

하루 중 다른 시간대에 실시한 복합 트레이닝이 신체조성, 혈중지질, 스트레스 호르몬 및 영양소 섭취량에 미치는 영향

이경영[†] · 김시영 · 전태원

서울대학교 체육교육학과

The Effect of Combined Training at Different Times of Day on Body Composition, Plasma Lipids, Stress Hormones and Nutrient Intakes

Kyoung-Young Lee,[†] Si-Young Kim, Tae-Won Jun

Department of Physical Education, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Regular exercise training improves body composition, blood lipid profiles and exercise adaptation. This study was conducted to investigate the effect of exercise training at different times of day on body composition, blood lipids, stress hormones and nutrient intakes. Twenty four male graduate students carried out this experiment. The subjects were divided into three groups; morning exercise group, evening exercise group and control group. Two exercise groups performed running and muscular resistance training at mid intensity for 12 week periods. Body composition, blood lipid profiles, blood cortisol, ACTH and nutrient intakes were analyzed prior to, midway and after training. There were significant differences about interaction between different exercise times and training periods in plasma TG and HDL-C of the evening exercise training ($p < 0.05$). Also the evening exercise group was showed the decreasing of TC after training ($p < 0.05$). No significant differences about interaction between different exercise times and training periods were shown in body composition, stress hormones and nutrient intakes in the three groups. But evening exercise training decreased body fat (%) and blood ACTH ($p < 0.05$). Also the increasing of carbohydrate intakes was shown by the evening exercise training ($p < 0.05$). In contrast, morning exercise group indicated a decrease of body fat (%) after 6 week training ($p < 0.05$), but this effect was not maintained after 12 weeks of training. These results suggested that regular evening exercise is more effect than morning exercise from the viewpoint of improving body composition, blood lipids, nutrient intakes and exercise adaptation. (*Korean J Community Nutrition* 11(1) : 143~151, 2006)

KEY WORDS : different times of day · exercise training · blood lipids · stress hormone · nutrient intakes

서론

불규칙적인 현대인의 생활양식(lifestyle), 서구화된 식생활, 비활동적인 생활 패턴 등으로 비만, 고혈압, 당뇨병과 같은 생활습관병이 날로 증가되고 있다. 이러한 생활

습관병은 규칙적인 운동을 통해 개선될 수 있다는 연구결과(Ashutosh 등 1997; Ross 등 2004; An 2005)와 함께 다양한 운동 프로그램들이 수행되고 있다. 특히 지속적인 트레이닝이 신체조성, 호르몬 및 혈중 지질 상태에 미치는 효과에 대해 많은 연구들이 진행되었는데 대부분이 운동 종목(Consitt 등 2002; An 2005), 운동 강도(Jacks 등 2002; Kraemer 등 2002), 운동 시간(Kim & Lim 2002), 운동 빈도(Lee 2000) 등에 대한 연구였으며, 하루 중 다른 시간대에 실시한 트레이닝의 효과에 대한 연구는 미흡한 편이다. 특히 현대인이 가장 많이 수행하고 있는 운동 시간대인 아침 운동과 저녁 운동에 대한 생리적 효과를 직접 비교한 연구가 부족하며, 부정확한 정보들이 인티

접수일 : 2005년 12월 1일

채택일 : 2006년 2월 3일

[†]Corresponding author: Kyoung-Young Lee, Department of Physical Education, Seoul National University, San 56-1, Sillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Tel: (02) 880-7804, Fax: (02) 880-7804

E-mail: kkrevo@hanmail.net

넷이나 서적 등에서 많이 소개되고 있으나 대부분이 과학적 근거가 없어 운동을 결심한 이들에게 오히려 혼란을 야기시킬 수 있다. 따라서 일반인에게 생활습관병의 예방 및 개선을 위한 이상적인 운동 시간대를 모색하는 연구가 요구되는 바이다.

현대 사회의 특성 중 하나인 근무시간 다양성은 삼교대 근무, 야근, 새벽 출근 등의 여러 패턴으로 나타나는데 이러한 패턴은 biological rhythms(생체 리듬)이 파괴되기 쉬운 환경적 요인이 된다. 대부분의 생체리듬은 낮과 밤에 따라 변화하는데 이러한 하루 동안의 생체 리듬을 circadian rhythms(일주기 리듬)이라고 한다(Refinetti 2000). Circadian rhythms은 시상하부의 suprachiasmatic nucleus 및 pineal gland의 호르몬 분비에 의해 조절되는데(Ruby 등 2002) 이러한 호르몬들에 의해 인체의 주기성을 조절하여 건강한 상태가 되도록 유지한다(Morrey 등 1994).

Circadian rhythms에 대한 선행 연구 중 가장 널리 알려진 것은 혈중 melatonin 농도가 가장 높은 시간대는 야간이며(Lewy & Sack 1989) growth hormone도 야간 시간대에 최대 분비가 되며 아침 시간대에 최소로 분비되는 패턴을 보인다는 보고였다(Hartman 등 1991). 또한 주기에 따라 분비율이 달라지는 스트레스 호르몬인 cortisol의 연구에서는 sympathetic system의 증가와 함께 상승되는 경향이 있어 수면 시작 초기에 최저의 분비 형태를 보이다가 새벽녘에 분비량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Horrocks 등 1990). Cortisol은 ACTH (adrenocorticotrophic hormone)에 의해 분비가 조절되는데 ACTH는 이른 아침에 최고 농도를 보이므로 cortisol과 ACTH는 비슷한 분비패턴을 가지게 된다. 이것은 HPA (Hypothalamic-pituitary-adrenal)축과 sympathetic nervous system의 negative feedback system에 의해 조절된다(Bradbury 등 1994).

하루 중 다른 운동 시간대에 따른 트레이닝의 효과에 대한 선행 연구들의 대부분은 일회성 운동에 대한 연구가 많았는데 Hill (1996)은 고강도 탈진 운동 시 최고 산소 섭취량(peak $\dot{V}O_2$)이 오전보다 오후가 높다고 하였고 Jung (1986)은 중학생을 대상으로 운동 조정 능력을 측정한 결과 오후가 민첩성과 유연성이 높다고 보고하였다. 지속적인 트레이닝에 대한 선행 연구는 미흡한 편이었는데 Kang (1998)은 12주간의 지구성 트레이닝 후 낮 시간에 melatonin 감소폭이 완만하고 트레이닝 전보다 유의하게 증가되었다고 보고하였고 Kim 등(2005)은 야간 운동군에서 낮 2시의 melatonin 농도가 운동 12주 후 유의한 증기를 보였다고 보고하였다. 그러나 이러한 선행 연구들 중 이른

아침에 분비가 높아지고 저녁에 분비가 낮아지는 자체 주기를 가진 stress hormone인 cortisol이나 ACTH에 대한 연구는 부족한 편이며 선행 연구들의 대부분이 일회성 운동에 대한 연구(Scheen 등 1998; Kanaley 등 2001)로 지속적인 트레이닝의 효과에 대한 연구는 미흡한 편이다. 지속적인 운동은 인체의 스트레스에 대한 저항성을 기르고 운동에 대한 적응력을 키우게 되는데(Ok 등 1999) cortisol은 심리적, 물리적 스트레스에 영향을 많이 받기 때문에 운동에 따른 비적응 상태를 진단하기 위해 cortisol이 이용된다고 하였다(Costill 등 1991). 또한 평소 운동을 하지 않은 일반인에게 자칫 과도하게 느껴지는 트레이닝 프로그램으로 인해 비적응적인 생리적, 심리적, 생화학적 반응과 더불어 운동 수행 능력의 저하를 가져오게 되고 운동 손상을 유발할 수 있기 때문에(O'Brien 1988) 트레이닝 시 일반인의 운동 적응 상태를 파악하여 운동 손상을 예방하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 아침, 저녁 시간대에 실시한 지속적인 트레이닝에 따른 cortisol 및 ACTH의 변화에 통해 운동 적응에 이상적인 시간대를 알아보고자 한다.

지속적인 트레이닝은 신체 조성과 혈중 지질 상태를 개선시키는데(Ashutosh 등 1997; An 2005) 일반인들이 가장 많이 실시하는 아침 운동과 저녁 운동이 신체 조성 및 혈중 지질 상태의 개선에 미치는 영향에 대한 비교 연구가 거의 없다. 또한 하루 중 다른 시간대에 실시한 복합 트레이닝에 따른 식이 섭취량의 변화에 대한 선행 연구가 부족한 편이다. 운동과 영양소 섭취량의 변화에 관련된 선행 연구들은 운동강도에 따른 에너지 섭취량의 변화(Stubbs 등 2002)와 유산소 운동이 식이 섭취 선택에 미치는 영향(Kim & Kim 2000) 등이 있다. 특별한 운동이 아닌 신체적 활동이 식욕에 미치는 효과에 대해서 Blundell 등(2003)은 신체적 활동이 증가하였으나 에너지 섭취량에는 변화가 없었으며, Stubbs 등(2004)은 감소된 활동량이 에너지 섭취량에 변화를 주지 못했다고 보고하였다. 그러나 이러한 선행 연구들은 운동이나 활동량 변화로 인해 영양소 섭취량의 변화를 분석한 것으로 운동 시간대의 차이에 따른 영양소 섭취량의 변화 연구는 전무한 편이다. 본 연구에서는 아침과 저녁으로 운동 시간대를 달리 했을 때 에너지 보충 및 식욕에 따른 영양소 섭취량의 변화를 비교하고자 한다. 이것은 지속적인 운동이 신체 조성과 혈중 지질 개선에 도움을 주지만 영양소 섭취량의 변화에 따라 그 효과가 상승되거나 감소되기 때문에 운동 시간대 차이에 따른 영양소 섭취량의 변화를 비교하는 것 역시 중요하다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 좌식 생활을 주로 하는 20대 남성을 대상으로 아침, 저녁 시간대로 나누어 중강도의 12주 복합

트레이닝을 실시한 후 신체 조성, 혈중지질 및 영양소 섭취량의 변화로 트레이닝 효과를 평가하고 스트레스 호르몬의 변화를 비교하여 트레이닝 적응 상태를 파악함으로써 일반인을 위한 건강 증진과 운동 적응을 높이는 운동 프로그램 개발에 기여하고자 한다.

연구내용 및 방법

1. 연구대상자

본 연구는 S대학교 기숙사에 거주하고 의학적 질환이 없는 20대 건강한 성인 남자 대학원생을 대상으로 아침에 식욕이 없고 하루 에너지 섭취량의 50% 이상을 저녁 6시 이후에 먹는 야식 중추군(Pawlow 등 2003)을 보이지 않으며 특별한 수면장애를 보이지 않는 이들 중 24명을 선정하였다. 24명을 오전 9시의 아침 운동군, 저녁 9시의 저녁 운동군, 운동을 전혀 수행 하지 않는 통제군으로 각각 8명씩 나누어 본 연구의 목적과 내용에 대해 충분히 인식하여 운동 시간대를 철저히 지키도록 하였다.

연구 대상자의 신체적 특징은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2. 실험방법

본 연구는 좌식 생활을 주로 하는 20대 남성에게 12주간 러닝 및 근저항 복합 트레이닝을 아침과 저녁으로 나누어 수행한 후 신체 조성과 혈중 지질, 스트레스 호르몬 및 영양소 섭취량의 변화를 조사하였다. 각 조사는 트레이닝 실시 전, 트레이닝 6주 후, 트레이닝 12주 후로 세 번에 걸쳐 실시하였으며 복합 트레이닝은 12주 동안 주 3회 각각 80분씩 반드시 정해진 시간대에 트레이너의 감독하에 실시되었다.

3. 운동방법

아침 및 저녁 운동군은 러닝 및 근저항 운동 시간을 총 80분으로 준비운동과 정리운동 각각 10분, 본운동으로 근저항 트레이닝 30분, 러닝 25분, 근저항 트레이닝과 러닝 사이의 5분 휴식으로 운동시간을 설정하였다. 근저항 운동은 신체 부위별(다리, 팔, 몸통)로 9종목을 정하고, 대상자

개인별 최대근력은 1RM을 측정하여 1RM의 60%로 2set씩 10rep를 35분간 실시하였으며 6주후 체력이 향상됨에 따라 운동 부하를 재설정하여 정하였다. 운동 검사를 통해 측정된 피험자 개인의 운동 능력에 따라 건강 체력 향상을 위한 운동 강도는 Target $\dot{V}O_2 = (\text{exercise intensity}) (\dot{V}O_{2\max} - \dot{V}O_{2\text{rest}}) + \dot{V}O_{2\text{rest}}$ 로 운동강도는 70%로 정하여 25분 실시하였다(ACSM 2000). 트레드밀의 경사도를 5%로 유지하고, 스피드를 구하여 본 실험에 적용하였으며, 6주 후에 체력이 향상됨에 따라 러닝 스피드를 재설정하여 실시하였다. 트레드밀 속도는 ACSM metabolic Equation을 이용하였으며 그 공식은 다음과 같다.

ACSM Metabolic Equation:

$$\dot{V}O_{2\max} (\text{ml/kg/min}) = 0.1 (S) + 0.9 (S - m/\text{min}) (\text{fractional grade}) + 3.5 (\text{ml/kg/min})$$

S: Speed is in m/min (1mph = 26.8 m/min)

4. 혈액분석

혈액검사는 검사 전날 저녁 6시 이후 금식을 하여 총 14시간의 공복 후 오전 8시에 실시하였으며 검사 전 수면 부족이 생기지 않도록 하였다. 1회용 주사기로 대상자의 상완 정맥에서 15 ml의 혈액을 채혈하여 측정하였으며 혈액은 원심 분리를 통해 혈장만 분리하여 분석전까지 -70°C 에서 냉동 보관하였다.

혈중 지질(TC, TG, HDL-C)의 농도는 Sigma 사의 Kit를 이용하여 효소분석법으로 측정하였고 LDL-C은 Friedewald (1972)의 계산식을 이용하여 산출하였다. 혈장 ACTH은 Assay kit (ACTH IRMA, BRAHMS, West Germany)로, 혈장 cortisol 또한 Assay kit (Coat-A-Count Cortisol, DPC, USA)를 이용하여 radioimmunoassay (RIA)법으로 Gamma counter (Cobra 5010, Packard, USA)기기를 사용하여 분석하였다.

5. 신체조성 분석

대상자의 신체조성을 검사하기 위해 측정 전날 저녁 6시 이후에는 식사와 음료, 알코올, 카페인을 금지시켰으며 극심한 신체활동을 못하게 하였다. 양말을 벗고 가벼운 반바지만 입은 상태에서 신장계(Measurement system, Samhwa,

Table 1. Characteristics of the subjects

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI ¹⁾ (kg/m ²)	Body fat (%)	$\dot{V}O_{2\max}$ (ml/kg/min)
Morning exercise (n = 8)	26.8 ± 2.3 ¹⁾	172.4 ± 2.9	75.0 ± 8.7	25.37 ± 2.03	21.6 ± 5.5	41.41 ± 4.26
Evening exercise (n = 8)	27.5 ± 1.5	175.6 ± 5.2	75.4 ± 6.2	24.26 ± 1.8	20.8 ± 5.4	39.94 ± 3.51
Control (n = 8)	27.8 ± 2.1	169.0 ± 5.2	72.5 ± 6.5	25.39 ± 1.87	20.8 ± 4.2	41.26 ± 4.96

1) Mean ± SD

2) BMI: Body mass index = Weight (kg)/height (m)²

Korea)에 올라 0.1 cm 단위까지 신장을 측정하였다. 다음으로 전자식 체중계(CAS, Korea)에 올라 피험자의 체중을 0.1 kg단위까지 측정하였다. 전기저항법(bioelectrical impedance, BEL)을 이용하여 체지방율을 측정하였는데 전기저항법은 4개의 심전도용 흡착전극을 이용한 전기측정기구(Inbody 3.0, Biospace, Korea)을 이용하였다. 대상자들이 아침식사 전 용변을 본 후 측정을 하도록 하였으며 검사 전날 심한 운동이나 알코올 섭취를 자제하도록 하였다. 대상자가 기구위에 올라가기 전에 전극용 티슈로 손바닥과 발바닥을 문지르고 기구 위에 올라간 후 다리와 팔이 충분히 벌려 서로 닿지 않도록 하였다.

6. 식이조사 및 에너지 섭취량 분석

대상자들에게 트레이닝 전과 트레이닝 6주 후, 트레이닝 12주 후의 일주일 기간 동안 식이섭취 기록지를 교부하였다. 주중 2일과 주말 1일, 총 3일간의 식이 섭취를 추정량 기록법(estimated food record)으로 조사하였으며 조사 기간 동안 대상자들의 식사는 S대 대학원 기숙사 식당에서 먹도록 하였다. 추정량 기록법(estimated food record)은 식품의 양뿐만 아니라 부재료의 양, 조리 방법, 레시피, 1인분 분량 등을 기록하는 방법이다(Rosalind 1990). 본 조사는 S대 식품영양학과 대학원생으로 구성된 5명의 조사가원이 각 대상자들에게 식이 기록지 작성 요령을 설명한 후 직접 수거, 확인하는 방식으로 진행하였다. 조사지는 섭취날짜, 요일, 끼니별 섭취 음식, 식품 재료, 식품 분량 등을 기재하도록 구성되었고, 분량의 정확한 표기를 위해 실제 cm단위 크기가 표시된 사각형과 원형 도표 및 그릇 모양이 제시된 보조 자료가 첨부되었다. 식이 섭취 자료 분석을 위해 한국 영양학회의 부설 영양정보 센터에서 개발된 CAN 전문가용 프로그램 2.0 version (Computer Aided Nutrient Analysis Program)을 이용하여 각 주간의 영양소 및 전체 에너지 섭취량을 분석하였다.

7. 통계처리

SPSS 11.0 통계 프로그램을 이용하여 각각의 측정항목

에 대한 평균과 표준편차를 산출하고, 그룹별(아침 운동군, 저녁 운동군, 통제군)과 트레이닝 기간(트레이닝 전, 트레이닝 6주 후, 트레이닝 12주 후)에 따른 트레이닝 시간대와 트레이닝 시기별 차이를 분석하기 위해 3 × 3 요인 분산 분석(two-way factorial Anova with repeated measure)을 실시하고 각 그룹별 트레이닝 시기에 대한 차이를 분석하기 위하여 반복측정 일원변량 분석(repeated one-way ANOVA)을 실시하여 유의성 검증을 실시한 후 사후 비교는 대비검정(contrast test)을 실시하였다. 트레이닝 시기에 따른 각 그룹간의 사후 검증은 one-way ANOVA를 사용하여 Tukey's test에 의하여 실시하였다. 모든 측정 항목간의 통계적 유의수준은 $\alpha < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결 과

1. 신체 조성의 변화

대상자의 운동시간대와 트레이닝 시기간의 신체조성의 변화는 Table 2에 제시한 바와 같다. 체질량 지수(body mass index: BMI)와 체지방율(% body fat)의 변화에서 그룹과 시기간의 상호작용은 나타나지 않았다(Table 2). 이는 하루 중 아침과 저녁 시간에 각각 실시한 트레이닝이 체질량 지수와 체지방율에서 유의적 차이가 없었다는 의미이다. 주효과를 보면 체질량 지수에서는 각 그룹 내의 트레이닝 시기에 따라 아침 운동군, 저녁 운동군, 통제군 간의 어떤 차이도 보이지 않았으며 또한 트레이닝 각 시기별 그룹간 차이 역시 유의한 차이가 나타나지 않았다. 체지방율에서는 각 그룹 내의 트레이닝 시기별 차이를 보면 아침 운동군에서 트레이닝 실시 6주후 트레이닝 전에 비해 체지방율이 유의적으로 감소한 것을 볼 수 있었으나($p < 0.05$) 이 효과는 12주까지 지속되지 못했다. 저녁 운동군에서는 트레이닝 실시 6주후 트레이닝 전에 비해 체지방율이 유의적으로 감소한 것을 볼 수 있었고 이 감소 효과는 12주까지 지속되었다($p < 0.05$).

Table 2. Changes of body composition by exercise training

	Group	Before training	Mid training	After training	Group × Training
BMI ²⁾ (kg/m ²)	Morning exercise	25.37 ± 2.03 ¹⁾	25.12 ± 1.78	25.03 ± 2.04	F (4, 42) = 1.080 p = 0.379
	Evening exercise	24.26 ± 1.8	24.46 ± 1.81	24.33 ± 1.93	
	Control	25.39 ± 1.87	25.04 ± 1.72	25.07 ± 2.21	
Body fat (%)	Morning exercise	21.64 ± 5.53	20.08 ± 5.56*	20.79 ± 4.65	F (4,42) = 1.839 p = 0.139
	Evening exercise	20.76 ± 5.36	20.23 ± 5.21*	20.00 ± 5.21*	
	Control	20.75 ± 4.22	20.66 ± 3.98	20.59 ± 4.11	

1) mean ± SD

2) BMI: Body mass index = Weight (kg)/height (m)²

*: significantly different from before training in group at $p < 0.05$

2. 혈중 지질의 변화

대상자의 운동시간대와 트레이닝 시기간의 혈중 지질 변화는 Table 3에 제시한 바와 같다. 혈중 지질 변화에서 그룹과 시기간의 상호작용은 TG에서 나타났는데 트레이닝 후 저녁 운동군에서 유의한 차이를 보여 TG 농도의 감소에 저녁 운동이 효과가 큰 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 HDL-C에서도 그룹과 시기간의 상호작용을 보였는데 트레이닝 후 저녁 운동군에서 유의한 증가를 보여 HDL-C 농도의 증가에 저녁 운동이 효과가 큰 것으로 나타났다($p < 0.05$). 주효과를 보면 각 그룹 내의 트레이닝 시기별 차이에서 저녁 운동군에서 트레이닝 12주 후 TC의 농도가 트레이닝 전과 6주 후에 비해 유의적 감소를 보였고($p < 0.05$), TG의 농도는 트레이닝 전에 비해 6주, 12주 후에 유의적 감소를 보였다($p < 0.05$). 또한 HDL-C의 농도가 트레이닝 6주 후에 유의적으로 증가하는 것을 보였다($p < 0.01$). 반면 아침 운동군은 트레이닝 시기별 혈중 지질의 유의적 차이를 보이지 못했다. 한편 트레이닝 각 시기별 그룹간의 차이를 보면 트레이닝 6주 후의 TG의 농

도가 저녁 운동군이 유의적으로 적게 나타났다($p < 0.05$).

3. 혈중 Cortisol 및 ACTH의 농도

대상자의 운동시간대와 트레이닝 시기간의 스트레스 호르몬의 변화는 Table 4에 제시한 바와 같다. 혈중 cortisol과 ACTH의 농도 변화에서 운동시간대와 트레이닝 시기에 따른 상호 작용은 나타나지 않았다. 주효과에 있어서 각 그룹 내의 트레이닝 시기별 차이를 보면 저녁 운동군에서 트레이닝 6주 후의 혈중 ACTH 농도가 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으며 이 효과는 운동 12주 후에도 지속되었다($p < 0.05$). 반면 트레이닝 각 시기별 세 그룹간의 유의적 차이는 나타나지 않았다.

4. 영양소 섭취량의 변화

대상자의 운동시간대와 트레이닝 시기간의 영양소 섭취량의 변화는 Table 5에 제시한 바와 같다. 영양소 섭취량의 변화를 보면 그룹과 시기간의 상호작용은 나타나지 않았다. 주효과에서 각 그룹내 트레이닝 시기별 차이를 보면 저녁 운동군에서 트레이닝 12주 후의 탄수화물 섭취량이

Table 3. Changes of plasma lipids by exercise training

	Group	Before training	Mid training	After training	Group × Training
TC (mg/dl)	Morning exercise	169.75 ± 15.57 ¹⁾	171.5 ± 15.79	166.63 ± 20.02	F (4,42) = 1.224 p = 0.315
	Evening exercise	179.63 ± 26.20	183.38 ± 19.06	169.50 ± 20.51*	
	Control	166.00 ± 18.85	160.88 ± 19.79	165.13 ± 20.13	
TG (mg/dl)	Morning exercise	111.00 ± 41.99	141.75 ± 41.99 ^b	108.25 ± 42.93	F (4,42) = 2.810 p = 0.037 [†]
	Evening exercise	104.50 ± 22.21	78.63 ± 8.94* ^o	83.00 ± 31.13*	
	Control	155.50 ± 115.00	135.63 ± 60.00 ^b	188.50 ± 135.28	
HDL-C (mg/dl)	Morning exercise	39.63 ± 2.92	41.00 ± 6.05	42.38 ± 4.90	F (4,42) = 2.954 p = 0.031 [†]
	Evening exercise	42.50 ± 3.74	46.63 ± 3.42**	42.88 ± 4.12	
	Control	42.37 ± 10.60	40.63 ± 7.54	42.50 ± 7.70	
LDL-C* (mg/dl)	Morning exercise	107.93 ± 16.27	102.15 ± 14.83	102.60 ± 16.06	F (4,40) = 1.424 p = 0.244
	Evening exercise	116.23 ± 22.40	121.03 ± 20.43	110.03 ± 21.85	
	Control	92.53 ± 15.07	93.13 ± 17.65	84.93 ± 13.75	

1) mean ± SD

*: significantly different from before training in group at $p < 0.05$, **: significantly different from before training in group at $p < 0.01$

ab: significantly different among groups at $p < 0.05$, †: significantly different between group and training at $p < 0.05$, #: covariance analysis for difference among groups at before training, TC: total cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low density lipoprotein cholesterol

Table 4. Changes of plasma cortisol and ACTH by exercise training

	Group	Before training	Mid training	After training	Group × Training
Cortisol (ug/dl)	Morning exercise	19.13 ± 9.54 ¹⁾	15.07 ± 7.27	17.30 ± 5.80	F (4,42) = 0.799 p = 0.533
	Evening exercise	18.48 ± 3.1	18.47 ± 5.67	18.03 ± 4.3	
	Control	22.25 ± 3.01	19.09 ± 4.10	18.13 ± 5.79	
ACTH (pg/ml)	Morning exercise	40.33 ± 24.00	34.43 ± 18.00	33.62 ± 15.00	F (4,42) = 0.637 p = 0.639
	Evening exercise	51.98 ± 24.32	34.39 ± 19.16*	31.21 ± 18.20*	
	Control	38.63 ± 10.34	27.83 ± 10.93	24.16 ± 18.13	

1) Mean ± SD

*: significantly different from before training in group at $p < 0.05$

ACTH: adrenocorticotrophic hormone

Table 5. Changes of nutrient intake by exercise training

Group		Before training	Mid training	After training	Group × Training
Energy (kcal)	Morning exercise	2395.1 ± 136.3 ¹⁾	2408.7 ± 128.2	2417.1 ± 179.6	F (4,42) = 0.043 p = 0.993
	Evening exercise	2413.0 ± 265.1	2419.9 ± 131.3	2403.7 ± 172.6	
	Control	2398.3 ± 226.1	2410.5 ± 258.3	2403.3 ± 281.2	
Carbohydrate (g)	Morning exercise	360.5 ± 42.1	331.6 ± 35.0	333.1 ± 49.2	F (4,42) = 2.245 p = 0.080
	Evening exercise	323.4 ± 18.8	302.2 ± 36.1	351.0 ± 47.7*	
	Control	325.4 ± 48.2	347.4 ± 52.2	338.4 ± 62.0	
Protein (g)	Morning exercise	90.3 ± 13.6	91.4 ± 11.9	86.7 ± 18.2	F (4,42) = 0.685 p = 0.606
	Evening exercise	96.7 ± 14.1	94.1 ± 7.1	90.3 ± 7.9	
	Control	97.6 ± 20.8	88.4 ± 18.9	81.4 ± 12.8	
Fat (g)	Morning exercise	73.7 ± 21.1	78.1 ± 12.8	78.1 ± 13.3	F (4,42) = 1.384 p = 0.254
	Evening exercise	71.9 ± 8.5	85.0 ± 28.7	70.9 ± 9.7	
	control	74.4 ± 11.4	72.3 ± 14.6	64.7 ± 15.6	

1) mean ± SD

*: significantly different from before training in group at p < 0.05

유의적으로 증가하였다(p < 0.05). 반면 아침 운동군에서는 지속적인 트레이닝으로 인한 영양소 섭취량의 변화는 보이지 않았다. 트레이닝 시기별 그룹간의 유의적 차이는 없었다.

고 찰

본 연구에서는 20대 남성을 대상으로 하루 중 아침과 저녁 시간대로 나누어서 중강도의 유산소 및 저항 운동을 병행한 복합 트레이닝을 실시한 후 신체 조성, 혈중 지질, 영양소 섭취량의 변화를 비교하였다. 본 연구에서는 신체 조성의 변화에서 운동 시간대에 따른 트레이닝과의 상호작용은 없었다. 다만 아침 및 저녁 운동 실시 후 체지방율의 감소 효과가 트레이닝 6주후에 두 군에서 모두 나타났는데 이 감소 효과는 저녁 운동군에서만 12주까지 지속되었다. 이는 운동 시간대에 상관없이 지속적인 트레이닝 자체가 체지방을 감소에 도움을 줄 수 있으나 저녁 운동이 더 효과적인 것으로 추측할 수 있다. 규칙적인 운동이 체지방율을 줄이고 신체 조성을 개선시킨다는 선행 연구는 많았으나(Ashutosh 등 1997; Ross 등 2004; An 2005) 아침, 저녁 운동 등의 운동 시간대의 차이에 따른 신체 조성의 개선 효과에 대한 비교 연구는 미흡한 편이라 앞으로 더 많은 연구가 필요하다.

또한 혈중 지질의 변화를 보면, 본 연구에서는 TG와 HDL-C의 농도 변화에서 운동 시간대에 따른 트레이닝과의 상호작용을 보였다. 지속적인 저녁 운동이 아침 운동에 비해 TG의 농도를 감소시키고 HDL-C의 농도를 증가시켜 혈중 지질 상태를 개선시키는 것으로 나타났다. 그 외

에도 본 연구에서 지속적인 저녁 운동을 통해 TC의 농도가 감소된 것으로 나타났는데 이런 혈중 지질 상태의 개선 효과는 모두 저녁 운동군에서만 나타났다. 많은 선행 연구에서 규칙적인 운동이 혈중 지질 상태를 개선시키는 것으로 보고하였는데(Simonelli & Eaton 1978; Kim 2004) 운동 시간대에 따른 혈중 지질 상태의 개선에 대한 선행 연구가 미흡한 편이라 이 역시 차후의 연구가 필요하다. 이러한 연구는 해마다 높은 사망률의 원인이 되는 심혈관 질환의 주요 원인 중 하나인 고지혈증, 고중성지방혈증 등을 개선시키는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

한편 영양소 섭취량의 변화를 비교하면 본 연구에서는 운동 시간대를 달리 했을 때 트레이닝과의 상호작용은 없었다. 다만 저녁 운동군에서 지속적인 트레이닝 후 탄수화물 섭취량의 증가를 보였다. 운동이 영양소 섭취량에 미치는 영향에 대한 선행 연구들을 보면, de Assis 등(2003)은 circadian rhythms과 음식 섭취량의 차이에 대한 연구에서 오전, 오후 및 야간 근무에 따라 총 에너지 섭취량의 차이는 없었다고 보고하였다. 또한 Blundell 등(2003)과 Stubbs 등(2004)의 연구 결과에서 활동량의 증가와 상관없이 총 에너지 섭취량은 일정하게 유지되었다고 보고하였는데 이는 본 연구에서 트레이닝 후 운동군과 통제군의 에너지 섭취량의 차이가 나타나지 않은 결과와 일치한다. 탄수화물 섭취량의 변화에 있어서 선행 연구들의 상반된 보고가 있었는데 Larue-Achagistis 등(1992)은 20일간 트레드밀 러닝 후 탄수화물 섭취의 증가를 보고하였고 Andik 등(1954)은 가벼운 러닝을 하루 8~9시간씩 40일간 실시한 결과 탄수화물 섭취량은 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 통제군과 아침 운동군에서는 트레이닝 후 탄수

화물 섭취량의 변화가 없었고 저녁 운동군에서는 트레이닝 후 탄수화물 섭취량이 증가하였다. 단백질 섭취량의 변화를 보면 Kim & Kim (2000)의 연구와 같이 대부분이 운동에 의한 단백질 섭취량의 변화는 없는 것으로 보고되었다. 이는 본 연구에서 운동군과 통제군의 단백질 섭취량의 차이가 나타나지 않는 결과와도 일치한다. 지방 섭취량에 변화에서는 트레이닝이 장기화되면 지방 섭취량이 감소한다는 보고가 많았는데 이는 장시간 지구성 운동을 수행하게 되면 지방 조직으로부터 지방의 이동을 돕는 호르몬 감지 리파제(Hormone sensitive lipase)가 증가하게 되면서 지방 섭취의 감소를 유발한다고 하였다(Despres 등 1984). 그러나 Andik 등(1954)의 연구에서 수컷 쥐에게 저항도로 장시간 40일간 트레이닝을 하면서 자유 식이를 시킨 결과 지방 섭취량이 증가하였다는 상반된 결과도 있었다. 본 연구에는 운동군과 통제군에서 지방 섭취량의 차이는 없었으며 아침, 저녁 운동시간대에 따른 차이 역시 보이지 않았으나 지방 섭취량이 저녁 운동군에서 트레이닝 12주 후 줄어드는 경향을 보였다($p = 0.09$). 운동과 영양소 섭취량의 변화에 대한 대부분의 선행 연구들이 운동 실시에 의한 영양소 섭취량 변화에 맞추어져 있으며 운동 시간대를 달리 했을 때의 영양소 섭취량의 변화에 대한 연구는 거의 없어 차후 심도 있는 연구가 요망된다. 본 연구의 결과로 짐작할때 지속적인 저녁 운동이 탄수화물 섭취량을 증가시키고 상대적으로 지방 섭취량을 감소시키면서 식이 패턴을 조절할 수 있을 것으로 추측된다. 특히 비만인들이 체중 감량 등의 신체 조성을 개선시키기 위해 운동을 실시할 때 운동과 식이패턴 조절의 관련성을 연구하여 운동 요법과 식이 요법의 시너지 효과를 증가시키기 위해 운동 수행에 따른 식이 조절 및 운동 시간대에 따른 식이 조절의 차이에 대한 연구가 지속된다면 비만 관리를 위한 이상적인 프로그램의 개발에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 20대 남성을 대상으로 하루 중 아침과 저녁 시간대에 나누어서 중강도의 유산소 및 저항 운동을 병행한 복합 트레이닝을 실시한 후 스트레스 호르몬인 cortisol과 ACTH의 농도의 변화를 비교한 결과 운동 시간대와 트레이닝과의 상호작용의 효과는 나타나지 않았다. 다만 저녁 운동을 지속적으로 했을 때 ACTH의 농도가 감소되는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 대부분의 cortisol의 분비가 ACTH의 분비 증가에 의존하여 비례적으로 증가하며, ACTH는 cortisol의 되먹이기 기전으로 분비가 조절되므로 cortisol과 ACTH는 매우 밀접한 상호관계를 가지며 같은 혈중 일주기를 가진다(Farrell 등 1983). Bueno 등

(1986)은 VO₂max 120%의 고강도 운동 수행 후 혈중 ACTH는 280% 증가하였으나 cortisol은 30% 증가하였다는 연구에서 보여주듯이 ACTH의 분비는 운동과 같은 정신적, 신체적 스트레스에 민감하게 반응하며 cortisol의 분비는 ACTH 분비보다 작은 폭으로 증가한다. 이는 본 연구에서 나타난 저녁 운동군에서 cortisol의 변화는 없었으나 ACTH의 변화가 일어난 이유로도 설명을 할 수 있다. Cortisol은 특히 격렬한 고강도 운동시에는 현저하게 증가하며 중강도 및 저강도 운동에서는 거의 변화가 없거나 약간 감소하는 경향이 있다고 밝혀졌다(Farrell 등 1983). 이것은 본 연구에서 중강도의 지속적인 복합 트레이닝이 코티졸 변화에 영향을 주지 못한 것과도 비슷한 결과이다.

정상적인 수준에서 cortisol은 스트레스에 대항하여 신체활동을 돕지만 혈중에서 농도가 증가하게 되면 조직 파괴의 원인이 되고 신체의 부정적인 질소 평형의 상태를 만든다(Oh 1999). Costill 등(1991)은 트레이닝에 따른 비적응 상태를 진단하기 위해 cortisol이 이용된다고 했다. 특히 운동선수가 아닌 일반인이 운동 수행시 나타나는 여러 운동 손상의 원인 중 비적응이 포함되어 있기 때문에 운동 적응을 파악하기 위해 스트레스 호르몬의 변화를 확인할 필요가 있다. 운동 시간대를 달리 했을 때에 대한 스트레스 호르몬의 변화에 대한 선행 연구는 적은 편이었는데 Galliven 등(1997)의 연구에서는 오전 7시와 오후 3시에 20분간 고강도와 중강도로 트레드밀 운동을 실시한 결과 시간대 차이에 따른 cortisol과 ACTH의 변화 차이가 없었다고 하였다. 반면 Kananley 등(2001)은 아침 7시, 저녁 7시, 밤 12시로 나누어서 30분간 트레드밀을 실시한 결과 아침 7시에 실시한 운동이 다른 시간대에 비해 cortisol 증가 폭이 유의적으로 높았다고 보고하였다. 이는 cortisol 농도가 가장 높은 아침시간에 실시한 운동이 스트레스를 더욱 증가시킬 수 있음을 시사하고 있다. 그러나 선행 연구들이 대부분 일회성 운동의 결과이며 지속적인 트레이닝을 통한 스트레스 호르몬의 변화에 대한 연구는 거의 없었다. 본 연구에서 저녁 운동군의 혈중 ACTH가 지속적인 트레이닝을 통해 감소된 것이 보여 지는데 비록 이 감소가 cortisol까지 이어지지 않았지만 저녁 운동이 아침 운동에 비해 트레이닝에 대한 피로도를 줄이고 적응도를 높이는 것으로 추측할 수 있다. 따라서 좌식 생활을 주로 하는 비활동적인 일반인이 운동을 접할 때 처음 느낄 수 있는 피로도나 적응 스트레스를 줄이고 비적응으로 생길 수 있는 운동 손상을 예방하기 위해 저녁 운동이 아침 운동에 비해 비교적 효과적일 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구는 좌식 생활을 주로 하는 20대 남성을 대상으로 아침, 저녁으로 시간을 나누어 12주간 복합 트레이닝을 실시한 후 변화된 신체 조성, 혈중 지질, 스트레스 호르몬 및 영양소 섭취량을 조사하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 신체 조성의 변화 결과 체질량지수와 체지방율에서 운동 시간대와 트레이닝 시기간의 상호작용은 없었다. 그러나 아침, 저녁 운동군의 체지방율이 트레이닝 6주후 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 이 효과가 저녁 운동군에서 트레이닝 12주후까지 지속되었다.

2) 혈중 지질에 변화에서는 혈중 TG 및 HDL-C 농도에서 운동 시간대와 트레이닝 시기간의 상호작용을 보였는데 지속적인 트레이닝을 통해 저녁 운동군에서 혈중 지질 상태가 유의적으로 개선되었다($p < 0.05$). 또한 저녁 운동군에서 TC 농도가 트레이닝 12주 후 트레이닝 전에 비해 유의적으로 감소되었다($p < 0.05$).

3) 스트레스 호르몬의 변화 결과 혈중 cortisol과 ACTH에서 운동 시간대와 트레이닝 시기간의 상호작용은 없었다. 다만 혈중 ACTH의 농도가 트레이닝 전에 비해 트레이닝 6주후와 12주 후에 모두 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$).

4) 영양소 섭취량의 변화에서는 운동 시간대와 트레이닝 시기간의 상호작용은 없었다. 그러나 저녁 운동군에서 트레이닝 후 탄수화물 섭취량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$).

이상의 연구 결과를 종합할 때 저녁 운동군이 아침 운동군에 비해 트레이닝을 통한 생리적 효과가 컸다고 볼 수 있다. 특히 혈중 지질 상태는 저녁 운동군에서 유의적으로 개선된 것을 볼 수 있는데 이는 트레이닝 자체의 효과와 저녁 시간대에 실시된 운동이 식이 섭취량에 영향을 주어 탄수화물 섭취량이 증가하는 상승효과에 기인한 것으로 사료된다. 이것은 저녁 운동군에서 체지방을 감소의 효과가 트레이닝이 끝날 때까지 지속되는 것보다 일맥상통한 것이다. 또한 지속적인 트레이닝 후 저녁 운동군에서 나타난 스트레스 호르몬의 감소 효과를 통해서 일반인이 운동 적응을 통한 운동 손상을 예방하기 위해 저녁 운동이 더욱 효과적이라고 추측할 수 있다. 본 연구를 기초로 하여 하루 중 다른 시간대에 실시한 트레이닝의 생리학적 효과에 대한 비교 연구와 운동 시간대의 차이에 따른 식이 조절 및 식욕 조절에 관한 연구를 심도있게 진행한다면 비만 관리

의 이상적인 프로그램 개발에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- American College of sports Medicine (2000): ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription, 6th edition. A Wolters Kluwer Co., USA
- An KH (2005): The effects of exercise type on body composition, cardiovascular fitness, physical performance and biochemical variables in type 2 diabetic patients. *Kor J Physic Edu* 44 (5): 451-463
- Andik I, Bank J, Moring I, Szegvari GY (1954): The effect of exercise on the food intake and selection of food in the rat. *Acta Physiol Hung* 5 (3-4): 457-461.
- Ashutosh K, Methrotra K, Fragale-Jackson J (1997): Effects of sustained weight loss and exercise on aerobic fitness in obese women. *J Sports Med Phys Fitness* 37 (4): 252-257
- Blundell JE, Stubbs RJ, Hughes DA, Whybrow S, King NA (2003): Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc* 62 (3): 651-661
- Bradbury MJ, Akana SF, Dallman MF (1994): Roles of type I and II corticosteroid receptors in regulation of basal activity in the hypothalamo-pituitary-adrenal axis during the diurnal trough and the peak: evidence for a nonadditive effect of combined receptor occupation. *Endocrinology* 134 (3): 1286-1296
- Buono MJ, Yeager JE, Hodgdon JA (1986): Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to brief high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* 61 (4): 1337-1339
- Consitt LA, Copeland JL, Tremblay MS (2002): Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Med* 32(1): 1-22.
- Costill DL, Thomas R, Robergs RA (1991): Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc* 23 (3): 371-377
- de Assis MA, Kupek E, Nahas MV, Bellisle F (2003): Food intake and circadian rhythms in shift workers with a high workload. *Appetite* 40 (2): 175-183
- Despres JP, Bouchard C, Savard R, Tremblay A, Marcotte M, Theriault G (1984): The effect of a 20-week endurance training program on adipose tissue morphology and lipolysis in men and women. *Metabolism* 33 (3): 235-239
- Farrell PA, Garthwaite TL, Gustafson AB (1983): Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to submaximal and exhaustive exercise. *J Appl Physiol* 55 (5): 1441-1444
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS (1972): Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18 (6): 499-502
- Galliven EA, Singh A, Michelson D, Bina S, Gold PW, Deuster PA (1997): Hormonal and metabolic responses to exercise across time of day and menstrual cycle phase. *J Appl Physiol* 83 (6): 1822-1831
- Hartman ML, Faria AC, Vance ML, Johnson ML, Thomer MO, Veldhuis JD (1991): Temporal structure of in vivo growth hormone secretory events in human. *Am J Physiol* 260: E101-E110

- Hill DW (1996): Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high intensity exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 36 (3) : 155-160
- Horrocks PM, Jones AF, Ratcliffe WA, Holder G, White A, Holder R, Ratcliffe JG, London DR (1990): Patterns of ACTH and cortisol pulsatility over twenty-four hours in normal males and females. *Clin Endocrinol* 32 (1) : 127-134
- Jacks DE, Sowash J, Anning J, McGloughlin T, Andres F (2002): Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *J Strength Cond Res* 16 (2) : 286-289
- Jung WJ (1986): The changes of circadian rhythms in regulation capacity of exercise. Master thesis., Dongkuk University
- Kanaley JA, Weltman JY, Pieper KS, Weltman A, Hartman ML (2001): Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *J Clin Endocrinol Metab* 86 (6) : 2881-2889
- Kang SB (1998): The effects of chronic endurance training on blood antioxidant enzymes and melatonin. PhD Dissertation., Dong-a University
- Kim DJ (2004): The effect of abdominal breath and slow walking on the body composition, blood pressure and serum lipid in the hypertension obese male. *Kor J Physic Edu* 43 (6) : 451-463
- Kim H, Kim TY (2000): Effects of aerobic exercise on macronutrient self selection in rats. *J Korean Nutr* 12: 794-801
- Kim SY, Lee KY, Jun TW (2005): The effect of running and muscular resistance training in circadian rhythms on melatonin, growth hormone, $\dot{V}O_2\max$, fat mass, and lean body mass. *Exercise Science* 14 (3) : 299-312
- Kim TH, Lim WK (2002): Effects of fluid intake on plasma ACTH, cortisol concentration and the control of blood glucose during prolonged exercise. *Kor J Physic Edu* 4 (5) : 945-957
- Kraemer RR, Acevedo EO, Synovitz LB, Durand RJ, Johnson LG, Petrella E, Fineman MS, Gimpel T, Castracane VD (2002): Glucoregulatory endocrine responses to intermittent exercise of different intensities: plasma changes in a pancreatic beta-cell peptide, amylin. *Metabolism* 51 (5) : 657-663
- Larue-Achagiotis C, Martin C, Verger P, Louis-sylvestre J (1992): Dietary self-selection vs complete diet: body weight gain and meal pattern in rats. *Physiol Behav* 51 (5) : 995-999
- Lee YH (2000): The effects of regular swimming exercise on circulation capacity, physical fitness and serum lipids according to exercise frequency of women. *Kor J Physic Edu* 39 (1) : 455-466
- Lewy AJ, Sack RL (1989): The dim light melatonin onset as a marker for circadian phase position. *Chronobiol Int* 6 (1) : 93-102
- Morrey KM, Mclachian JA, Serkin CD, Bakouche O (1994): Activation of human monocytes by pineal hormone melatonin. *J Immunol* 153 (6) : 2671-2680
- O'brien M (1988): Overtraining and sports psychology. In: A Drix, HG Knuttgen and L Tittel (eds). The olympic book of sports medicine, pp.635-645
- Oh SD (1999): The change of cortisol, testosterone by overload training program. *Kor J Physic Edu* 38 (3) : 522-531
- Ok JS, Kang CK, Choi MO (1999): Energy metabolism and responses of stress to two selected methods of aerobic exercise. *Kor Soc Exerc Physiol* 8 (3) : 323-334
- Pawlow LA, O'Neil PM, Malclm RJ (2003): Night eating syndrome: effect of brief relaxation training on stress mood, hunger, and eating patterns. *Int J Obes Relat Metab Disord* 27 (8) : 970-980
- Refinetti R (2000): Circadian physiology. *CRC press LLC, Florida*
- Rosalin G (1990): Principles of nutritional assessment. Oxford University press, Boston
- Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JL, Wong SL, Nguyen-Duy TB, Lee S, Kilpatrick K, Hudson R (2004): Exercise-induced reduction in obesity and insulin resistance in Women: a randomized controlled trial. *Obes Res* 12 (5) : 789-798
- Ruby NF, Dark J, Burns DE, Heller HC, Zucker I (2002): The suprachiasmatic nucleus is essential for circadian body temperature rhythms in hibernating ground squirrels. *J Neurosci* 22 (1) : 357-364
- Scheen AJ, Buxton OM, Jison M, Van Reeth O, Leproult R, L'Hermite-Baleriaux M, Van Cauter E (1998): Effects of exercise on neuroendocrine secretions and glucose regulation at different times of day. *Am J Physiol* 274 (6) : E1040-1049
- Simonelli C, Eaton RP (1978): Reduced triglyceride secretion: a metabolic consequence of chronic exercise. *Am J Physiol* 234 (3) : E221-227
- Stubbs RJ, Sepp A, Hughes DA, Johnstone AM, Horgan GW, King N, Blundell J (2002): The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living men, consuming their normal diet. *Eur J Clin Nutr* 56 (2) : 129-140
- Stubbs RJ, Hughes DA, Johnstone AM, Horgan GW, King N, Blundell JE (2004): A decrease in physical activity affects appetite, energy, and nutrient balance in lean men feeding ad libitum. *Am J Clin Nutr* 79 (1) : 62-69