

신체활동량의 차이가 중강도 트레드밀 달리기에서 따른 유리지방산, 글루코스, 성장호르몬, 인슐린 및 주관적 식욕에 미치는 영향

박해찬¹, 박성규¹, 이진석¹, 최연주¹, 안수경¹, 윤성진²

¹고려대학교 운동생리학 실험실, ²고려대학교 사범대학 체육교육과

The Effects of Moderate Treadmill Running on Free Fatty Acids, Glucose, Growth Hormone, Insulin and Appetite

Hae-Chan Park¹, Sung-Kyu Park¹, Jin-Seok Lee¹, Yeon-Ju Choi¹, Su-Kyoung Ahn¹, Sung-Jin Yoon²

¹Exercise Physiology Laboratory, Korea University, Seoul, ²Department of Physical Education, Korea University College of Education, Seoul, Korea

Background: The level of physical adaptation through active lifestyle can result in changes in appetite; and caused by physical activity and exercise, physical adaptation may change carbohydrate and fat metabolism during exercise. This study investigated the differences in carbohydrate and fat metabolism after moderate treadmill running and the difference in appetite response before and after exercise in active, regularly exercising individuals and those inactive.

Methods: We analyzed the effects of moderate physical activity (70% of oxygen uptake reserve, 30 minutes on the treadmill) on free fatty acids, glucose, growth hormone, insulin and an appetite visual analogue scale (VAS). Our subjects included 28 healthy males who were divided into two groups, the activity group (n=14) and the inactivity group (n=14) according to the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). The serum samples and VAS were collected at pre, post and 30 min post-exercise.

Results: The results of the serum analysis showed no significant effects on free fatty acids, glucose, growth hormone and insulin between the groups, but showed significant changes in free fatty acids and growth hormone between points of measurement. Significant increases in VAS were seen with moderate exercise in both groups, with the inactivity group expressing greater hunger than the activity group.

Conclusions: This study found that inactive persons were hungrier than active persons after moderate exercise. This information might be useful to staff and participants of weight loss programs.

Korean J Health Promot 2011;11(4):234-240

Keywords: Physical activity, Energy metabolism, Hormone, Appetite

서론

산업혁명 이후 기계문명의 발달로 생산성의 증가와 자동화가 보편화되면서 사람들에게 섭취량은 증가한 반면, 신

체활동량은 감소하였다.

이러한 변화는 고혈압, 당뇨, 고지혈, 비만 등 각종 생활 습관병 발생에 주요 원인이 되고 있으며, 현재 사회적으로나 개인적으로 큰 문제가 되고 있다.¹⁾ 생활습관병 예방 및 완화를 위해 선행연구에서는 섭취량을 조절하고 신체활동량을 증가시키는 것이 가장 효과적이고 효율적인 방법이라고 보고하고 있다.²⁾ 이처럼 건강을 위해 일상생활에서 조절되어야 하는 섭취와 신체활동은 상호 영향을 주고받는 것으로 보고하고 있으며, 무엇보다 신체활동 및 운동의 강도, 시간, 빈도 등이 섭취 욕구 즉 식욕에 영향을 주는

■ Received : August 10, 2011 ■ Accepted : November 16, 2011

■ Corresponding author : Sung-Jin Yoon, PhD

Department of Physical Education, Korea University College of Education, 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-701, Korea
Tel: +82-2-3290-2311, Fax: +82-2-3290-2311

E-mail: jiss@korea.ac.kr

것으로 보고하고 있다.³⁻⁵⁾ 이와 관련하여 선행연구에서는 낮은 수준의 신체활동이나 저강도 운동은 식욕에 영향을 주지 못하지만 높은 수준의 신체활동이나 고강도 운동은 허기를 유발하여 식욕을 촉진할 수 있다고 보고하였다. 그리고 단시간의 신체활동과 운동보다는 장시간의 신체활동과 운동이 식욕 촉진 효과가 크다고 보고하였다.^{6,7)} 한편, 다른 선행연구에서 운동에 의한 식욕의 변화가 운동에 의해 소비되는 에너지에 많고 적음이 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.⁸⁾ 특히, 높은 수준의 신체활동이나 고강도의 운동을 장시간 실시할 때 많은 양의 에너지를 소비하게 되는데, 인체는 체내 에너지 균형을 위해 소비한 에너지에 대한 보상작용 중 하나로 식욕 수준을 증가시켜 섭취량을 증가시킨다고 보고하고 있다.^{8,9)} 운동에 의한 식욕의 변화에서 운동의 강도와 시간은 식욕의 변화에 주요하게 작용하는 요인이라고 할 수 있지만, 보다 비중 있게 영향을 미치는 요인은 운동에 의해 소비된 에너지량 즉, 총 운동량이라고 본 연구자는 생각한다.

운동에 의한 식욕의 변화는 체내 대사의 변화와 높은 관련성을 갖는데, 선행연구에서는 에너지 대사 기질인 유리지방산과 글루코스, 에너지 대사 부산물인 젖산, 에너지 대사 조절 호르몬인 인슐린과 성장호르몬 등의 변화에 영향을 받는 것으로 보고하고 있다.¹⁰⁻¹²⁾ 예컨대, 일상에서의 신체활동이나 운동 중 에너지 대사에 에너지원으로 사용되는 기질과 식욕 간의 관계에서 유리지방산은 증가할수록, 글루코스는 감소할수록 식욕은 증가하는 것으로 보고하고 있다.¹³⁻¹⁵⁾ 운동 중 이러한 에너지 대사 기질의 사용 비율과 양은 일정 기간의 규칙적인 운동 즉, 트레이닝에 의해 바뀔 수 있는데, 트레이닝에 의해 운동 중 탄수화물 대사의 비율은 상대적으로 낮아지고 지방 대사의 비율은 상대적으로 높아지는 것으로 보고하고 있다.¹⁶⁻¹⁸⁾ 그리고 이러한 변화는 에너지 대사 조절을 담당하는 호르몬인 인슐린과 성장호르몬 등의 변화도 동반해 하는 것으로 보고하고 있다.¹⁶⁾ 운동에 의한 에너지 대사는 일반적으로 트레이닝에 의해 변화하는 것으로 알려져 있지만, 본 연구자는 일상생활에서 습관적으로 높은 신체활동 수준을 유지하고 있다면,

그 습관에 의해서 일정 수준의 트레이닝 효과를 얻을 수 있고 에너지 대사의 변화 또한, 나타날 것으로 생각한다.

운동에 의한 식욕의 변화가 특정 운동 강도나 시간보다는 총 에너지 소비량에 영향을 받고 일상생활에서의 신체활동이 일정 수준의 트레이닝 효과를 갖는다면, 본 연구자는 불규칙적인 운동을 포함하여 활동적으로 생활한 사람과 신체활동이 거의 없는 비활동적인 사람 간에 운동에 따른 식욕의 반응은 차이가 있을 것으로 생각한다. 따라서 이 연구에서는 건강을 위해 일반적으로 권장되는 중강도 트레드밀 달리기에서 따른 활동 집단과 비활동 집단 간에 에너지 대사 기질인 유리지방산, 글루코스의 변화와 에너지 대사 조절에 관여하는 호르몬인 인슐린, 성장호르몬의 변화를 알아보고자 한다.²⁾ 그리고 보다 명확한 식욕의 변화를 알아보기 위해 주관적인 식욕 반응을 VAS (visual analogue scale)를 통해 측정하여 검토하고자 한다.

방 법

1. 연구대상

본 연구는 활동적인 남성과 비활동적인 남성 각 14명을 대상으로 실시하였다. 활동 집단(activity group)은 주 3일 이상, 중강도 이상으로 불규칙적인 운동을 포함하여 운동량이 1500 MET-min/week를 초과하는 자로 하였으며, 비활동 집단(inactivity group)은 규칙적으로 운동을 하지 않으며, 활동량이 600 MET-min/week 미만인 자로 하였다. 연구 대상자는 실험 참가 전 실험의 내용과 절차에 대한 설명을 듣고, 실험 참가 동의서를 작성하였다. 본 연구의 대상자에 신체적 특성은 표 1과 같다.

2. 측정항목

1) 신체구성검사

연구 대상자의 신체적 특성은 측정 10시간 전까지 식사나 운동을 금한 후, 반소매 면 셔츠와 면 반바지만 착용한

Table 1. Characteristics of study subjects^a

	Groups	
	Activity (n=14)	Inactivity (n=14)
N	14	14
Age, y	24.6±2.4	25.6±2.1
Height, cm	176.0±3.5	176.4±4.6
Weight, kg	72.5±9.5	72.1±10.8
Body mass Index, kg/m ²	23.4±3.0	23.2±3.5
Amount of physical activity, MET-min/wk	2220.6±359.6	554.8±92.5
VO ₂ max, mL/kg/min	47.4±6.4	45.3±5.7

Abbreviation: VO₂max, maximal oxygen uptake.

^aData are presented as mean±SD.

상태로 자동 신장 체중계(DS-102, Dong-sahn Jenix, Seoul, Korea)와 생체 전기저항 측정기(Inbody 2.0, Biospace, Seoul, Korea)를 사용하여 신장, 체중, 체질량지수를 측정하였다.

2) 운동부하검사

본 연구의 대상자는 트레드밀에서 Korea Institute Sports Science (KISS) 프로토콜을 사용하여 운동부하검사를 실시하였다.¹⁹⁾ 운동부하검사의 시작은 경사도 3% 고정된 후 2.5 miles per hour (mph)의 속도로 시작하여, 매 2분마다 0.5 mph씩 증가시켜 탈진까지 운동을 실시하였다.

이때 운동은 실험 참가자가 탈진할 때까지 지속하였으며, 검사 중단 기준은 연구 대상자의 상태와 호흡교환율 1.15 이상일 때, 운동강도가 증가함에도 불구하고 산소섭취량이 고원 상태를 유지할 때로 하였다.²⁰⁾ 호흡가스는 Metabolic Cart 자동 가스분석기(Quack b2, Rome, Italy)를 이용하여 분석하였고 분석한 자료를 토대로 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$)을 산출하였다.

3) 신체활동량 측정

신체활동량을 측정하기 위해 국제신체활동질문지(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)를 사용하였다. 본 연구에서는 IPAQ 중 단축형(short form)

을 사용하였으며, IPAQ 단축형 질문지는 일주일 동안에 걷기, 중강도, 고강도 등의 활동에 대한 빈도(day/week)와 시간(minute/day)을 작성하도록 구성되어 있다(Table 2).²¹⁾ 신체활동량은 MET-minutes/week로 산출되며, 질문 결과의 정확도를 높이기 위해 4주 동안 총 4회에 걸쳐 질문지를 작성하고 평균값을 산출하여 사용하였다.

4) 혈액 분석

혈액은 오전 9에서 10시 사이 공복에 채취하였고, 채취 시점은 운동 전, 운동 직후, 운동 종료 30분에 실시하였다. 본 연구의 대상자는 트레드밀 달리기를 최대유산소섭취량(oxygen uptake reserve, $\dot{V}O_{2R}$)의 70%의 운동강도로 30분 동안 실시하였고 운동강도에 대한 계산식은 표 3과 같다.²⁾ 혈액은 상완정맥에서 5 mL를 채취하여 응고를 위해 실온에서 30분 동안 보관한 후, 3000 rpm으로 10분 동안 원심분리하고 혈구와 혈장으로 분리한 후, -70℃에 냉동 보관하였다. 채취한 혈액으로 유리지방산, 글루코스, 성장호르몬, 인슐린을 분석하였고 각 변인의 분석 방법은 표 4와 같다.

5) 주관적 식욕 측정

주관적인 식욕은 VAS 9점 척도를 이용하여 측정하였으며, 척도의 왼쪽 끝 “1”은 “매우 포만한”으로, 척도의 오른쪽 끝 “9”는 “매우 허기진”으로 설정하여 식욕(허기)이 증가할수록 높은 숫자를 표시하도록 하였다.²²⁾ 측정 시점은 혈액 채취 시점과 동일한 운동 전, 운동 직후, 운동 종료 30분에 실시하였다.

3. 자료처리 및 분석

본 연구에 대한 통계 처리는 SPSS Ver. 12.0 프로그램을 이용하여 시행하였다. 주 자료의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정법을 이용하여 시행하였으며, 모든 자료가 정규성임

Table 2. Total work MET calculations

Walking MET=3.3×walking minutes×walking days
Moderate MET=4.0×moderate minutes×moderate days
Vigorous MET=8.0×vigorous minutes×vigorous days
Total work MET=walking MET+moderate MET+vigorous MET
Abbreviation: MET, metabolic equivalent of task.

Table 3. Oxygen uptake reserve calculation

$70\% \dot{V}O_{2R} = [(\dot{V}O_{2max} - \dot{V}O_{2rest}) \times 70 / 100] + \dot{V}O_{2rest}$
Abbreviations: $\dot{V}O_{2R}$, oxygen uptake reserve; $\dot{V}O_{2max}$, maximal oxygen uptake; $\dot{V}O_{2rest}$, oxygen uptake rest.

Table 4. Methods of blood analysis

Items		FFA	Glucose	Insulin	GH
Method		ACS-ACOD (colorimetry method)	Enzymatic method	ECLIA	CLIA
Reagent	Kit	NEFA HR. II	Glucose	Insulin	Immulite
	Product		Hexokinase		2000 GH
	Kit company	Wako	SIEMENS	Roche	SIEMENS
	Country	Japan	USA	Germany	USA
Equipment	Analysor	Hitachi	ADVIA	Modular Analytics	Immulite 2000
	Product	HITACHI 7180	ADVIA 1650	E170	Immulite 2000
	Company	HITACHI	SIEMENS	Roche	DPC
	Country	Japan	USA	Germany	USA

Abbreviations: FFA, free fatty acid; GH, growth hormone; ACS-ACOD, acetyl coa synthetase-acetyl coa oxidase; ECLIA, electrochemiluminescence immunoassay; CLIA, chemiluminescence immunoassay.

을 확인하였다. 이에, two-way analysis of variance를 사용하여 시점과 집단 간 차이와 교호작용을 알아보았다. 통계학적 유의수준은 0.05 미만으로 정하였다.

결 과

1. 유리지방산

표 5는 활동 집단과 비활동 집단 간 유리지방산의 변화에 대한 결과이다. 시점과 집단 간에 교호작용이 없으므로 두 집단의 시점과 집단 간의 변화를 검정하였다($F=2.392$, $P=0.112$). 유리지방산의 변화에 대한 시점에 따른 F 값은 41.150이고 유의확률은 <0.001 로 시점 간 유의한 차이가 있었다. 하지만, 집단 간 효과 검정에서 F 값은 0.203이고, 유의확률은 0.656으로 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

2. 글루코스

표 6은 활동 집단과 비활동 집단 간 글루코스의 변화에 대한 결과이다. 시점과 집단 간에 교호작용이 없으므로 두 집단의 시점과 집단 간의 변화를 검정하였다($F=0.662$, $P=0.525$). 글루코스의 변화에 대한 시점에 따른 F 값은 2.520이고 유의확률은 0.101로 시점 간 유의한 값은 0.261이고 유의확률은 0.614로 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

3. 성장호르몬

표 7은 활동 집단과 비활동 집단 간 성장호르몬의 변화에 대한 결과이다. 시점과 집단 간에 교호작용이 없으므로

Groups	N	Pre ^b	Post ^c	Post 30 ^d
Activity	14	372.0±205.0	1158.7±546.0	545.1±149.1 ^e
Inactivity	14	477.8±305.3	992.0±392.8	750.1±385.3 ^e

^aData are presented as mean±SD.

^bBefore exercise.

^cAfter exercise.

^dThirty minutes after exercise.

^e $P<0.01$, difference in levels between measured times.

Groups	N	Pre ^b	Post ^c	Post 30 ^d
Activity	14	90.1±9.1	92.4±5.5	88.1±11.9
Inactivity	14	87.4±6.0	90.6±7.9	88.7±5.5

^aData are presented as mean±SD.

^bBefore exercise.

^cAfter exercise.

^dThirty minutes after exercise.

두 집단의 시점과 집단 간의 변화를 검정하였다($F=0.304$, $P=0.740$). 성장호르몬의 변화에 대한 시점에 따른 F 값은 32.455이고 유의확률은 <0.001 로 시점 간 유의한 차이가 있었다. 하지만, 집단 간 효과 검정에서 F 값은 0.025이고 유의확률은 0.875로 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

4. 인슐린

표 8은 활동 집단과 비활동 집단 간 인슐린의 변화에 대한 결과이다. 시점과 집단 간에 교호작용이 없으므로 두 집단의 시점과 집단 간의 변화를 검정하였다($F=0.310$, $P=0.736$). 인슐린의 변화에 대한 시점에 따른 F 값은 .433이고 유의확률은 0.108로 시점 간 유의한 차이가 없었다. 또한, 집단 간 효과 검정에서 F 값은 0.421이고 유의확률은 0.522로 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

5. 주관적 식욕

표 9는 활동 집단과 비활동 집단 간 주관적 식욕(VAS)에 대한 결과이다. 시점과 집단 간에 교호작용이 없으므로 두 집단의 시점과 집단 간의 변화를 검정하였다($F=1.579$,

Table 7. Changes in growth hormone^a (ng/mL)

Groups	N	Pre ^b	Post ^c	Post 30 ^d
Activity	14	0.23±0.30	9.06±6.46	1.93±1.66 ^e
Inactivity	14	0.25±0.15	9.37±7.85	2.23±2.61 ^e

^aData are presented as mean±SD.

^bBefore exercise.

^cAfter exercise.

^dThirty minutes after exercise.

^e $P<0.01$, difference in levels between measured times.

Table 8. Changes in insulin^a (μU/mL)

Groups	N	Pre ^b	Post ^c	Post 30 ^d
Activity	14	5.46±3.06	4.45±5.01	5.25±6.04
Inactivity	14	5.02±2.46	4.01±2.55	3.75±1.45

^aData are presented as mean±SD.

^bBefore exercise.

^cAfter exercise.

^dThirty minutes after exercise.

Table 9. Scores of appetite visual analogue scale^a (point)

Groups	N	Pre ^b	Post ^c	Post 30 ^d
Activity ^e	14	5.29±1.20	6.57±1.65	6.86±1.70 ^f
Inactivity	14	5.64±0.50	7.57±1.34	8.21±0.89 ^f

^aData are presented as mean±SD.

^bBefore exercise.

^cAfter exercise.

^dThirty minutes after exercise.

^e $P<0.01$, difference in levels between measured times.

^f $P<0.05$, difference in levels between groups.

$P=0.226$). 주관적 식욕에 대한 시점에 따른 F 값은 26.483이고 유의확률은 <0.001 로 시점 간 유의한 차이가 있었다. 또한, 집단 간 효과 검정에서 F 값은 5.357이고 유의확률은 0.029로 집단 간에 유의한 차이가 있었다.

고 찰

본 연구에서는 성인 남성을 대상으로 신체활동에 따라 활동 집단과 비활동 집단으로 분류하여 일반적으로 권장되는 중강도 운동에 따른 에너지 대사 기질과 에너지 대사에 관여하는 호르몬의 차이를 알아보았다. 또한, 두 집단 간에 중강도 운동에 따른 식욕의 차이를 알아보았다.

활동 집단과 비활동 집단 간에 에너지 대사기질인 유리지방산과 글루코스의 변화를 검토한 결과, 유리지방산과 글루코스 모두 집단 간에 차이가 없었고 유리지방산에서만 시점 간에 유의한 변화가 있었다(Table 5, 6). 수치상의 경향에서 글루코스는 집단 간 특이한 차이가 없었던 반면에, 유리지방산은 운동 전과 운동 직후 간에 활동 집단이 비활동 집단보다 크게 증가하는 경향을 나타냈다(Table 5). 그리고 운동 직후와 운동 종료 30분간에 활동 집단이 비활동 집단보다 크게 감소하는 경향을 나타냈다(Table 5). 이러한 결과는 본 연구에서 설정한 활동 집단과 비활동 집단 간의 신체활동 수준에 차이가 중강도 운동 전·후의 유리지방산과 글루코스에 유의한 영향을 주지 못한다는 것을 의미한다. 하지만, 집단 간 유리지방산의 수치상에 결과는 평소 신체활동 수준이 높은 사람이 낮은 사람보다 중강도 운동에 따른 에너지 대사에서 유리지방산에 이화작용이 보다 높게 일어날 가능성을 제시하는 것이라고 생각한다. 그리고 운동 직후와 운동 종료 30분에 활동 집단이 비활동 집단보다 유리지방산이 빠르게 감소한 이유는 두 집단 간 회복 능력의 차이에 의해 나타난 결과라고 생각한다. 중강도 운동에 따른 유리지방산과 글루코스의 시점에 따른 결과는 선행연구의 결과와 유사하게 나타났다.^{23,24)} 다수의 연구에서 안정 시 에너지 대사나 저장도의 신체활동 중 에너지 대사는 탄수화물 대사보다는 지방 대사가 에너지 대사에 공헌하는 비율이 높은 것으로 보고하고 있다.²⁴⁾ 운동이 시작되면 탄수화물 대사의 비율이 점차 높아지는데, 운동의 초반일수록 탄수화물 대사 비율이 상대적으로 높고 운동이 후반으로 진행될수록 지방 대사의 비율이 상대적으로 높아진다고 보고하고 있다.²³⁾ 본 연구 또한, 두 집단 모두 운동 전과 비교해서 운동 직후에 지방 대사의 주요 에너지원인 혈중 유리지방산은 약 2-3배 증가가 나타난 반면, 탄수화물에 주요 에너지원인 혈중 글루코스는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 5, 6).

활동 집단과 비활동 집단 간에 에너지 대사에 관여하는 호르몬인 성장호르몬과 인슐린의 변화를 검토한 결과, 성장호르몬과 인슐린 모두 집단 간에 차이가 없었고 성장호르몬에서만 시점 간에 유의한 변화가 있었다(Table 7). 수치상의 경향에서 성장호르몬은 집단 간 특이한 차이가 없었던 반면에, 인슐린은 시점에 따른 두 집단의 변화 간에 차이가 나타났다. 활동 집단은 운동에 의해 인슐린이 감소하는 경향을 보이다가 운동종료 30분에는 다시 증가하여 안정 시와 비슷한 상태로 돌아오는 경향을 나타냈다(Table 8). 하지만, 비활동 집단은 운동 전부터 운동종료 30분까지 계속적으로 인슐린이 감소하는 경향을 나타냈다(Table 8). 이러한 결과는 본 연구에서 설정한 활동 집단과 비활동 집단 간의 신체활동 수준에 차이가 중강도 운동 전·후의 성장호르몬과 인슐린에 유의한 영향을 주지 못한다는 것을 의미한다. 비록, 수치상의 차이이지만, 시점에 따른 두 집단의 인슐린 변화에 차이는 본 연구의 유리지방산에서와 마찬가지로 운동 종료 후, 안정 상태로 회복하는 능력에 차이에 의해 나타난 결과라고 생각한다. 규칙적인 운동은 안정 시나 운동 시 에너지 대사에 변화를 가져오는데, 안정 시 지방 대사량을 높이고 인슐린에 대한 민감도를 증가시켜 운동 시보다 적은 양으로 근 세포의 글루코스 유입을 원활하게 하는 것으로 보고되고 있다.^{16,25,26)} 그리고 규칙적인 운동에 의해 안정 시 인슐린 농도가 감소할 수 있다고 보고되고 있다.²⁷⁾ 하지만, 본 연구에서는 일상생활의 신체활동량에 많고 적음을 기준으로 집단을 분류했기 때문에 활동 집단과 비활동 집단 간 성장호르몬과 인슐린 변화에 명확한 차이가 나타나지 않았던 것으로 생각한다.

주관적 식욕(VAS)의 변화를 검토한 결과, 두 집단 모두 중강도 운동에 의해 식욕(허기) 증가가 나타났고 활동 집단보다 비활동 집단에서 더 높은 식욕 증가가 나타났다(Table 9). 본 연구에서 검토한 유리지방산과 글루코스와 같은 에너지 대사 기질과 성장호르몬과 인슐린과 같은 에너지 대사에 관여하는 호르몬은 식욕을 조절하는 호르몬인 렙틴, 그렐린 등에 직·간접적으로 영향을 주는 것으로 알려져 있다.^{13,28,29)} 선행연구에서는 유리지방산이 증가하거나 글루코스가 감소하면 식욕이 증가하는 것으로 보고되고 있고¹³⁻¹⁵⁾ 성장호르몬이 증가하거나 인슐린이 감소하여도 식욕이 증가하는 것으로 보고되고 있다.²⁹⁻³¹⁾ 이러한 선행연구의 결과와 유사하게 본 연구에서도 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 활동 집단보다 비활동 집단이 유리지방산과 성장호르몬에 수치가 상대적으로 높고 글루코스와 인슐린의 수치가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다(Table 5-8). 본 연구에서 나타난 식욕의 변화가 평소 신체활동 수준에 절대적으로 영향을 받아 나타난 결과

라고 단정하여 설명할 수는 없다. 하지만, 본 연구의 결과를 통해 평소 활동적인 사람보다 비활동적인 사람이 중강도 운동 후 허기진 정도가 심하며, 식욕 수준이 높을 것이라는 가능성을 제시한다.

요 약

연구배경: 활동적으로 생활을 했을 때 일어나는 신체적 적응의 차이가 식욕의 변화에 영향을 줄 수 있으며, 신체 활동과 운동에 의해 일어나는 신체적 적응은 운동 중 지방 대사와 탄수화물 대사의 비율을 변화시킬 가능성이 있다. 이에, 본 연구에서는 규칙적인 운동을 포함하여 활동적으로 생활한 사람과 신체활동이 거의 없는 비활동적인 사람 간에 중강도 트레드밀 달리기에서 따른 탄수화물 및 지방 대사에 차이를 알아보고 이들 간에 운동 전·후 식욕 반응의 차이를 알아보았다.

방법: 본 연구에서는 성인 남성, 28명을 대상으로 활동 집단($n=14$)과 비활동 집단($n=14$) 간에 중강도 운동(트레드밀 달리기, 최대여유산소섭취량($\dot{V}O_{2R}$)의 70%, 30분)에 따른 유리지방산, 글루코스, 성장호르몬, 인슐린, 주관적 식욕의 변화를 알아보았다. 중강도 운동에 따른 혈액 채취와 주관적 식욕에 대한 평가는 운동 전, 운동 직후, 운동 종료 30분에 실시하였다.

결과: 혈액 분석 결과, 유리지방산, 글루코스, 성장호르몬, 인슐린은 집단 간에 유의한 차이가 없었으며, 유리지방산($F=41.150$, $P<0.001$)과 성장호르몬($F=32.455$, $P<0.001$)은 시점 간에 유의한 변화가 있었다. 수치상의 변화를 살펴보면, 유리지방산은 운동 전과 운동 직후 간에 활동 집단이 비활동 집단보다 크게 증가하는 경향을 나타냈고 운동 직후와 운동 종료 30분간에 활동 집단이 비활동 집단보다 크게 감소하는 경향을 나타냈다. 인슐린은 활동 집단에서 중강도 운동에 의해 감소하는 경향을 보이다가 운동 종료 30분에는 다시 증가하여 안정 시와 비슷한 상태로 돌아오는 경향을 나타낸다. 하지만, 비활동 집단은 운동 전부터 운동 종료 30분까지 계속적으로 인슐린이 감소하는 경향을 나타냈다. 주관적 식욕에서는 두 집단 모두 중강도 운동에 의해 식욕 증가가 나타났고($F=26.483$, $P<0.001$) 활동 집단보다 비활동 집단에서 더 높은 식욕 증가가 나타났다($F=5.357$, $P=0.029$).

결론: 본 연구의 결과로, 평소 활동적인 사람보다 비활동적인 사람이 중강도 운동 후 허기진 정도가 심하며, 식욕 수준이 높을 것이라는 가능성을 제시한다.

중심단어: 신체 활동, 에너지 대사, 호르몬, 식욕

REFERENCES

1. Kim MJ, Park HC, Jung AR, Yoon SJ. The effects of intermittent brisk or continuant brisk walking on fat metabolism. *Korean J Phys Educ* 2009;48(4):545-53.
2. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS; American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p.152-82.
3. King NA, Blundell JE. High-fat foods overcome the energy expenditure induced by high-intensity cycling or running. *Eur J Clin Nutr* 1995;49(2):114-23.
4. King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr* 1994;48(10):715-24.
5. Dickson-Parnell BE, Zeichner A. Effects of a short-term exercise program on caloric consumption. *Health Psychol* 1985; 4(5):437-48.
6. Leal-Cerro A, Garcia-Luna PP, Astorga R, Parejo J, Peino R, Dieguez C, et al. Serum leptin levels in male marathon athletes before and after the marathon run. *J Clin Endocrinol Metab* 1998;83(7):2376-9.
7. Landt M, Lawson GM, Helgeson JM, Davila-Roman VG, Ladenson JH, Jaffe AS, et al. Prolonged exercise decreases serum leptin concentrations. *Metabolism* 1997;46(10):1109-12.
8. Weltman A, Pritzlaff CJ, Wideman L, Considine RV, Fryburg DA, Gutgesell ME, et al. Intensity of acute exercise dose not affect serum leptin concentrations in young men. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9):1556-61.
9. King NA, Tremblay A, Blundell JE. Effects of exercise on appetite control: implications for energy balance. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(8):1076-89.
10. Jeong IG. *New Sports Nutrition*. Seoul: Dkbooks; 2000. p.330-1.
11. Fisher JS, Van Pelt RE, Zinder O, Landt M, Kohrt WM. Acute exercise effect on postabsorptive serum leptin. *J Appl Physiol* 2001;91(2):680-6.
12. Andersson B, Larsson B. Influence of local temperature changes in the preoptic area and rostral hypothalamus on the regulation of food and water intake. *Acta Physiol Scand* 1961;52:75-89.
13. Mayer J. Bulletin of the New England Medical Center, Volume XIV, April-June 1952: The glucostatic theory of regulation of food intake and the problem of obesity (a review). *Nutr Rev* 1991;49(2):46-8.
14. Harris RB, Martin RJ. Recovery of body weight from below "set point" in mature female rats. *J Nutr* 1984;114(6):1143-50.
15. Louis-Sylvestre J, Le Magnen J. Fall in blood glucose level precedes meal onset in free-feeding rats. *Neurosci Biobehav Rev* 1980;4 Suppl 1:13-5.
16. Yoon SW, Kim KJ, Kim CG, Kim HD, Kim H. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Seoul: Daehanmedia; 2002. p.137-86.
17. Ormsbee MJ, Choi MD, Medlin JK, Geyer GH, Trantham LH, Dubis GS, et al. Regulation of fat metabolism during resistance exercise in sedentary lean and obese men. *J Appl Physiol* 2009; 106(5):1529-37.
18. Ormsbee MJ, Thyfault JP, Johnson EA, Kraus RM, Choi MD, Hickner RC. Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. *J Appl Physiol* 2007;102(5):1767-72.

19. Cha KS, Kim EH, Kim JH, Kim CK, Sun SK, Song JI, et al. New Exercise Prescription for Specialists. Seoul:21C publishing;1999. p.189-221.
20. Jeong IG, Yoon JH. Human Performance & Exercise Physiology. Seoul:Dkbooks;2006. p.425-62.
21. Hallal PC, Victora CG. Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(3):556.
22. Stubbs RJ, Hughes DA, Johnstone AM, Rowley E, Reid C, Elia M, et al. The use of visual analogue scales to assess motivation to eat in human subjects: a review of their reliability and validity with an evaluation of new hand-held computerized systems for temporal tracking of appetite ratings. *Br J Nutr* 2000;84(4): 405-15.
23. Wee SD, Seo YH. The effect of endurance training characteristics on energy metabolism substrate oxidation, insulin, and free fat acid responses. *J Sport Leis Stud* 2006;28:341-7.
24. Lee MH, Kim SW, Yang IM, Kim JW, Kim YS, Kim KW, et al. The effect of moderate exercise on blood glucose, free fatty acid, insulin and counter-regulatory hormones in type II diabetic patient. *Diabetes Metab J* 1988;12(2):175-85.
25. Brouns F, van der Vusse GJ. Utilization of lipids during exercise in human subjects: metabolic and dietary constraints. *Br J Nutr* 1998;79(2):117-28.
26. Health GW, Gavin JR 3rd, Hinderliter JM, Hagberg JM, Bloomfield SA, Holloszy JO. Effects of exercise and lack of exercise on glucose tolerance and insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 1983;55(2):512-7.
27. LeBlanc J, Nadeau A, Boulay M, Rousseau-Migner S. Effects of physical training and adiposity on glucose metabolism and 125I-insulin binding. *J Appl Physiol* 1979;46(2):235-9.
28. Aiston S, Agius L. Leptin enhances glycogen storage in hepatocytes by inhibition of phosphorylase and exerts an additive effect with insulin. *Diabetes* 1999;48(1):15-20.
29. Roubenoff R, Rall LC, Veldhuis JD, Kehayias JJ, Rosen C, Nicolson M, et al. The relationship between growth hormone kinetics and sarcopenia in postmenopausal women: the role of fat mass and leptin. *J Clin Endocrinol Metab* 1998;83(5):1502-6.
30. Kalra SP, Dube MG, Pu S, Xu B, Horvath TL, Kalra PS. Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocr Rev* 1999;20(1):68-100.
31. Pierroz DD, Catzeflis C, Aepli AC, Rivier JE, Aubert ML. Chronic administration of neuropeptide Y into the lateral ventricle inhibits both the pituitary-testicular axis and growth hormone and insulin-like growth factor I secretion in intact adult male rats. *Endocrinology* 1996;137(1):3-12.