Journal of Life Science 2005, Vol. 15. No. 3. 352~358 ©JLS

운동강도의 차이가 안정시대사량 및 에너지 소비량에 미치는 영향

곽이섭* · 진영완 · 박찬호

동의대학교 레저스포츠학과

Received April 11, 2005 / Accepted May 10, 2005

Effects of Changes in Exercise Intensity on Resting Metabolic Rate (RMR) and Energy Expenditure in Young Men. Yi-Sub Kawk*, Young-Wan Jin and Chan-Ho Park. *Department of Leisure and Sports Science, Dong-Eui University, 995 Eomgwangno, Busanjin-gu, Busan 614-714, Korea* – The purpose of this study was to examine the effect of various exercise intensity on Resting Metabolic Rate (RMR), excess post exercise energy expenditure (EPEE), and thyroid hormonal changes in trained (TR) and untrained (UT) people. The subject of the present study were divided into two groups and four periods: trained (TR; n=6) and untrained (UT; n=6) group. And the periods were divided as follows; Resting (R), Maximal (M), High intensity (H), and Low intensity (L). The percent body fat and RMR of all subjects were measured at every periods. The RMR was measured early in the morning following a 12-hour fast using MMX3B gas analyzer and blood sample were collected from the anticubital vein to investigate thyroid hormonal (T3, T4, Free T3, Free T4, & TSH) changes. All the RMR values were expressed as absolute value/BSA (kcal/d/m^2). And We also analyzed mean energy expenditure for 30 minutes during and after different intensity exercise. There was significant difference in RMR among different intensity of exercise. in TR ($p<.05$) not in the UT group. however, there was no significant different percent body fat in TR and in UT group. In the energy expenditure, there was significant different between TR and UT in HEE (high intensity exercise energy expenditure), LEE (low intensity exercise energy expenditure), HEEPE (high intensity exercise energy expenditure post exercise) & LEEPE (low intensity exercise expenditure post exercise). In the hormonal level, there was significant different in T4 level in the TR group at H period and in T4, Free T3, & Free T4 levels in TR group at L period, however there was no significant different in the UT group. The present cross-sectional study was design to investigate the relationship between exercise intensity and RMR. The focus of this investigation was to compare RMR in aerobically trained (TR) and untrained (UT). The relationship among RMR, exercise intensity and percent body fat would best be investigated using MMX3B and body composition analyzer. Each subject completed measurement of percent body fat, RMR, hormone in the period of maximal oxygen uptake exercise (M), high intensity exercise (H), and low intensity exercise (L). From the results, Low intensity of exercise (L), there was a trend for an increased RMR (kcal/day) in the TR not for the UT. This is best explained not by the reduced percent body fat but by the highly induced energy expenditure (during exercise and post exercise energy expenditure) and increased T4, Free T3, and Free T4 hormonal levels in the low intensity exercise for the TR group.

Key words – Resting metabolic rate, Exercise intensity, Maximal oxygen consumption, Thyroid hormone, Energy expenditure

기초 대사량(BMR, basal metabolic rate)이란 신체 내에서 생명현상을 유지하기 위해 무의식적으로 일어나는 불 수의적 활동의 대사 작용에 필요한 열량의 크기로 신체의 크기, 체중, 구성성분, 연령, 기후, 체표면적 등에 따라서 영향을 받는다[1,2]. 그리고 기초 대사량은 인체 에너지 소비의 많은 부분을 차지하고 체중의 변화와 상당한 연관성을 보여[3] 이를 측정하고 관리하는 것은 21세기에 많은 질환을 야기하는 비만 및 다양한 형태의 성인병 예방과 직접적인 연관성을 가진다고 할 수 있다[2,3]. 실제적으로 성인병을 예방하기 위한 운동의 효과에 대해서 많은 연구들이 진행되어져 왔지만 비만을 예방하기 위한 목적에서의 운동의 효과 규명에 대해서는 운동자체만이 일일 에너지 소비량에 많은 부분을 차지하지 못하기 때문에 많은 제한점이 따르거나 긍정적인 효과를 이끌어 내는데 어려움이 많았다. 물론 이러한 연구들은 여러 변수가 있을 수 있지만(운동의 강도, 빈도, 및 형태), 단지 운동 활동에 의한 에너지 소비에 대해서 강조하기 때문에 나타나는 부정적인 결과라고 생각을 한다. 문제는 운동을 통한 기초 대사량 증가와 운동 강도에 따른 에너지 소비(지방의 동원)의 차이에 있는 것이다. 실제로 기초 대사란 수면에서 깨어난 후 잠시 동안만 지속되는 것으로 시간이 경과하면 기초 대사는 깨어지기 때문에 정확한 측정을 하기란 무리가 따

*Corresponding author
Tel : +82-51-890-2213, Fax : +82-51-890-2643
E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

른다. 따라서 일반적으로 안정시 대사량(RMR, resting metabolic rate)을 측정함으로 기초 대사량을 예측하게 된다[4]. 안정시 대사량이란 신체 모든 기관이 활동하는데 필요로 하는 최소한의 에너지일 뿐만이 아니라, 안정시 체온의 항상성을 유지하기 위한 에너지와 신체 화학적 반응의 에너지, 그리고 갑상선 호르몬 및 교감 신경계의 작용에 의해서 생성되는 값까지 포함되는 개념이다[5]. 인간이 소비하는 일일 에너지 소비량은 안정시 대사량, 음식의 열량효과, 활동의 열량효과 및 적응적 열생성의 총 4가지 요소로 구성된다고 요약 할 수 있다. 이 중 안정시 대사량은 식 후 10~12시간이 경과되고 신체활동이 최소화된 완전한 휴식상태의 에너지 소비를 나타내는 것으로 총 일일에너지 소비량의 60~70%를 차지하며, 주로 신체기관의 최소한 에너지 소비와 관련이 있다[4]. 일반적으로 젊은 여성의 안정시 대사량은 평균적으로 1,200~1,400 kcal 정도이고, 이와 비슷한 체격의 남성은 1,700 kcal 정도이다. 하지만 활동적인 여성의 경우 2,400 kcal 정도이고 활동적인 남성의 경우는 3,000~3,200 kcal 까지 된다고 보고하고 있다[3,6]. 따라서 안정시 대사량만으로 하루에 상당한 에너지가 소비되는 것이고, 안정시 대사량을 늘리는 것이 비만을 포함하는 성인병 예방의 지름길이라 할 수 있겠다. 이러한 안정시 대사량은 연령, 성별, 체중, 제지방, 체온 및 운동 활동 등에 따라서 다르게 나타나는 것으로 알려져 있으며, 개개인의 훈련된 상태에 따라서도 서로 다른 값을 보이는 것으로 나타났다[7,8]. 운동이 안정시 대사량에 미치는 영향에 대해선 많은 결과들이 알려져 있는데, 젊은 여성에게 있어 격렬한 저항성의 운동이 운동 후 산소섭취와 안정시 대사량의 증가에 긍정적인 영향력을 주었다는 결과[9], 장기간의 지속적인 운동활동이 체지방량을 증가시켜 안정시 대사량을 증가 시킨다는 결과보고[2,10], 연령변화에 따른 근력운동이 안정시 대사률의 증가에 영향을 미친다는 연구[11], 대사량 변화에 대한 운동과 다이어트의 복합작용이 안정시 대사량을 증가시킨다는 연구[12], 일상생활 습관의 변화가 안정시 대사량에 미치는 영향에 관한 연구[13,14] 등이 보고되었다.

최근 이러한 안정시 대사량이 일회성의 운동만으로 변화되는 것이 보고되고 있는데[9,15], 일회성의 운동으로 변화되는 안정시 대사량 값을 측정하고 활용할 수 있다면 비만을 예방하거나 치료하려는 사람들에게 좋은 운동처방을 할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 일반인들이 쉽게 접하는 달리는 형태의 서로 다른 강도 운동을 훈련군과 일반군에게 부여하여 안정시 대사량에 미치는 영향과 운동 중과 운동 후 동원되는 에너지 소비량을 서로 비교하여 운동이 안정시 대사량을 포함하는 대사량 값에 미치는 영향을 과학적으로 분석하고자 한다.

연구 방법

연구대상 및 실험처지

본 연구를 수행하기 위하여 이제까지 5년 이상의 운동을 규칙적으로 수행한 21-24세의 남성 6명(TR), 규칙적인 운동을 하지 않는 남성 6명(UT)을 대상으로 하여 <Table 1> 안정시 대사량을 측정하였다(Day 1; R). 최대운동부하라고 할 수 있는 최대산소 섭취량을 측정하여 근육에서 필요한 산소섭취의 한계를 측정하여 체력수준을 파악하고, 최대산소 섭취량 테스트가 운동 후 다음날 아침 안정시 대사량에 미치는 효과를 분석하였고(Day 2; M), 일주 후 최대심박수의 80%로 운동했을 경우 운동 중과 운동 후 평균 에너지 소비량 및 다음날 아침 안정시 대사량에 미치는 효과를 규명 하였다(Day 3; H). 마지막 일주 후 최대산소 섭취량의 65%로 운동하였을 경우 운동 중과 운동 후 산소 섭취량 및 동원되는 에너지 기질과 다음날 아침 안정시 대사량에 미치는 효과를 일반인(UT)과 훈련군(TR)에게서 규명하여(Day 4; L) 서로 다른 강도의 운동이 운동 중과 운동 후 에너지 소비량에 미치는 효과와 다음날 아침 안정시 대사량에 미치는 효과를 분석하여 훈련 상태와 운동 강도의 변화가 안정시 대사량 및 운동 중과 운동 후 에너지 지출에 미치는 효과를 분석하여 운동이 비만의 감소에 미치는 효과를 과학적으로 규명하고자 하였다. 실험에 참여하는 모든 피험자는 실험에서 요구하는 체지방 측정을 비롯한 최대산소 섭취량, 고강도 및 저강도 운동이 가능한 피험자들로 구성하였으며, 실험에서 요구하는 생화학적 검사와 안정시 대사량 측정이 가능한 대상자였다. 또한 실험 참여 전, 모든 피험자에게 연구의 목적 및 진행절차 그리고 실험 시 일어날 수 있는 위험요소에 대해 자세하게 설명하였으며, 본인의 의사에 따라 실험참가를 그만 둘 수 있다고 하는 제반 사항을 포함한 동의서를 받았다.

실험장비

본 연구의 목적을 수행하기 위해 다음과 같은 실험 장비를 이용하였다.

1. CAS 전자식 저울: 피험자들의 0.01 kg 까지 측정되는

Table 1. 연구 대상자의 그룹별 신체적 특성 및 체 구성 요인

그 룹	나이(yr)	신장(cm)	체중(kg)	체지방률(%)	근육량(kg)	최대산소섭취량(ml/kg/min)
TR	22.3±1.51	173.0±3.58	64.8±3.76	11.4±2.12	53.9±2.98	61.5±7.06
UT	22.8±1.47	174.8±2.04	69.3±3.14	21.9±6.43	52.9±5.57	47.5±2.88

TR: Trained, UT: Untrained

이 저울을 이용하여 신장 및 체중을 측정하였다. 여러 번 측정 후 평균치를 산정하여 사용하였다.

2. InBody 4.0: 체성분 검사인 InBody 4.0을 이용하여 체성분을 검사하고 본 연구에 필요한 체지방률(%)을 조사하였다.
3. 본 연구에서 시기마다 측정되는 갑상선 호르몬(T3, T4, Free T3, Free T4, & TSH)을 측정하기 위해 PACKARD 사의 γ-counter (COBRA 5010 Quantum, U.S.A)를 사용하여 RIA 방법으로 분석하였다.
4. MMX3B: 본 실험에서 가장 중요한 자료인 운동 시 및 운동 후 대사량의 측정을 이 장비로 실시하였으며, 아울러 안정시 대사량에 대한 측정도 이 장비를 이용하였다. 그리고 최대산소 섭취량은 본 장비에 Bruce protocol을 입력하여 트레드밀이 자동 제어되도록 하여 이용하였다<Fig. 1>.

최대산소 섭취량, 운동 중 및 운동 후 에너지 소비량, 안정시 대사량, 및 혈액분석

최대산소 섭취량, 운동 중 및 운동 후 평균 에너지 소비량의 측정

최대산소 섭취량은 본 실험실에 소재 해 있는 Meta Max 3B를 이용하여 breath-by-breath 방법으로 측정하였고, 다른 관련 자료들이 컴퓨터에 제어되어 있어, 실험 후 입력된 자료를 분석하였다. 절대강도 실험은 동일한 경사도와 동일한 속도로 절대강도 수준의 산소 섭취량을 확인한 후 제어하여 계속해서 30분간의 운동을 실시하게 하였다. 운동 후 에너지 소비량은 운동 종료 후 피험자가 바로 의자에 앉은 후 측정하여 이 시기 소비한 산소 섭취량을 근거로 평균 에너지 소비량을 산출하였고, 약 30분간 측정한 후 RQ 및 RER을 분석하여 이 시기에 동원되는 평균 에너지 소비량을 측정하였다.

안정시 대사량 측정

안정시 대사량의 측정은 매 시기마다(이른 아침) 피험자들이 식후 10~12시간이 경과하면 활동을 최대한으로 자제한 후 실험실에 도착하여 충분히 휴식을 취하고 침대에 누워서 안정을 취한 후 Meta Max 3B를 이용하여 측정하였다. 본 컴퓨터에 장착된 기자재는 안정시 대사량 측정 시 다른 요인 등에 의하여 변동이 있을 경우 자동 측정이 되지 않도록 되어 있어 대체로 정확한 값을 측정할 수 있는 장점이 있다. 위에서 제시한 실험절차에 따라서 안정시 대사량을 전체적으로 2번 측정하였고, 두 번의 대사량 측정이 ±5%의 오차범위를 넘을 때는 다시 측정하여 근사치 두 값을 취하였다. Meta Max 3B를 이용하여 안정시 대사량을 측정하면, 안정시 환기량 중 탄수화물, 지방, 단백질의 동원을 비교할 수 있으며, 평균 산소섭취량과 이산화 탄소 배출량 값을 알 수 있고, 안정시 대사량의 예측값과 실측값을 알 수 있다. 본 실험에서는 측정된 안정시 대사량 값은 피험자 마다 체격이 다르므로 각 피험자 마다 BSA로 나눈 값을 표준화 하여 사용하였다.

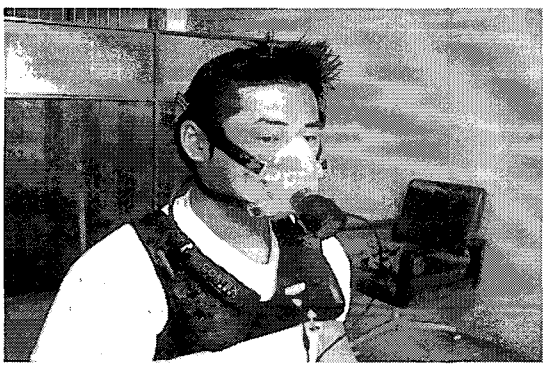

Fig. 1.

체구성비 측정

모든 피험자의 체구성비는 실험 최초 측정하여 그룹을 구분하는 데에 참고하였고, 골격근 양, 체지방량, 제지방량, BMI, 체지방률, 복부 지방률 및 예측 기초 대사량을 측정하였다. 피험자는 체구성비를 측정하기 전에 48시간이상 금주를 하게 하였고, 12시간 전부터는 운동을 삼가게 하였다. 그리고 측정 전 음료수나 물의 섭취를 금지 시켰고, 30분전에 배뇨를 하도록 하여 가능한 한 정상적인 체내 수분 상태를 유지하도록 하였다.

호르몬 분석

각 피험자의 안정시 대사량 측정이 끝난 즉시 5 ml vacutainer와 22 gauge needle을 사용하여 전완정맥에서 추출하였다. 채취한 혈액은 곧바로 원심분리한 후, 혈청부분만을 추출하여, deepfreezer에 냉동보관 하여 대사량에 영향을 미치는 관련 호르몬 T3, T4, TSH, Free T3, 및 Free T4 의 갑상선 호르몬 모두를 분석하였다. 호르몬 분석은 Diagnostic Products Corporation (DPC)사의 IMMULITE 전자동 CHEMILUMINESCENT IMMUNOASSAY SYSTEM을 사용하여 혈중 TSH, T4, T3, Free T3, 및 Free T4를 분석하였다. 각각의 호르몬은 항체가 있는 polystyrene bead IMMULITE test unit을 사용하였다. 호르몬에 따라서 phosphatase와 alkaline phosphatase를 중합시켜 test unit에 넣고 37℃의 온도에서 30분에서 60분간 배양시킨다. 이 기간동안 bead에 있는 제한된 수의 항체 결합 부위에는 호르몬과 enzyme-labeled 호르몬이 경쟁적으로 결합하게 된다. 그 후 결합하지 않은 것은 원심 분리하여 세척한 다음 화학적 발광 기질을 첨가하고 10분간 배양한다. Chemiluminescent 기질인 Adamantyl dioxetane은 alkaline phosphatase에 의해 가수분해 되어 지면서 빛 을 발하게 되고 이 빛을 읽어 농도를 측정한다.

자료처리

본 연구에서 얻어진 자료는 SAS 통계 package를 이용하

여 기술통계량과 운동 강도에 따른 체지방률, 안정시 대사량, 및 갑상선 호르몬의 변화에 대한 자료를 반복 측정법에 의한 변량분석(ANOVA)을 이용하여 분석하였으며, DUNCAN의 사후 검증법으로 평균치를 검색하였다($p<.05$). 그리고 고강도 및 저 강도 운동에 따른 운동 중 및 운동 후 평균 에너지 소비량의 변화를 일반군과 훈련군에서 T 검증을 통하여 유의성을 살펴보았다($p<.05$).

연구결과

운동 강도에 따른 체지방률의 변화

각 그룹별 운동 강도별 피험자의 체지방률의 변화는 <Table 2>에 나타나 있다. <Table 2>에 나타나 있는 것 같이 TR과 UT에서 안정시인 R 시기에 대해 운동 강도별 측정값의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았으나, TR 과 UT 모두 운동 강도별 체지방률이 감소하였고, 저 강도 운동인 L 시기에서 체지방률이 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 모든 시기에서 두 그룹 간에는 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

운동 강도에 따른 안정시 대사량의 변화

각 그룹별 운동 강도별 피험자의 안정시 대사량 변화는 <Table 3>에 나타나 있다. <Table 3>에 나타나 있듯이, UT에서는 운동 강도의 변화에 따라 안정시 대사량이 조금은 증가하였으나 그 증가가 미미하여 통계적 유의성이 나타나지 않았고, TR 에서는 안정시에 비하여 M 시기, H 시기, 및 L 시기에 안정시 대사량의 증가가 나타났고, 특히 고강도 운동 시기인 H 시기와 저 강도 운동시기인 L 시기에 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 저 강도 운동에서 가장 높은 증가를 나타내었다. 한편 본 연구결과는 안정시 대사량의 절대값을 BSA로 나눈 값을 사용하였으며, 이는 피험자 개개인의 신체 크기가 다르기 때문에 본 측정치를 비교 용이하게 나타내기 위함이다.

운동 강도에 따른 평균 에너지 소비량의 변화

각 그룹별 고강도 운동과 저강도 운동시 피험자의 평균 에너지 소비량의 변화는 <Table 4>에 나타나 있다.

<Table 4>에 나타나 있듯이, 본 연구는 운동중과 운동 후 30분간의 에너지 소비량의 평균값을 나타낸 것으로 UT에 대한 TR의 통계 결과를 나타낸 것이다. 우선 고강도 운동 시 30분간의 평균 에너지 소비량에서 UT는 12,281.8 kcal/d 의 값을 보인 반면에 TR은 15,705 kcal/d 의 값을 보여 같은 부하의 고강도 운동에 대해 TR에서 에너지 소비량이 현저히 높았다. 그리고 이러한 결과는 저 강도 운동에서도 같은 경향을 보이며 나타났는데, 저 강도 운동시 평균 에너지 소비량은 UT에서 8,184.8 kcal/d 의 값을 보였고 TR에서 12,614 kcal/d 의 값을 보여 TR에서 에너지 소비량이 현저히 높게 나타났다. 그리고 두 그룹 간의 에너지 소비량의 차이는 고강도 운동시기에 비하여 저강도 운동시기에서 더 큰 차이를 보이며 나타났다.

한편, 운동 후 에너지 소비량에서는 고강도 운동 후 UT가 9,152.7 kcal/d의 값을 보인 반면, TR에서 11,428.0 kcal/d 의 값을 보여 TR에서 현저히 높은 값을 보였고, 저 강도 운동 후 에너지 소비량은 UT가 6,111.3 kcal/d 의 값을 보인 반면, TR이 9,125.3 kcal/d의 값을 보여 현저히 높은 값을 나타내었다. 특이할 사항은 두 그룹의 값의 차이가 고강도 보다는 저 강도에서 더 크게 나타났다는 점이다. 이는 훈련군에서 비 훈련군에 비해 저 강도 운동시 에너지 소비를 더욱 효율적으로 유도함을 알 수 있었고, 상대적으로 비훈련군에서는 효과가 적음을 알 수 있다.

운동 강도에 따른 갑상선 호르몬의 변화

각 그룹별 운동 강도별 피험자의 갑상선 호르몬의 변화는

Table 2. 운동 강도에 따른 체지방률의 변화 (%)

그 룹	R	M	H	L
TR	11.43±2.12	10.58±2.11	10.68±2.36	9.53±2.07
UT	21.9±6.43	20.0±5.02	20.4±5.68	19.2±6.02

TR: Trained, UT: Untrained, R: resting level, M: Maximal exercise, H: high intensity exercise; L: low intensity exercise

Table 3. 운동 강도에 따른 안정시 대사량의 변화 (Kcal/day/m^2)

그 룹	R	M	H	L
TR	1133.5±35.1	1164.2±36.2	1212.8±11.3#	1221.0±17.1#
UT	914.7±28.8	916.7±21.6	956.7±76.4	962.2±49.7

TR: Trained, UT: Untrained, R: resting level, M: Maximal exercise, H: high intensity exercise; L: low intensity exercise
# $p<.05$, compare to R

Table 4. 운동 강도에 따른 운동 중 및 운동 후 평균 에너지 소비량의 변화 (Kcal/day)

그 룹	HEE	LEE	HEEPE	LEEPE
TR	15,705.0±1602.6*	12,614.7±1192.8*	11,428.0±724.2*	9,125.3±1673.4*
UT	12,281.8±1455.3	8,184.8±1364.9	9,152.7±1041.5	6,111.3±136.8

TR: Trained, UT: Untrained, HEE: high intensity exercise energy expenditure, LEE: low intensity exercise energy expenditure, HEEPE: high intensity exercise energy expenditure post exercise, LEEPE: low intensity exercise energy expenditure post exercise
* $p<.05$, compare to UT

<Table 5>에 나타나 있다.

<Table 5>에 나타나 있듯이, UT 에서는 모든 시기에 걸쳐 안정시 대사량에 관련된 호르몬의 증가가 나타나지 않았다. 하지만 TR 에서는 T4에서 고강도 운동과 저 강도 운동 후 호르몬 값의 증가를 알 수 있었고, 통계적으로도 유의한 차이($p<.05$)를 나타내었다. Free T3에서는 TR 에서 저 강도 운동 후 유의하게 증가된 값을 보였고, Free T4도 고강도 운동과 저 강도 운동 후 수치가 통계적으로 유의하게 증가하였다. 시기별로는 고강도 운동 후 T4와 Free T4가 저 강도 운동 후에는 T3와 TSH를 제외한 모든 호르몬 값이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 한편 최대부하강도 운동 후 모든 그룹에서 모든 호르몬의 차이가 나타나지 않았고, 이는 안정시 대사량 값을 잘 반영하는 것으로 보인다.

논 의

대사란 신체기능 유지에 필요한 에너지를 공급하기 위해 영양소가 산소와 결합하는 생화학적인 과정을 말한다. 대사량 또는 대사률은 보통 kcal 단위로 표시되는데, 에너지 소비량(Energy Expenditure)이라고도 표현할 수 있다[1,2]. 한편, 안정시 대사량은 안정시 에너지 소비량이라고도 하며, 사람이 휴식을 취하는 상태에서 소모하는 열량을 말한다. 즉, 기본적인 신체기능과 항상성의 유지, 자율신경계의 활동을 위해 필요한 에너지를 말한다. 안정시 대사량을 측정하는 방법으로 크게 직접법에 의한 방법과 간접법에 의한 측정방법이 있으며, 간접 측정법은 직접측정법에 비하여 비용이 적게 들고 정확도도 높아 오늘날 널리 이용되고 있는 실정이다. 이를 표현하는 방법으로는 체중이나 제지방 체중으로 나누는 방법이 있고 BSA로 나누어 표현하는 방법이 있으며, 본 연구에서는 대사량 값을 그룹 간, 시기 간 비교하기 용이하도록 각 피험자의 BSA를 나누어 이 값을 사용하였다[4]. 본 연구 결과 운동 시기별 안정시 대사량 값은 일반그룹에서는 특정한 변화를 보이지 않았다. 하지만 훈련군에서는 최대 강도 운동을 제외한 고 강도 및 저 강도 운동에서 안정시 대사량 값이 크게 증가하였고, 특히 저 강도 30분 운동에서 가장 큰 증가를 나타내었다. 본 연구의 결과로 일회성의 운동이 다음 날 아침 안정시 대사량에 미치는 영향에 대해 운동의 경험이 없는 일반인에게는 특정의 효과를 주지 않지만 평소 운동 경험이 많은 그룹에서는 저 강도의 30분간 운동이 가장 큰 효과가 있는 것으로 나타나 운동이 다음날 아침 안정시 대사량을 증가 시킨다는 다른 선행연구들을 잘 지지하는 것으로 나타났다[9,16]. 하지만 대부분의 이런 연구들에서는 운동 강도에 따른 안정시 대사량의 변화는 확인하지 않았다. 체지방은 훈련군과 비훈련군에서 모두 시기별 감소를 나타내었지만, 통계적인 유의성은 나타내지 않아 운동 활동에 따른 체지방의 변화가 안정시 대사량의 변화를 크게 설명하지 못하는 것으로 나타났다. 하지만 그룹간에는 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

한편, 30분간의 고 강도 및 저 강도 운동을 하는 동안 평균 에너지 소비량의 차이를 보기위한 실험에서 고강도 운동시 비훈련군의 평균 에너지 소비량은 12,281.8 kal/day인 반면에 훈련군에서는 15,705.0 kal/day의 수치를 보여 같은 운동 강도에 대해서 에너지 소비가 더 크게 나타남을 알 수 있었고, 저 강도 운동에서도 비훈련군에 비해 훈련군의 평균 에너지 소비가 훨씬 크게 나타남을 알 수 있었고, 다른 시기에 비해 이 시기에서 두 그룹간의 차이가 가장 크게 나타났다. 그리고 운동중이 아닌 이러한 운동 수행 후 휴식 시 나타나는 평균 에너지 소비량을 비교 분석한 결과 고강도 및 저강도 운동 후 훈련군의 평균 에너지 소비량 값이 높게 나타남을 알 수 있었고, 특히 저 강도 운동 후 평균 에너지 소비량의 차이가 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 이 연구를 통하여 주목할 점은 같은 강도의 운동을 하더라도 훈련군에서 더 많은 에너지 소모가 일어난다는 사실과 이러한 사실이 운동 후에도 계속적으로 일어난다는 것이다. 그리고 운동 후 에너지

Table 5. 운동 강도에 따른 호르몬의 변화

그 룹	Hormone	R	M	H	L
TR	T3	0.908±0.128	0.937±0.138	1.245±0.376	1.202±0.255
UT	(ng/ml)	0.993±0.169	1.058±0.194	1.092±0.130	1.092±0.187
TR	T4	8.12±0.496	8.07±0.314	8.85±0.513*	9.07±0.635*
UT	(μg/dl)	7.22±0.889	7.22±0.553	7.18±0.611	7.52±0.987
TR	TSH	1.09±0.669	1.23±0.594	1.52±0.517	1.69±0.504
UT	(μIU/ml)	1.40±0.702	1.33±0.587	1.44±0.691	1.40±0.624
TR	Free T3	1.70±0.1021	1.69±0.0698	1.73±0.1286	1.97±0.1569*
UT	(pg/ml)	1.69±0.1344	1.71±0.0903	1.64±0.1633	1.61±0.0925
TR	Free T4	1.59±0.174	1.60±0.130	1.81±0.115*	1.83±0.156*
UT	(pg/ml)	1.50±0.190	1.51±0.173	1.53±0.129	1.58±0.113

TR: Trained, UT: Untrained

* $p<.05$, compare to UT

소비도 전체 에너지 소비의 큰 부분을 차지 한다는 사실을 알 수 있어 운동 후 휴식시기의 휴식형태가 에너지 지출에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 운동 강도의 비교에 있어 고 강도 운동이 저 강도 운동에 대해 더 많은 에너지 소비를 보이지만 그룹 간에는 고강도 운동에서 보다 저 강도 운동에서 평균 에너지 지출의 차이가 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 운동 활동에 따라 에너지 소비가 증가한다는 선행연구[16]와, 그룹간에서도 비 훈련군에 비해 훈련군에서 같은 운동 강도에 대해 에너지 소비가 크게 일어난다는 선행연구[17]를 잘 반영하지만 두 그룹에서 서로 다른 강도를 비교한 연구는 없었고, 운동 후 에너지 소비를 함께 비교한 연구는 없어 큰 의의를 가진다고 보여 진다. 서로 다른 강도의 운동이 안정시 대사량의 변화를 나타낸다는 연구결과에 대해 이것이 단순히 체지방의 감소와 제지방량의 증가에 의한 것인지 아니면 호르몬 수준에서 일어난 지를 분석하기 위해 본 연구에서는 호르몬을 분석하였다. 이러한 호르몬 중에 대표적인 호르몬이 갑상선 호르몬이라고 할 수 있고, 본 연구에서는 안정시 대사량 측정 후 곧 바로 시기별 T3, T4, Free T3, Free T4, 및 TSH의 변화를 살펴보았다. 본 연구의 결과로 비 훈련군에서 호르몬의 변화는 안정시 대사량의 값처럼 모든 시기에서 증가를 나타내지 않았으며, 저 강도 운동에서 약간의 증가만 보여 안정시 대사량 값과 비슷한 유형으로 나타났다. 한편 훈련군에서 T3는 시기별 약간의 증가를 보였지만 통계적 유의성은 나타나지 않았고, TSH 역시 약간의 증가를 보였지만 통계적으로 의미 있는 값을 나타내지 않았다. 하지만 Free T3는 저 강도 운동 시기에서 현저하게 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고, T4와 Free T4는 고 강도 운동과 저 강도 운동에서 모두 크게 증가하여 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다. 또한 운동 강도의 차이에서도 갑상선 호르몬은 저 강도 운동에서 가장 크게 증가하였고 최대 부하강도의 운동에서는 오히려 약간 감소하는 경향을 보여 운동 강도가 안정시 대사량 뿐만이 아니라 갑상선 호르몬 변화에 중요한 요인으로 여겨진다. 운동 활동에 따라서 안정시 대사량 변화를 살펴본 연구는 운동이 안정시 대사량을 증가 시킨다는 연구결과[18], 증가 시키지 않는 다는 연구결과[19]로 의견이 분분한데, 이는 피험자의 연령, 영양상태, 성별, 질환, 스트레스 등에 따라 크게 좌우되지만 무엇보다도 피험자의 훈련 상태와 운동 강도가 주된 요인으로 밝혀졌다[13]. 본 연구의 결과에 따르면 비 훈련군의 경우 운동 강도에 상관없이 운동이 안정시 대사량에 영향을 주지 못했지만, 훈련군의 경우는 최대 운동부하를 제외한 고강도 운동과 저 강도 운동에서 약간의 체지방 감소와 안정시 대사량의 증가를 나타내었고, 특히 저 강도 운동에서 유의한 증가를 나타내었다.

서로 다른 강도의 운동이 에너지 소비량에 미치는 영향을 살펴본 연구에서 저 강도 운동에 비해 고 강도 운동 시 에너지 소비가 크게 나타났으며, 운동 후 에너지 소비 역시 저 강도 운동에 비해 고 강도 운동에서 높게 나타났다. 그룹별로는 운동 강도에 상관없이 같은 운동 강도에 대해 일반군에 비하여 훈련군에서 평균 에너지 소비량이 크게 나타났으며, 두 그룹간의 차이는 저 강도 운동에서 더욱 현저한 차이를 보였다. 역시 운동 후 에너지 소비량을 분석한 결과 고 강도 운동에 비하여 저 강도 운동에서 에너지 소비량의 차이가 더 크게 나타나 훈련군은 비 훈련군에 비해 저 강도 운동에서 더욱 효율적으로 에너지 지출이 일어남을 알 수 있고, 이는 훈련군에서 훈련에 따른 지방의 산화가 더욱 잘 유도된다는 사실을 나타낸다. 반면에 비 훈련군은 저 강도 운동과 운동 후 에너지 소비량이 적게 일어나 저 강도 운동에서 효율적인 에너지 동원을 기대하기 어렵다고 할 수 있다. 이는 훈련군에서 운동 시 많은 에너지를 더욱 효율적으로 동원한다는 선행연구[19]를 잘 반영하는 것으로 보인다.

결 론

1. 운동 강도에 따른 체지방률의 변화는 훈련군과 비 훈련군 모두 최대부하강도, 고 강도 및 저 강도 운동에 따른 체지방의 감소를 보였지만 차이가 미미하여 통계적으로 유의하게 차이를 보이지 않았다.
2. 운동 강도에 따른 안정시 대사량의 변화는 비 훈련군의 경우 최대부하강도, 고 강도 및 저 강도 운동에 따른 안정시 대사량의 변화가 나타나지 않았고, 훈련군의 경우에는 최대부하시기에는 변화가 없다가 고 강도운동과 저 강도 운동 후 상당히 증가하여 통계적인 유의성을 나타내었다. 특히 저 강도 운동 후 가장 높은 값을 보여, 호르몬의 변화와 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.
3. 운동 강도에 따른 운동 시 평균 에너지 소비량의 변화는 비 훈련군에 비하여 훈련군에서 고 강도 및 저 강도 운동 모두 현저히 높게 나타나 통계적인 유의성을 나타내었으며, 그 차이는 저 강도 운동에서 더욱 높게 나타났다.
4. 운동 강도에 따른 운동 후 평균 에너지 소비량의 변화는 비 훈련군에 비하여 훈련군에서 고 강도 및 저 강도 운동 모두 현저히 높게 나타나 통계적인 차이를 나타내었다. 역시 두 시기 중 고 강도 운동 후에 비해 저 강도 운동 후의 평균 에너지 소비량에서 두 그룹간의 더 큰 차이를 보였다.
5. 운동 강도에 따른 갑상선 호르몬의 변화는 비 훈련 그룹에서는 모든 시기에 걸쳐 안정시 대사량에 관련된 호르몬의 증가가 나타나지 않았다. 하지만 훈련그룹에서는 T4 에서 고 강도 운동과 저 강도 운동 후 호르몬 값의 증가를 알 수 있었고, 통계적으로도 유의한 차이(p <.05)를 나타내었다. Free T3에서는 훈련그룹에서 저

강도 운동 후 유의하게 증가된 값을 보였고, Free T4도 고 강도 운동과 저 강도 운동 후 호르몬 값이 유의하게 증가하였다. 시기별로는 고 강도 운동 후 T4와 Free T4가 저 강도 운동 후는 T3와 TSH를 제외한 모든 호르몬 값이 증가하였다. 따라서 이러한 호르몬의 증가가 안정시 대사량의 증가를 잘 반영해 주는 것으로 여겨진다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 국민체육진흥공단 체육과학연구원의 체육학술진흥사업비에 의하여 연구되었음(KISS-04-A 0202)

참 고 문 헌

1. Liusuwan, A., Widman, L., Abresch, R. T. and McDonald, C. M. 2004. Altered body composition affects resting energy expenditure and interpretation of body mass index in children with spinal cord injury. J. Spinal. Cord. Med. 27 Suppl **1**, S24-S28.
2. Speakman, J. R. and Selman, C. 2003. Physical activity and resting metabolic rate. Proc. Nutr. Soc. **62(3)**, 621-634.
3. Buscemi, S., Verga, S., Caimi, G. and Cerasola, G. 2005. Low relative resting metabolic rate and body weight gain in adult Caucasian Italians. Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. Jan. **11**, Epub ahead of print.
4. Huang, K. C., Kormas, N., Steinbeck, K., Loughnan, G. and Caterson, I. D. 2004. Resting metabolic rate in severely obese diabetic and nondiabetic subjects. Obes. Res. **12(5)**, 840-845.
5. Fasanmade, A. A. 1996. Effects of acute changes in exercise intensity on basal metabolic rate in fit young men. Afr. J. Med. Med. Sci. **25(3)**, 231-234.
6. Paul, D. R., Novotny, J. A. and Rumpler, W. V. 2004. Effects of the interaction of sex and food intake on the relation between energy expenditure and body composition. Am. J. Clin. Nutr. **79(3)**, 385-389.
7. Gilliat-Wimberly, M., Manore, M. M., Woolf, K., Swan, P. D. and Carroll, S. S. 2001. Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. J. Am. Diet. Assoc. **101(10)**, 1181-1188.
8. Haugen, H. A., Melanson, E. L., Tran, Z. V., Kearney, J. T. and Hill, J. O. 2003. Variability of measured resting metabolic rate. Am. J. Clin. Nutr. **78(6)**, 1141-1145.
9. Osterberg, K. L. and Melby, C. L. 2000. Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. **10(1)**, 71-81.
10. Stromme, S. B. and Hostmark, A. T. 2000. Physical activity, overweight and obesity. Tidsskr. Nor. Laegeforen. **120(20)**, 3578-3582.
11. Lemmer, J. T., Ivey, F. M., Ryan, A. S., Martel, G. F., Hurlbut, D. E., Metter, J. E., Fozard, J. L., Fleg, J. L. and Hurley, B. F. 2001. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. Med. Sci. Sports. Exerc. **33(4)**, 532-541.
12. Abdel-Hamid, T. K. 2003. Exercise and diet in obesity treatment: an integrative system dynamics perspective. Med. Sci. Sports. Exerc. **35(3)**, 400-413.
13. Adriaens, M. P., Schoffelen, P. F. and Westerterp, K. R. 2003. Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing. Br. J. Nutr. **90(2)**, 419-423.
14. Gunn, S. M., van der Ploeg, G. E., Withers, R. T., Gore, C. J., Owen, N., Bauman, A. E. and Cormack, J. 2004. Measurement and prediction of energy expenditure in males during household and garden tasks. Eur. J. Appl. Physiol. **91(1)**, 61-70.
15. Denzer, C. M. and Young, J. C. 2003. The effect of resistance exercise on the thermic effect of food. Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. **13(3)**, 396-402.
16. Spadano, J. L., Must, A., Bandini, L. G., Dallal, G. E. and Dietz, W. H. 2003. Energy cost of physical activities in 12-y-old girls: MET values and the influence of body weight. Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. **27(12)**, 1528-1533.
17. Starling, R. D. 2001. Energy expenditure and aging. Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. **11**, S208-217.
18. Melby, C., Scholl, C., Edwards, G. and Bullough, R. 1993. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. J. Appl. Physiol. **75(4)**, 1847-1853.
19. Byrne, H. K. and Wilmore, J. H. 2001. The relationship of mode and intensity of training on resting metabolic rate in women. Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. **11(1)**, 1-14.