았으며 HOMA-IR은 유의하게 감소되었다($p < .05$). 아디포넥틴과 비스파틴의 농도는 트레이닝 후, 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 또한 그렐린과 GLP-1의 농도는 모두 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 유의하게 감소되었다($p < .05$).

이상의 결과에서, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝은 직장 중년 비만여성들의 인슐린 저항성과 아디포카인, Gut 호르몬 변화에 효과가 있는 것으로 생각되며 이러한 결과는 낮은강도와 짧은 시간의 혈류를 제한한 트레이닝이 비만의 예방과 치료적 차원에서 긍정적 효과가 있는 것으로 사료된다.

Abstract This study was conducted to investigate the effect of walking exercise with blood flow restriction (BFR) on insulin resistance, adipokines and gut hormones in middle aged obese women. Eleven obese women (BMI > 25kg/m²; body fat > 30%) wore pneumatic pressure belts at both femurs and performed walking exercise consisting of walking for 2 min and resting for 1min twice per day, 3 days/wk for 4 weeks. Insulin significantly increased after exercise ($p < .05$), while glucose increased slightly, but not significantly. Additionally, HOMA-IR decreased significantly after exercise ($p < .05$), while adiponectin and visfatin increased, but not significantly. Finally, ghrelin ($p < .05$) and GLP-1 ($p < .05$) increased significantly after exercise. These results suggest that walking exercise with blood flow restriction for 4 weeks improves insulin resistance, adipokines, and gut hormones in obese middle-aged women. Therefore, high intensity walking exercise with blood flow restriction for short periods of time has more positive effects on prevention and treatment of obesity-related metabolic diseases.

Keywords : adiponectin, blood flow restriction, insulin resistance, ghrelin, GLP-1, visfatin

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

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

Received January 25, 2018

Revised (1st February 19, 2018, 2nd February 23, 2018, 3rd March 8, 2018)

Accepted March 9, 2018

Published March 31, 2018

1. 서론

비만은 인슐린 저항성과 대사증후군의 큰 위험요인으로 알려져 있으며[1], 비만으로 인해 유발되는 인슐린 저항성은 혈중 인슐린의 정상적인 기능을 저해함으로써 췌장의 기능을 상실하게 하여 제2형 당뇨병으로 발전하게 하고[2] 내당능장애와 고혈압, 고지혈증, 관상동맥질환, 허혈성 심장질환 등과 같은 많은 질환에 관련이 있는 것으로 알려져 있다[3,4]. 이러한 인슐린저항성은 Goldberg 등[5]과 몇몇 선행연구에서 운동의 영향을 받아 긍정적으로 개선되는 것으로 보고되고 있으며[6,7] 이와 같은 결과는 운동이 비만관련 질환의 예방 및 치료에 효과가 있는 것으로 생각된다.

단순하게 지방을 저장하고 공급하는 장소로만 인식되어 왔던 지방세포(adipocyte)는 생물학적 활성단백질을 분비하는 내분비기관으로서의 기능이 점차 확인되어 가고 있으며[8], 여기에서 분비되는 물질인 아디포카인(adipokine)은 인슐린저항성과 식욕조절, 지방과 탄수화물대사, 에너지 항상성 등과 같은 대사적 활성요인들에 관련된 것으로 알려져 있다[9]. 이러한 아디포카인들 중, 아디포넥틴(Adiponectin)은 오직 지방조직에서만 분비되는 특이성 호르몬으로서 인슐린저항성과 대사성 증후군에 중심적 역할을 하며 특히 비만인은 혈중 농도가 매우 낮은 것으로 알려져 있다[10]. 또한 비스파틴(Visfatin)은 인슐린과 유사한 효과를 가지고 있어 인슐린의 신호 전달체계에 영향을 미쳐 인슐린저항성 및 당뇨에 관여하는 것으로 보고되고 있으며[11] 당뇨병자나 비만인에게서 높은 수치를 내는 것으로 알려져 있다[12]. Moghadasi 등[13]의 연구에서 아디포넥틴의 농도는 운동 후, 증가하였으며 Ferguson 등[14]의 연구에서는 변화가 없었다고 보고하여 서로 상이한 결과를 나타내었으며 비스파틴은 Haus 등[15]의 연구에서 운동 후에 혈중 농도가 감소하는 것으로 보고되어 운동이 이러한 아디포카인의 혈중 농도 변화에 어떠한 영향을 미쳤는지가 명확하게 밝혀지지 않은 실정이다.

Gut 호르몬은 위장과 췌장, 소장 등에서 분비되어 식욕과 에너지대사 조절기전에 관여하며 시상하부와 뇌간 사이를 기능적으로 연결하는 신경펩티드로 그렐린(Ghrelin)과 GLP-1(Glucagon like peptide), 렙틴, Peptide YY(peptide tyrosine tyrosine) 등이 있다[16]. 그렐린은 대부분 위장에서 생성되어 섭식증추를 자극하여 음식섭

취를 유도하는 것으로 알려져 있으며[16] 체중이 증가한 경우, 감소하고 체중이 감소한 경우에는 증가하는 것으로 보고되고 있다[17]. GLP-1은 preproglucagon으로부터 유도된 호르몬으로서 장점막의 L-세포에서 분비되며 섭취한 음식의 양에 비례하여 분비되는 포만인자로 알려져 있고[18], 비만인의 경우, 혈중 농도는 감소되는 것으로 보고되고 있다[19]. 이러한 Gut 호르몬은 운동에 영향을 받아 그렐린[20]과 GLP-1[21] 모두 운동 후, 농도가 증가하는 것으로 보고되었으며 이는 두 호르몬이 에너지 항상성 조절에 관여하는 것으로 생각되지만 아직까지 명확한 기전은 밝혀지지 않은 상태이다.

규칙적인 운동은 비만관련 질환의 예방 및 치료에 대한 긍정적인 효과가 높은 것으로 보고되고 있으나[22] 유산소성 운동만으로는 제지방과 근육량 증가에 의한 기초대사량과 인슐린저항성 등의 대사적 개선효과를 기대하기 어렵다고 알려져 있으며[23] 이러한 운동의 효과를 위해서는 최소 1RM의 65% 이상의 저항성운동 강도가 요구되는 것으로 알려져 있다[24]. 그러나 체력수준이 낮은 아이나 여성 또는 노인에게 이와 같은 저항성운동의 강도는 부상의 위험성이 매우 높은 것으로 알려져 있으며[25] 따라서 부상의 위험성 없이 저항성운동의 효과를 얻을 수 있는 트레이닝 프로그램의 필요성이 대두되었다. 이러한 필요성에 의해 일본에서 개발된 혈류를 제한한 트레이닝은 공압식 전용벨트를 사용하며 사지의 근위부 말단을 적절한 강도로 압박한 상태에서 비교적 저강도 트레이닝을 단시간에 실시하여 근비대 및 근력증가의 효과를 얻을 수 있는 운동의 형태를 말한다[26]. Takarada 등[27]의 연구에서 1RM의 30~50% 강도로, Takarada 등[28]의 연구에서는 1RM의 20% 강도로 혈류를 제한한 저항성트레이닝을 실시한 후, 고강도의 저항성트레이닝에서와 유사한 효과를 나타내었다고 보고하였으나 비만인을 대상으로 한 비만관련 연구는 미비한 실정이다.

중년여성의 대부분이 전업주부이거나 지속적으로 신체활동을 유지할 수 없는 환경, 임신과 출산, 산후관리, 여성호르몬 등의 변화를 보이기 때문에 남성에 비해 상대적으로 비만에 취약한 것으로 알려져 있으며 이로 인한 비만관련 질환의 유병률이 남성보다 상대적으로 높은 것으로 보고되고 있다[29].

이상의 선행연구에서와 같이 대부분의 혈류를 제한한 트레이닝에 대한 연구들이 엘리트선수과 정상체중의 남

성을 대상으로 하여 근력 및 근비대에 대한 연구가 주로 실시되었으며 중년여성을 대상으로 한 비만관련 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 체지방률 30% 이상과 체질량지수 25kg/m² 이상인 중년비만여성을 대상으로, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝이 인슐린 저항성과 아디포카인, Gut 호르몬의 농도에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고, 운동능력이 낮고 부상 위험이 높은 중년비만여성들의 비만치료를 위한 효율적인 운동프로그램 작성의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

이 연구에서는 BMI 25kg/m²와 체지방률 30% 이상으로 직장에 재직하고 1년이내에 어떠한 질환 및 질병도 갖고 있지 않은 사무직 비만여성 11명을 대상으로 하였으며 연구의 내용과 절차를 이해할 수 있도록 충분히 설명하였고 본인 스스로가 실험에 참여할 것을 동의서에 자필 서명하였다. 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 신체조성검사

신체조성은 생체전기저항법(Inbody, Biospace, Korea)을 이용하여 체중과 신체질량지수(body mass index: BMI), 체지방률 등을 측정하였다.

2.3 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<Fig. 1>.

2.4 채혈 및 분석



Fig. 1. Walking Exercise with Blood Flow Restriction

4주간의 운동 전·후 채혈을 실시하였으며, 실험대상자들은 실험실에 도착하여 30분간 안정을 취한 후, 상완의 주전정맥(antecubital vein)에서 10ml을 채혈하였다. 채혈 직후 일부의 혈액은 3000rpm으로 15분간 원심분리하여 혈장을 추출하였으며 나머지는 전혈로 분석 시 까지 냉동(-70℃) 보관하였다.

2.4.1 인슐린과 글루코스

인슐린저항성을 평가하기 위하여 인슐린과 글루코스의 농도를 측정하였으며 인슐린은 ECLIA (Electro-

chemiluminescence Immunoassay) 방법으로 Modular E(Hitachi, Japan)를 이용하였고 글루코스는 Enzymatic Kinetic Assay(Hexokinase)를 이용하여 Modular analytics(Roche, Germany)로 분석하였다.

2.4.2 인슐린저항성(HOMA-IR)

인슐린 저항성의 평가는 HOMA-IR의 공식을 이용할 것이며[6] 산출 공식은 다음과 같다.

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{fasting insulin}(\mu\text{U}/\text{mL}) \times \text{fasting plasma glucose}(\text{mg}/\text{dL})}{405}$$

2.4.3 아디포카인과 Gut 호르몬

아디포카인(아디포넥틴, 비스파틴)과 Gut 호르몬(그렐린, GLP-1)의 분석방법은 <Table 2>에서 보는 바와 같다.

Table 2. Blood analysis

	Analyzer	Reagent	
Adiponectin	r-counter ; COBRA 5010 series Quantum (PACKARD, USA)	human Adiponectin Kit(Linco Research, USA)	RIA
Visfatin	EIA reader ; E max Pression (Molecular devices, USA)	Human visfatin ELISA kit (Biovision, USA)	EIA
Ghrelin	r-counter ; COBRA 5010 series Quantum (PACKARD, USA)	Ghrelin(Human) (Phoenix, USA)	RIA
GLP-1	EIA reader ; E max Pression (Molecular devices, USA)	Human/Rat GLP-1 EIA(Yanaihara, Japan)	EIA

GLP-1; Glucagon Like Peptide-1.

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. 연구결과

3.1 신체조성의 변화

체중(p=.022)과 BMI(p=.015)는 4주간의 혈류를 제한

한 걷기트레이닝 후, 유의하게 감소된 것으로 나타났으며 체지방률에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다(p=.070) <Table 3>.

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*
% fat	37.09±1.23	36.15±1.26	.070

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

3.2 인슐린저항성

4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 인슐린의 농도는 유의하게 감소하였으며(p<.05) 글루코스의 농도는 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 인슐린저항성을 나타내는 HOMA-IR은 트레이닝 후, 유의하게 감소되었다(p<.05)<Table 4>.

Table 4. Insulin resistance

	Pre	Post	p-value
Glucose	88.67±1.47	92.22±2.43	.326
Insulin	7.28±1.18	4.25±0.44	.033*
HOMA-IR	3.19±0.52	1.90±0.19	.045*

Values are means ± S.E.M. *p<.05.

3.3 아디포카인

아디포넥틴과 비스파틴의 농도는 <Table 5>에서 보는 바와 같이, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 전·후 유의한 차이를 보이지 않았지만 두 변인 모두 증가하는 경향을 보였다.

Table 5. Adipokines

	Pre	Post	p-value
Adiponectin	7.11±0.65	7.40±0.70	.813
Visfatin	1.83±0.20	3.09±0.43	.502

Values are means ± S.E.M.

3.4 Gut 호르몬

혈중 그렐린과 GLP-1의 농도는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 두 변인 모두 유의하게 감소되었다(p<.05).

Table 6. Gut hormones

	Pre	Post	p-value
Ghrelin	1295.75±61.35	1085.65±45.26*	.011*
GLP-1	8.53±0.67	7.64±0.91	.030*

Values are means ± S.E.M. *p<.05.

4. 논의

혈류를 제한한 트레이닝은 낮은 강도의 단시간 트레이닝에도 근비대와 근력증가, 신경계 및 내분비계와 심혈관계의 대사작용 활성화, 근육 내 저산소화와 울혈(blood pooling)작용, 무산소성 대사로의 전환 등을 일으키는 것으로 보고되고 있다[26,30].

4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝을 실시한 후, 이 연구의 결과에서 체중과 BMI가 유의하게 감소하였으며 체지방률은 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 감소하는 경향을 보여 Beekley 등[31]과 Lee[32]의 연구결과 일치하였다. 이러한 결과는 혈류를 제한한 걷기트레이닝이 신체조성의 변화에 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 운동에 의한 일반적인 특성인 에너지요구의 증가에 따라 지질대사와 지방성분의 유출 및 β-산화의 증가에 기인한 것으로 사료된다[33].

비만 및 대사성질환과 밀접한 관계를 가지고 있는 인슐린저항성은 인슐린 분비에 대한 감수성 및 기능의 저하로 인하여 탄수화물과 지방대사의 변화를 일으킴으로써 고혈당을 유발하며 그 원인은 아직까지 분명하게 밝혀지지 않았으나 인슐린 수용체의 부족과 인슐린 및 수용체에 대한 항체생성, 비만, 운동부족 등이 원인으로 알려져 있다[34].

Friedenreich 등[35]의 연구에서 유산소성 운동 후, 인슐린저항성이 유의하게 감소되었다고 보고하였으며 Abd El-Kader[36]의 연구에서는 유산소성운동과 복합운동집단 모두 인슐린저항성이 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 그러나 Lee 등[8]의 연구에서는 복합운동집단만이 인슐린저항성이 유의하게 감소된 것으로 나타났으며 또 다른 연구에서도 복합운동이 인슐린저항성을 감소시키는데 효과적이라는 결과를 보고하여[37] 운동의 형태에 따라 인슐린저항성의 변화에 차이가 있는 것으로 생각된다.

이 연구의 결과에서도 4주간의 혈류를 제한한 걷기트

레이닝 후, 인슐린저항성은 유의하게 감소되어 여러 선행연구의 결과 일치하였으며 이러한 결과는 운동을 통한 제지방 체중의 증가와 혈중의 지방산의 산화능력, 미토콘드리아의 산화효소 활성 등이 향상되어 나타난 것으로 생각된다[34]. 또한 Goulet 등[38]의 연구에서 무산소성 역치 이상의 운동에서 인슐린감수성이 증가되며 이러한 증가는 반복된 훈련을 통해 유지될 수 있다고 보고하여 이 연구에서 수행된 혈류를 제한한 트레이닝으로 인한 무산소성 환경과 반복적인 트레드밀 훈련이 인슐린저항성을 개선하였다는 결과를 지지하는 것으로 사료된다. 그러나 선행연구에서 인슐린저항성과 아디포넥틴은 강한 역상상관관계임을 보고하였으며[10] 이 연구의 결과에서는 아디포넥틴의 농도가 유의한 증가를 보이지는 않았으나 인슐린저항성은 유의하게 개선이 되었다. 이러한 결과는 운동으로 인한 인슐린 활동성(insulin action)의 증가가 인슐린의 기능을 향상하여 지방조직에서 아디포넥틴의 발현과 분비를 억제한 것으로 사료된다.

아디포넥틴은 인체 내에서 인슐린 작용과 당조절 능력개선, 간과 근육에서 지방의 산화 촉진, 항염증작용[39], 혈관손상과 동맥경화 방지[40] 등의 기능을 하는 것으로 보고되고 있으며 비만인과 당뇨병환자, 관상동맥환자에게서 혈중 농도가 낮은 것으로 보고되고 있다[10]. 이러한 결과는 지방세포의 증가와 비례하여 나타나는 TNF-a의 증가가 인슐린과 인슐린수용체의 활성경로를 억제하여 당수송 및 수송체를 감소시키고 인슐린저항성을 유발하게 되어 아디포넥틴의 생성을 억제하는 기전에 의해 나타나는 것으로 알려져 있다[41].

여러 선행연구에서 운동 후, 체중감량과 함께 아디포넥틴이 증가되었다고 보고하였으며[40,42] 그러나 Marcell 등[43]의 연구에서는 체중 및 체지방량이 감소되었음에도 혈중 아디포넥틴의 농도에는 변화가 없는 것으로 나타났고 Yatagai 등[44]의 연구에서는 운동 후, 오히려 유의하게 감소된 결과를 보고하였다.

이 연구의 결과에서도 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 아디포넥틴의 농도는 체중 및 체지방의 감소에도 유의한 차이를 보이지 않아 Marcell 등[43]의 결과와 일치하였으며 이러한 결과는 운동 후, 인슐린감수성이 증가됨으로써 인슐린의 기능이 향상되어 지방조직에서 아디포넥틴의 발현과 분비를 억제하고 혈중 카테콜라민의 분비 증가가 아디포넥틴 유전자 발현을 억제하는 것으로 사료된다[45].

비스파틴은 림프구에서 발현되며 인슐린 수용체와 결합하여 인슐린과 비슷한 작용을 함으로써 당대사 항상성 조절과 당뇨병에 밀접한 관련성이 있는 것으로 알려져 있다[46]. 혈중 비스파틴은 복부비만과 밀접한 관계를 가지고 있어 비만인과 제2형 당뇨병자에게서 정상인보다 높은 농도인 것으로 알려져 있다[14].

몇몇 선행연구에서 혈중 비스파틴은 운동 후, 유의하게 감소되는 것으로 보고되었으며[15,46] 그러나 운동 후, 증가되거나[47] 변화가 없었다는[48] 결과도 보고되었다.

이 연구의 결과에서도 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 체중 및 체지방의 감소에도 혈중 비스파틴 농도는 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 여러 선행연구와 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 아직까지 명확한 기전은 밝혀지지 않았지만, 운동으로 증가된 혈중 에피네프린과 혈중 유리지방산 농도의 변화가 지방세포에서 비스파틴의 mRNA 발현을 증가시킨 것으로 생각되며 혈중의 농도가 증가되지 않은 것은 비스파틴의 활동 경로가 endocrine 보다는 paracrine 경로에 보다 의존하는 것으로 사료된다[48].

그렐린은 혈중에 존재하는 유일한 식욕증진 호르몬으로서, 시상하부에 식욕증가와 지방세포의 증식 및 분화 촉진, 에너지대사 촉진 등의 작용을 하며[49] 공복과 식욕부진, 인슐린 저항성, 체중감소, 에너지 불균형 등에 의해 변화하는 것으로 알려져 있다[50]. 혈중 그렐린의 농도는 비만인들이 정상인과 비교하여 낮은 것으로 보고되었으며[51] 비만도와 체중, BMI, 등이 부적상관계에 있다고 주장하였다[52].

운동 후, 그렐린의 농도는 체중 및 체지방 감소와 함께 증가되었다고 보고하였으며[18,52] 그러나 운동 후, 변화가 없었다는 결과와[53] 함께 오히려 감소하였다는 상반되는 결과를 보고하였다[49].

이 연구의 결과에서도 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 혈중 그렐린의 농도는 통계적으로 유의하게 감소하여 Wang 등[49]의 연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 아직까지 운동과 그렐린과의 관계에 대한 명확한 기전은 밝혀지지 않았지만, 중간강도의 저항성운동 후에 그렐린의 농도가 억제되어 낮은 수준으로 감소되어지는 것은 증가된 성장호르몬으로 인한 부적피드백에 의한 것으로 사료되며[54] 실제로 혈류를 제한한 트레이닝은 안정 시보다 많은 성장호르몬을 분비하는 것

로 보고되어 이러한 결과를 뒷받침하고 있다[32].

Glucagon like peptide-1(GLP-1)은 인슐린 분비를 촉진하여 혈당을 감소시키며 식욕을 억제하고 에너지소비를 조절하는 호르몬으로 알려져 있다[55,56].

De Luis 등[56]과 Adam 등[57]의 연구에서 운동 후, 체중감량과 함께 혈중 GLP-1 농도가 유의하게 감소되었다고 보고하였으며 이 연구의 결과에서도 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 혈중 GLP-1의 농도는 통계적으로 유의하게 감소하여 여러 선행연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 운동으로 인한 에너지소비의 증가와 식이억제에 의한 체중감소 등이 부적에너지 균형을 유발하여 궁극적으로 GLP-1의 농도가 감소된 것으로 사료된다.

5. 결론

이 연구는 체지방률 30%이상과 체질량지수 25kg/m² 이상인 중년비만여성을 대상으로, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝이 인슐린 저항성과 아디포카인, Gut 호르몬에 미치는 영향을 구명하고자 수행되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

1, 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝 후, 체중($p=0.022$)과 BMI($p=0.015$)는 유의하게 감소된 것으로 나타났으나 체지방률은 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에 도달하지 못하였다($p=0.070$).

2, 인슐린의 농도는 운동 후, 유의하게 증가하였으며($p<0.05$) 인슐린저항성은 유의하게 감소되었고($p<0.05$) 글루코스 농도는 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다

3, 아디포넥틴과 비스파틴 농도는 모두 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의차를 보이지 않았다.

4, 그렐린과 GLP-1의 농도는 운동 후, 모두 유의하게 감소되었다($p<0.05$).

이상의 결과에서 4주간의 혈류를 제한한 걷기트레이닝은 중년비만여성의 신체조성과 인슐린 저항성, 아디포카인, Gut 호르몬 변화에 효과가 있는 것으로 생각되며 이러한 결과는 낮은강도와 짧은 시간의 혈류를 제한한 트레이닝이 비만의 예방과 치료적 차원에서 긍정적 효과가 있는 것으로 사료된다. 또한 이 연구의 결과를 토대로 신체적, 정서적으로 큰 변화를 겪고 있으며 운동능력이

낮고 부상위험이 높은 중년비만여성들의 비만치료를 위한 효율적인 운동프로그램을 작성할 수 있을 것으로 생각된다.

Reference

- [1] DeFronzo, R. A., & Ferrannini, E., "Insulin resistance. A multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease", *Diabetes Care*, vol. 1, no. 3, pp. 173-94, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.2337/diacare.14.3.173>
- [2] Bergman, B. C., Cornier, M. A., Horton, T. J., & Bessesen, D. H., "Effects of fasting on insulin action and glucose kinetics in lean and obese men and women", *Am J Physiol Endocrinol Metab*, vol. 293, no. 4, pp. E1103-11, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00613.2006>
- [3] Amer, P., "Insulin resistance in type 2 diabetes: role of fatty acids", *Diabetes Metab Res Rev*, 18, Suppl 2, S5-9, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1002/dmrr.254>
- [4] Després, J. P., Lemieux, I., & Robins, S. J., "Role of fibric acid derivatives in the management of risk factors for coronary heart disease", *Drugs*, vol. 64, no. 19, pp. 2177-98, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.2165/00003495-200464190-00003>
- [5] Goldberg, Y., Boaz, M., Matas, Z., Goldberg, I., & Shargorodsky, M., "Weight loss induced by nutritional and exercise intervention decreases arterial stiffness in obese subjects", *Clin Nutr*, vol. 28, no. 1, pp. 21-5, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.10.001>
- [6] 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*, vol. 17, no. 6, pp. 181-191, 2016.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.6.181>
- [7] Goodpaster, B. H., Katsiaras, A., & Kelley, D. E., "Enhanced fat oxidation through physical activity is associated with improvements in insulin sensitivity in obesity", *Diabetes*, vol. 52, no. 9, pp. 2191-7, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2337/diabetes.52.9.2191>
- [8] 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.
- [9] 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.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.5.1293>
- [10] Weyer, C., Funahashi, T., Tanaka, S., Hotta, K., Matsuzawa, Y., Pratley, R. E., & Tataranni, P. A., "Hypoadiponectinemia in obesity and type 2 diabetes: close association with insulin resistance and hyperinsulinemia" *J Clin Endocrinol Metab*, vol. 86, no. 5, pp. 1930-5, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jcem.86.5.7463>
- [11] Hug, C., & Lodish, H. F., "Medicine. Visfatin : a new adipokine", *Science*, vol. 307, no. 5708, pp. 366-367, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1106933>
- [12] Chan, T. F., Chan, Y. L., Lee, C. H., Chou, F. H., Wu, L. C., Jong, S. B., Tsai E. M., "Decreased plasma visfatin concentrations in women with gestational diabetes mellitus", *J Soc Gynecol Investig*, vol. 13, no. 5, pp. 364-367, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsjg.2006.04.007>
- [13] Moghadasi, M., Mohebbi, H., Rahmani-Nia, F., Hassan-Nia, S., & Noroozi, H., "Effects of short-term lifestyle activity modification on adiponectin mRNA expression and plasma concentrations", *Eur J Sport Sci*, vol. 13, no. 4, pp. 378-85, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.635701>
- [14] Ferguson, M. A., White, L. J., McCoy, S., Kim, H. W., Petty, T., & Wilsey, J., "Plasma adiponectin response to acute exercise in healthy subjects", *Eur. J Appl Physiol*, vol. 91, no. 2-3, pp. 324-329, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0985-1>
- [15] Haus, J. M., Solomon, T. P., Marchetti, C. M., O'Leary, V. B., Brooks, L. M., Gonzalez, F., & Kirwan, J. P., "Decreased visfatin after exercise training correlates with improved glucose tolerance. *Med Sci Sports Exerc*, vol. 41, no. 6, pp. 1255-1260, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318195bad5>
- [16] Cummings, D. E., "Ghrelin and the short- and long-term regulation of appetite and body weight", *Physiol Behav*, vol. 89, no. 1, pp. 71-84, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.05.022>
- [17] Tschöp, M., Weyer, C., Tataranni, P. A. Devanarayan, V., Ravussin, E., & Heiman, M. L., "Circulating ghrelin levels are decreased in human obesity", *Diabetes*, vol. 50, no. 4, pp. 707-9, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.2337/diabetes.50.4.707>
- [18] Gallwitz, B., "Anorexigenic effects of GLP-1 and its analogues", *Handb Exp Pharmacol*, no. 209, pp. 185-207, 2012.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24716-3_8
- [19] Verdich, C., Toubro, S., Buemann, B., Lysgård Madsen J., Juul Holst J., Astrup, A., "The role of postprandial releases of insulin and incretin hormones in meal-induced satiety--effect of obesity and weight reduction", *Int J Obes Relat Metab Disord*, vol. 25, no. 8, pp. 1206-14, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801655>
- [20] Foster-Schubert, K. E., McTiernan, A., Frayo, R. S., Schwartz, R. S., Rajan, K. B., Yasui, Y., Tworoger, S. S., & Cummings, D. E. (). Human plasma ghrelin levels increase during a one-year exercise program. *J Clin Endocrinol Metab*, vol. 90, no. 2, pp. 820-5, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2004-2081>
- [21] Ueda, S. Y., Yoshikawa, T., Katsura, Y., Usui, T., Nakao, H., & Fujimoto, S., Changes in gut hormone

- levels and negative energy balance during aerobic exercise in obese young males. *J Endocrinol*, vol. 201, no. 1, pp. 151-9, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1677/JOE-08-0500>
- [22] Blair, S. N., Kannel, W. B., Kohl, H. W., Goodyear, N., & Wilson, P. W., "Surrogate measures of physical activity and physical fitness. Evidence for sedentary traits of resting tachycardia, obesity, and low vital capacity", *Am J Epidemiol*, vol. 129, no. 6, pp. 1145-56, 1989.
DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a115236>
- [23] 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>
- [24] 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>
- [25] 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>
- [26] Iida, H., Takano, H., Meguro, K., Asada, K., Oonuma, H., Marita, T., Kurano, M., Sakagami F., Uno, K., Hirose, K., Nagata, T., Takenaka, K., Suzuki, J., Hirata, Y., Furuichi, T., Eto, F., Nagai, R., Sato, Y., & Nakajima, T., "Hemodynamic and autonomic nervous responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU. *International journal of Kaatsu Training research*, pp. 57-64, 2005.
- [27] 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>
- [28] 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", *The Japanese journal of physiology*, vol. 54, no. 6, pp. 585-592, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.54.585>
- [29] Speroff, L., "The perimenopausal transition", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 900, pp. 375-392, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06250.x>
- [30] Sato, Y., Ishii, N., Nakajima, T., & Abe, T., "KAATSU training. theoretical and practical perspectives", *goudan co*, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.77>
- [31] 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.
- [32] 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: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.183>
- [33] 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.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.1.327>
- [34] Boden, G., "Obesity, insulin resistance and free fatty acids", *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, vol. 18, no. 2, pp. 139-43, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3283444b09>
- [35] Friedenreich, C. M., Neilson, H. K., Woolcott, C. G., McTieman, A., Wang, Q., Ballard-Barbash, R., Jones, C. A., Stanczyk, F. Z., Brant, R. F., Yasui, Y., Irwin, M. L., Campbell, K. L., McNeely, M. L., Karvonen, K. H., Courneya, K. S., "Changes in insulin resistance indicators, IGFs, and adipokines in a year-long trial of aerobic exercise in postmenopausal women". *Endocr Relat Cancer*, vol. 18, no. 3, pp. 357-369, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1530/ERC-10-0303>
- [36] Abd El-Kader, S. M., "Aerobic versus resistance exercise training in modulation of insulin resistance, adipocytokines and inflammatory cytokine level on obese type 2 diabetic patients. *J. Advanced Research*, vol. 2, no. 2, pp. 179-183, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2010.09.003>
- [37] Davidson, L. E., Hudson, R., Kilpatrick, K., Kuk, J. L., McMillan, K., Janiszewski, P. M., Lee, S., Lam, M., & Ross, R., "Effects of exercise modality on insulin resistance and functional limitation in older adults: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med*, vol. 169, no. 2, pp. 122-31, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2008.558>
- [38] Goulet, E. D. Mélançon, M. O., Aubertin-Leheudre, M., & Dionne, I. J., "Aerobic training improves insulin sensitivity 72-120h after the last exercise session in younger but not in older women", *Eur J Appl Physiol*, vol. 95, no. 2-3, pp. 146-52, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1403-7>
- [39] Yang, W. S., Lee, W. J., Funahashi, T., Tanaka, S., Matsuzawa, Y., Chao, C. L., Chen, C. L., Tai, T. Y., & Chuang, L. M., "Weight reduction increases plasma levels of an adipose-derived anti-inflammatory protein, adiponectin. *J Clin Endocrinol Metab*, vol. 86, no. 8, pp. 3815-9, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jcem.86.8.7741>
- [40] Hotta, K., Funahashi, T., Arita, Y., Takahashi, M., Matsuda, M., Okamoto, Y., Iwahashi, H., Kuriyama, H., Ouchi, N., Maeda, K., Nishida, M., Kihara, S., Sakai, N., Nakajima, T., Hasegawa, K., Muraguchi, M., Ohmoto, Y., Nakamura, T., Yamashita, S., Hanafusa, T., & Matsuzawa, Y., "Plasma concentrations of a novel, adipose-specific protein, adiponectin, in type 2 diabetic patients", *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, vol. 20, no. 6, pp. 1595-9, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1161/01.ATV.20.6.1595>
- [41] Bełtowski, J., "Adiponectin and resistin--new hormones of white adipose tissue", *Med Sci Monit*, vol. 9, no. 2, RA55-61, 2003.

- [42] Hara, T., Fujiwara, H., Nakao, H., Mimura, T., Yoshikawa, T., & Fujimoto, S, "Body composition is related to increase in plasma adiponectin levels rather than training in young obese men. *Eur J Appl Physiol*, vol. 94, no. 5-6, pp. 520-6, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1374-8>
- [43] Marcell, T. J., McAuley, K. A., Traustadóttir, T., & Reaven, P. D, "Exercise training is not associated with improved levels of C-reactive protein or adiponectin. *Metabolism*, vol. 54, no. 4, pp. 533-41, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.11.008>
- [44] Yatagai, T., Nishida, Y., Nagasaka, S., Nakamura, T., Tokuyama, K., Shindo, M., Tanaka, H., & Ishibashi, S, "Relationship between exercise training-induced increase in insulin sensitivity and adiponectinemia in healthy men. *Endocr J*, vol. 50, no. 2, pp. 233-8, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1507/endoerj.50.233>
- [45] Fasshauer, M., Klein, J., Neumann, S., Eszlinger, M., & Paschke, R, "Hormonal regulation of adiponectin gene expression in 3T3-L1 adipocytes", *Biochem Biophys Res Commun*, vol. 290, no. 3, pp. 1084-9, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.6307>
- [46] Haider, D. G., Pleiner, J., Francesconi, M., Wiesinger, G. F., Müller, M., & Wolzt, M, "Exercise training lowers plasma visfatin concentrations in patients with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*, vol. 91, no. 11, pp. 4702-4, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2006-1013>
- [47] Kondo, T., Kobayashi, I., & Murakami, M, "Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women", *Endocr. J*, vol. 53, no. 2, pp. 189-195, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1507/endoerj.53.189>
- [48] Frydelund-Larsen, L., Akerstrom, T., Nielsen, S., Keller, P., Keller, C., & Pedersen, B. K, "Visfatin mRNA expression in human subcutaneous adipose tissue is regulated by exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, vol. 292, no. 1, pp. E24-31, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00113.2006>
- [49] Wang, J., Chen, C., & Wang, R. Y, "Influence of short- and long-term treadmill exercises on levels of ghrelin, obestatin and NPY in plasma and brain extraction of obese rats" *Endocrine*, vol. 33, no. 1, pp. 77-83, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12020-008-9056-z>
- [50] Beasley, J. M., Ange, B. A., Anderson, C. A., Miller Iii, E. R., Holbrook, J. T., & Appel, L. J, "Characteristics associated with fasting appetite hormones (obestatin, ghrelin, and leptin). *Obesity*, vol. 17, no. 2, pp. 349-54, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1038/oby.2008.551>
- [51] Li, J. B., Asakawa, A., Li, Y., Cheng, K., & Inui, A, "Effects of exercise on the levels of peptide YY and ghrelin. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, vol. 119, no. 3, pp. 163-6, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262790>
- [52] Hansen, T. K., Dall, R., Hosoda, H., Kojima, M., Kangawa, K., Christiansen, J. S., & Jørgensen, J. O, "Weight loss increases circulating levels of ghrelin in human obesity. *Clin Endocrinol*, vol. 56, no. 2, pp. 203-6, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0300-0664.2001.01456.x>
- [53] Rigamonti, A. E., Agosti, F., De Col, A., Marazzi, N., Lafortuna, C. L., Cella, S. G., Muller, E. E., & Sartorio, A, "Changes in plasma levels of ghrelin, leptin, and other hormonal and metabolic parameters following standardized breakfast, lunch, and physical exercise before and after a multidisciplinary weight- reduction intervention in obese adolescents. *J Endocrinol Invest*, vol. 33, no. 9, pp. 633-9, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03346662>
- [54] Kraemer, R. R., & Castracane, V. D, "Exercise and humoral mediators of peripheral energy balance: ghrelin and adiponectin. *Exp Biol Med*, vol. 232, no. 2, pp. 184-94, 2007.
- [55] Baggio, L. L., & Drucker, D. J, "Biology of incretins: GLP-1 and GIP. *Gastroenterology*, vol. 132, no. 6, pp. 2131-57, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2007.03.054>
- [56] DeLuis, D. A., Gonzalez, Sagrado, M., Conde, R., Aller, R., & Izaola, O, "Decreased basal levels of glucagon-like peptide-1 after weight loss in obese subjects", *Ann Nutr Metab*, vol. 51, no. 2, pp. 134-8.
- [57] Adam, T. C., & Westerterp-Plantenga, M. S, "Activity-induced GLP-1 release in lean and obese subjects. *Physiol Behav*, vol. 83, no. 3, pp. 459-66, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.08.035>

오 두 환(Du-Hwan Oh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 단국대학교 대학원 스포츠의학전공(이학박사)
- 2010년 11월 ~ 현재 : DH웰리스 스포츠클리닉 대표
- 2010년 11월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방 재활학과 강사

<관심분야>

정형의학, 스포츠의학, 트레이닝방법

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

[정회원]



- 2014년 12월 : University of Wisconsin-Madison(PhD)
- 2005년 1월 ~ 2011년 2월 : 체육 과학연구원 연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 조교수

<관심분야>

운동생리학, 트레이닝, 운동영양학

장 석 암(Seok-Am Zhang)

[정회원]



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

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학

이 장 규(Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(의학 박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 조빙교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학