

# 비만여성의 지방연소를 위한 최적운동강도에 관한 연구

대원과학대학 물리치료과, 신구대학 물리치료과<sup>1)</sup>, 경기대학교 물리학과<sup>2)</sup>

최영덕 · 오경환<sup>1)</sup> · 임종수<sup>2)</sup>

## A Study on the Optimal Exercise Intensity for the Fat Oxidation of Fat Women

Choi, Young-Deog, Oh, Kyung-Hwan<sup>1)</sup>, Lim, Jong-Soo<sup>2)</sup>

*Dept. of Physical Therapy, Daewon Science College*

*Dept. of Physical Therapy, Shin Gu College<sup>1)</sup>*

*Dept. of Physics, Kyonggi University<sup>2)</sup>*

- ABSTRACT -

The aim of this study is to show the results which we analyse the interrelation among the physiological variable elements.

We survey thirty fat women who don't do exercise regularly and are thirties, in order to offer basic data for setting the optimal exercise intensity through the efficient fat oxidation. We use RAMP II protocol of the Ever Green Hospital.

The results are followings :

1. When the optimal exercise intensity for fat oxidation is done, there's a meaningful relation among the fat oxidation,  $O_2$  max, and respiratory change.
2. When the optimal exercise intensity for fat oxidation is done, there's no meaningful relation statistically in  $O_2$  max, heart rate, respiratory change, and caloric rate.
3. When the optimal exercise intensity for fat oxidation is done, there's a meaningful difference among three groups in  $\%VO_2$  max. However, there's a meaningful difference between group C and group A, B, and there's no meaningful difference between group B and group A.

---

**Key words** : optimal exercise intensity; fat oxidation

## I. 서론

인간의 움직임은 원초적 욕구 충족의 수단으로서, 인간의 생활에 큰 비중을 차지하여 왔다. 그러나 산업의 발달과 이기로 인한 생활 양식의 변화는 인간 생활을 보다 윤택하고 편리하게 만들어주는 반면 신체활동의 감소로 인한 운동 부족병(hypokinetic disease)을 초래하고 있으며, 또한 칼로리의 과다섭취와 과다한 지방의 축적 경향 비만에 많은 영향을 미치고 있다. 신체활동의 부족은 1960년대 후반부터 성인병 발병률과 이에 의한 사망률의 급격한 증가에 있어 중요한 원인으로 보고되고 있다(Turpeinen, 1979).

비만 해결과 예방적 차원에서 실시하는 운동은 체지방을 효율적으로 감소시킬 수 있는 운동지속시간, 운동강도, 운동빈도 등을 고려하여 처방이 이루어져야 한다(Willmore & Costill, 1988). 운동처방 내용 중에서 강도는 에너지 요구량, 동원되는 에너지 체계, 산소섭취량, 칼로리 소비량 등을 조절하는데 있어 중요한 비중을 차지하고 있다. 운동은 대사과정을 촉진시키는 매개체로 특정한 강도로 운동을 수행할 때 나타나는 대사반응을 안정시 또는 최대운동시와 비교함으로써 운동의 절대적, 상대적 강도의 효과를 알 수 있다.

운동시 사용되는 에너지원은 탄수화물과 지방, 단백질 등이지만 단백질은 운동 에너지원으로 사용되는 비율이 매우 낮으므로 탄수화물과 지방이 주요 에너지원으로 사용된다. 운동시간이 짧고 운동강도가 높은 경우에는 탄수화물이 주 에너지원으로 사용되며, 운동시간이 30분 이상 지속되는 경우에는 지방이 에너지원으로 차지하는 비율은 증가하게 된다(Saltin & Gollnick, 1983). 이와 같은 결과는 그 동안의 많은 연구들이 지구성 운동으로 훈련된 선수들은 낮은 강도 운동시 많은 에너지를 지방의 연소로 얻게 된다는 사실에 근거한 것이다.(Kelin et al., 1994; Holloszy et al., 1998).

미국 스포츠의학회(American College of Sports Medicine: ACSM, 1995)에서는 건강과 심폐기능 유지 및 증진을 위한 운동강도로 최대 산소섭취량의 50 - 60%가 적합한 것으로 발표하였지만, 운동 중 지방을 연소시키는 운동강도 설정에 대한 논의는 지속되고 있으며, 최대지방 연소 운동강도를 설정함에 있어서 현재 개인의 체력수준, 트레이닝의 정도, 운동종목 및 성별에 따른 특성에 대해

연구되고 있다. 비만의 정도에 따른 운동강도를 설정할 경우 총 체중을 통한 상대적인 운동강도 보다는 체지방 체중을 통한 상대적인 운동강도의 제시 방법 또한 연구되어야 할 것으로 사료된다.

이에 본 연구의 목적은 비만여성들을 대상으로 운동시 지방의 연소비율이 최적인 운동강도를 검토하여 효과적인 체지방 연소를 위한 트레이닝 강도 설정에 필요한 자료를 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 과거병력 및 심장질환, 규칙적인 운동경험이 없는 건강한 20대 ~ 50대 여성으로 체지방율이 25 ~ 30%인 10명을 A Group으로 하고, 31 ~ 35%인 10명을 B Group, 36% 이상인 여성 10명을 C Group으로 구분하였다. 이들은 실험에 참가하기 전 실험의 내용과 절차에 대한 설명을 듣고 실험참가 동의서(informed consent form)에 서명하도록 하였다. 본 연구에 참가한 연구 대상자들의 신체적인 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The physical characteristics of subjects

Group	A Group	B Group	C Group
Variables	(N = 10)	(N = 10)	(N = 10)
Age(yrs)	34.9±3.61	36.5±6.69	37.4±5.72
Height(cm)	159.3±5.21	158.7±4.56	158.8±5.43
Weight(kg)	55.0±3.27	63.1±5.12	77.6±6.85
Body fat(%)	27.2±2.46	32.9±2.13	39.8±2.52
Fat-free weight(kg)	39.6±2.69	42.3±3.42	45.2±5.67

Values are means ± SD

## 2. 실험 도구

본 연구에 사용된 실험도구는 <Table 2>와 같다.

Tbale 2. The experimetal equipments and main checking point

Experimental Equipments	Manufactory & Model	Detail Remark
Treadmill	J.A.S(U.S.A), Trackmaster	Control exercise work- load and analysis EKG and heartrate during exercise
Auto gas analyzer	COSMED(Italy)	Gas analysis
%fat analyzer	Indody3.0(Korea)	%fat analysis
Resting Heartrate	A & D(Japan), T.M-2654	Resting heartrate
Height gauge	Shintokyo Denshi(Japan)	Height
Weight gauge	Seuwoo(Korea)	Weight

## 3. 연구방법 및 절차

실험에 참가하는 피험자들은 본 실험 24시간 전부터는 강한 운동을 하지 않도록 유도하고, 실험 전날 저녁식사를 마치고 20시 이후에는 물 이외의 다른 음식을 섭취하지 않도록 하였다.

### 1) 비만도 측정

최대운동검사를 시작하기 전 피험자는 오전 8시까지 실험실에 도착하여 10분간의 안정상태를 유지하면서 안정시 심박수를 측정하고 비만도 측정은 체성분 분석기인 Indody3.0을 이용하여 체지방률(%fat), 체지방량, 체지방 비중(Fat-free weight:이하 FFW로 표기함), 체내 수분량(Total body water), 체내 수분률(Total body water %)등을 측정하였다.

### 2) 최대운동검사

개인별 최대운동 수행력을 평가하기 위해서 트레드밀(Treadmill)과 호흡가스분석기(Cosmed, ITALY)를 이용하여 피험자의 최대 산소섭취량을 측정하였다. 검사를 하기 전에 충분한 스트레칭과 트레드밀에 익숙해지기 위해서 경사도 5%와 3.0 mph속도로 3분간 걷기를 실시하였다. 최대운동중 심박수 측정을 위한 전극은 표준 12지 유도법에

의해 부착하였다.

호흡 가스 분석을 위해서 자동 가스분석기는 실험 1시간 전에 예비 가동을 시키고 정확한 측정을 위해서 가스 분석기 2종류의 표준가스(O<sub>2</sub>10%, CO<sub>2</sub>0%,와 O<sub>2</sub>25%, CO<sub>2</sub>5%)를 통해서 반응도의 직선성을 교정하였으며 3l 공기 주입기(calibration syringe)를 이용하여 가스 용적 측정기 Pneumotachometer의 영점조절을 실시하였다.

모든 호흡 가스 분석은 심박수와 함께 매 30초마다 측정하도록 하였다. 최대 산소섭취량의 결정은 운동강도의 증가에도 불구하고 산소 섭취량이 더 이상 증가하지 않는 고원화 지점과 호흡교환율이 1.10을 초과하였을 때, 그리고 예상 최대 심박수에 도달하였을 때와 같은 3가지 기준 중 2가지 기준에 도달한 시점으로 하였다.

운동부하 방법은 RAMP II(EVER GREEN HOSPITAL) 프로토콜 <Table 3>로 초기에 스피드 2.0mph, 경사도 5%에서 매 2분마다 스피드는 0.5mph, 경사도는 1%씩 증가시키도록 하였다.

Table 3. RAMP II protocol for maximal exercise test

Stage	Time(min)	Speed(mph)	Grade(%)
1	2 : 00	2.0	5.0
2	2 : 00	2.5	6.0
3	2 : 00	3.0	7.0
4	2 : 00	3.5	8.0
5	2 : 00	4.0	9.0
6	2 : 00	4.5	10.0
7	2 : 00	5.0	11.0
8	2 : 00	5.5	12.0
9	2 : 00	6.0	13.0

### 3) 지방연소를 위한 운동강도 결정

지방연소를 위한 운동강도 결정은 RAMP II 프로토콜의 각 부하단계에서 항정상태를 대사변인의 변화율 3 - 5% 이내 수준으로 정하고 지방연소를 위한 최적운동강도는 호흡교환율과 Lusk Table(Table 4)을 이용하여 산소 섭취량을 분당 지방연소량(fat kilocalories per minute:F kcal)으로 매 1분 단위로 변환하여 최고치를 나타낼 때의 운동강도로 결정하였다.

Table 4. The lusk table.

Nonprotein RQ	Cal per O2 l l	Carbohydrate	Fat
0.707	4.686	0.0	100.0
0.75	4.739	14.7	85.3
0.80	4.801	31.7	68.3
0.85	4.862	48.8	51.2
0.90	4.924	65.9	34.1
0.95	4.985	82.9	17.1
1.00	5.047	100.0	0.0

### 5. 자료처리방법

본 연구의 결과 자료 분석을 위한 자료처리 방법은 PC 용 SPSS statistical software(SPSS Sta software Inc.)를 사용하여 그룹간의 최대지방연소를 나타내는 운동강도 심박수, 호흡교환율, 산소 섭취량, 열량소비량, 지방 연소량을 일원변량분석(Independent-One Way ANOVA)을 통하여 검증하였으며, 그룹간에 유의한 차이를 나타냈을 경우에는 Bonferroni 방법으로 사후검증 하였으며 유의도 수준은  $p < .05$ 수준으로 설정하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 지방 연소량과 생리적인 변인들과의 상관관계

지방 연소량에 영향을 줄 수 있는 체지방률(% fat)과 제지방체중(FFW:fat free weight), 지방연소 운동강도(FOMEI: fat oxidation for maximal exercise intensity)등의 생리적인 변인들과의 상관관계는 <Table 5>에서 보는 바와 같다.

지방 연소량과 최적 운동강도에서의 생리적인 변인들의 상관관계의 결과는 제지방 체중( $r = .396$ ), 산소섭취량( $r = .569$ ), 호흡교환율( $r = -.673$ )과 유의한 상관관계를 보였다.

Table 5. Correlation between fat oxidation for maximal exercise intensity and physiological variables

	%fat	F.F.W	F.O.M.E.I		
			VO <sup>2</sup>	R	HR
Pearson					
Fat oxidation Correlation	.282	.396	.569	-.673	.022
Sig(2-tailed)	.132	.030	.001	.000	.910

### 2. 지방연소를 위한 최적 운동 강도시 생리적인 변인

세 그룹간의 지방연소를 위한 운동 강도시 산소 섭취량, 심박수, 호흡교환율, 지방 연소량, 열량소비량 등의 차이는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 나타났으며, 각 변인의 세 그룹간에 유의한 차이는 보이지 않았다.

Table 6. The comparison of relative VO<sub>2</sub>max, HR, RER, Fat Oxidation, Energy Consumptionfor maximal exercise intensity.

Variables	Item Group	N	means	SD	F-value
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	A Group	10	16.50	4.28	1.032
	B Group	10	15.23	2.87	
	C Group	10	15.07	1.89	
HR (beats/min)	A Group	10	115.2	16.58	.358
	B Group	10	114.8	13.29	
	C Group	10	116.4	10.21	
RER (Cal/min)	A Group	10	.76	0.022	.471
	B Group	10	.78	0.018	
	C Group	10	.77	0.020	
Fat Oxi (Cal/min)	A Group	10	3.57	1.53	.732
	B Group	10	3.48	1.24	
	C Group	10	4.28	0.95	
Energy Con (Cal/min)	A Group	10	4.62	1.28	2.879
	B Group	10	4.49	0.86	
	C Group	10	5.58	0.54	

비만도가 낮은 A Group 의 산소 섭취량이 가장 높은 값을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 또한 지방 연소를 위한 운동 강도시 호흡교환율에는 그룹간에 차이

가 없는 것으로 제시되었지만, 세 그룹의 평균이 .77로 Lusk Table의 지방 연소량 비율로 환산하면 이때의 에너지 소비량의 77.2%가 지방 연소에 의한 것이다. 그러나 세 그룹에 산소 섭취량의 차이가 없으므로 결과적으로 지방 대사에 차이가 없는 것으로 나타났다고 사료된다. 이러한 사실은 폐 수준에서 산소 섭취량과 이산화탄소 배출량을 이용한 호흡교환율은 연료의 연소 이외에 과환기나 인체 완충작용에 의해 영향을 받기 때문에 강하고 비지속적인 운동시에는 에너지 연소비율을 정확하게 반영하지 못하고, 따라서 호흡교환율의 적용은 보통 최대하의 지속적인 운동시로 제한하는 것이 바람직하다(김성, 정일규, 1997)의 근거를 뒷받침하는 것으로 사료된다.

또한, 비만정도에 따라 지방 연소량과 열량소비량에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이것은 마주연(1999)의 연구 결과와 비교해 세 그룹이 상대적으로 낮음을 보여주고 있으며, 이용수(1998)의 결과와 비교하면 본 연구의 피험자들은 트레이닝 되지 않아 체력수준이 낮기 때문에 지방 연소량이 낮은 것으로 사료된다.

### 3. 상대적인 최대 산소섭취량(FFW & BW)

산소 섭취량을 FFW와 체중[body weight; 이하 BW로 표기함]으로 나눈 상대적인 최대산소섭취량의 비교는 <Table 7>에서 보는바와 같다.

비만도에 따른 체중 1kg당 최대 산소섭취량은 A Group (32.9±4.9 ml/kg/min), B Group (30.2±2.8 ml/kg/min), C Group (26.1±3.4 ml/kg/min)의 순으로 그룹간에 유의한 차이(p<.05)를 보였으며, 사후검증 결과 C Group 과 A Group 및 B Group 간에 유의한 차이(p<.05)를 보였으나 A Group 과 B Group 은 유의한 차이를 보이지 않았다. 제 지방 체중으로 나눈 최대 산소섭취량은 A Group (44.6±6.7 ml/kg/min), B Group (44.1±4.9 ml/kg/min), C Group (40.9±5.2 ml/kg/min)의 순으로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 7. The comparison of relative maximal oxygen uptake by body weight and fat-free weight

Unit: ml/kg/min

Group	Item	VO <sub>2</sub> max				
		N	BW	post-hoc	FFW	post-hoc
A Group	10		32.9±4.7	A	44.6±6.7	A
B Group	10		30.2±2.8	A	44.1±4.9	A
C Group	10		26.1±3.4	B	40.9±5.2	A
F- value			8.42**		1.24	

Values are means±SD

A : nonsignificant difference with each group

B : significant difference with A group B group

비만 정도에 따른 체중 당 최대 산소섭취량은 세 그룹간에 유의한 차이를 보였지만(p<.05), 제 지방 체중 당 최대 산소섭취량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 세 그룹간에 체지방은 유의한 차이를 보였지만 제지방량은 유의한 차이를 보이지 않았으며, 제 지방 체중 당 최대 산소섭취량은 비만도가 가장 높은 C Group 이 40.9ml/kg/min으로 가장 낮았는데 이는 제 지방 체중이 45.2kg으로 가장 높았기 때문이다. 이러한 결과는 비만 여성들의 체중당 최대 산소섭취량이 낮았다는(Farrell et al, 1985) 결과와는 일치하였지만, 제 지방 체중 당 최대 산소섭취량은 상반된 결과를 보였다.

### 4. 지방연소를 위한 최적 운동 강도시 %VO<sub>2</sub>max

비만도에 따른 세 그룹의 지방연소를 위한 운동강도시의 상대적인 %VO<sub>2</sub>max는 <Table 8>에서 보는 바와 같이 C Group (61.1±4.39%), A Group (52.19±10.12%), B Group (49.86±5.85%)의 순으로 나타나 그룹간에 유의한 차이(p<.05)를 보였으며, 사후검증의 결과 C Group 은 A Group 및 B Group과 유의한 차이(p<.05)를 보였지만 A Group 과 B Group 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 8. The comparison of relative maximal oxygen uptake in maximal fat oxidation intensity.  
Unit: %

Item	Group	N	means	SD	F-value	post-hoc
A	Group	10	52.19	10.12	6.243*	A
B	Group	10	49.86	5.85		A
C	Group	10	61.10	4.39		B

A : nonsignificant difference with each group

B : significant difference with A group B group

비만의 정도에 따른 최대지방연소 운동 강도시 산소 섭취량(%VO2max)은 C Group 이 61.1±4.39%로 유의하게 (p<.05) 높았다. 그러나 최대 산소섭취량은 A Group 이 32.9±4.7 ml/kg/min로 유의하게 (p<.05) 높아 최대 산소섭취량과 최대지방 연소 운동강도시의 상대적인 최대 산소값이 일치하게 높은 것으로 나타나지 않았다.

#### IV. 고 찰

현대 사회는 직업환경의 편의, 자동화의 등의 추세로 신체 활동이 감소되고 그에 비하여 섭취하는 칼로리는 증가하여 자연히 비만상태의 사람이 증가하고 있는 추세이다. 연령의 증가와 함께 체중이 증가하는데 체중이 약 0.45kg 증가할 때 혈관의 길이는 약 8km 정도 연장되는 현상이 나타나기 때문에 심장의 부담이 그만큼 커지고, 여러 가지 질병의 병인은 물론이며 수명을 단축하는 결과를 초래하게 된다. 신장과 체중을 기준으로 판단하는 과체중은 비만상태를 간접적으로 나타내지만, 그것만으로 정확하게 비만 여부를 판단할 수는 없다.따라서 단순히 상대적인 체중만으로는 비만이라고 판단할 수 없고, 보다 정확한 비만 여부는 체지방률을 기준으로 판정한다.(이계영, 1998) 비만 해결과 예방적 차원에서 실시하는 운동은 체지방을 효율적으로 감소시킬 수 있는 운동지속시간, 운동강도, 운동빈도 등을 고려하여 처방이 이루어져야 한다(Willmore & Costill, 1988)는 선행 논문의 기초하에 본 연구에서는 비만 여성들을 대상으로 운동시 지방의 연소비율이 최적인 운동강도를 검토하여 효과적인 체지방 연소를 위한 트레이닝 강도 설정에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

최대 산소섭취량의 비율을 통한 최대지방연소 운동강도

의 결과는 낮은 강도의 운동이 최대지방연소 운동강도로 설정되어야 함을 제시하고 있으며, 최대 지방연소 운동강도 설정의 연구에서 남자는 42.3±9.1% 여자는 42.7±5.1%의 결과와 비슷하였고(이용수, 1998), 최대 산소섭취량의 수준에 따른 최대지방연소 운동강도 설정에 대한 연구의 결과(마주연, 1999)와 비교 될 수 있다. C Group 의 지방연소를 위한 운동강도시의 최대 산소섭취량의 상대값이 가장 높았던 이유는 상대적으로 체력수준이 너무 낮음으로 인하여 최대 산소섭취량도 낮아 최대 산소섭취량의 상대값이 높아진 것으로 사료된다. 최대 산소섭취량의 25%의 강도에서 운동을 하는 경우 거의 모든 에너지원이 지방을 통해서 이루어졌다고 보고하였으며(Romijn et al, 1983), 최대 산소섭취량의 65%에서 운동을 하는 동안 지방산은 에너지 소비의 50%를 차지하지만, 전체적인 에너지 소비량은 훨씬 크다고 제시하였다.

위의 결과를 통하여 C Group(비만도 36%이상)의 지방연소를 위한 최적 운동강도시의 상대적인 강도가 유의하게 높게 나타나 고도 비만자의 체 지방 감소를 위한 유산소성 운동 강도는 약 60%VO2max가 타당한 것으로 사료된다.

#### V. 결 론

효율적인 지방연소를 통한 비만해소 운동강도 설정에 필요한 기초자료제공을 위해 규칙적인 운동에 참여하지 않은 30~40대의 비만 여성을 대상으로 Ever Green Hospital 의 RAMP II 프로토콜을 이용한 최대운동검사를 실시하고 지방연소를 위한 최적운동강도시 생리적인 변인들의 관계를 비만도가 25~36%이상인 대상자를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 지방연소를 위한 최적운동시 지방연소량과 체지방체중(r=.395), 산소섭취량(r=.571), 호흡교환율(r=-.681)은 유의한 상관관계를 나타냈다.
2. 지방연소를 위한 최적운동강도시 세 그룹간에 산소섭취량, 심박수, 호흡교환율, 지방연소량, 열량소비량은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 지방연소를 위한 최적운동강도시 %VO<sub>2</sub>max는 세 그룹간에 유의한 차이를 보였으며, 사후검증 결과 C Group은 A, B Group 과 유의한 차이를 보였지만 ( $p < .05$ ), B Group 과 A Group 은 유의하지 않았다.

Willmore, J. H. and Costill, D. L. : Training for sports and activity. The physiological Basis of the conditioning process, 3rd Ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1988.

### 참 고 문 헌

- 김성수, 정일규 : 운동생리학. 대경출판사, 1995.
- 마주연 : 최대 산소섭취량 수준에 따른 최대지방연소 운동강도와 EPOC의 비교. 세종대학교 체육학과 석사학위논문, 1999.
- 이계영 : 건강과 체력. 학문사, 1998.
- 이용수 : 최대지방연소 운동강도 결정 및 평가. 한국운동과학학회, 1998.
- American College of Sports Medicine : ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 97-120, 1995.
- Farrell, P. A., Gustafson, A. B., and Kalkhoff, R. K. : Assessment of methods for assigning treadmill exercise workloads for lean and obese women. Int. J. Obes., 9(1):49 - 58, 1985.
- Holloszy, J. O., Kohrt WM, Hansen PA : The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. J. Sports. Physiology. 15(3):011-27, 1998.
- Kelin, S., Coyle, E. F., and Wolfe, R. R. : Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained. Am. J. Physiol., 267 : 934-40, 1994.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A. Hrowitz, J. F., Endert, E. and Wolfe., R. R. : Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity. Am. J. Physiol., 265 : 380-91, 1993.
- Saltin, B. and Gollnick, P. D. : Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. Handbook of physiology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1983.
- Turpeinen, O., : Effect of cholesterol lowering diet on mortality from coronary heart disease and other causes, Circulation, 59 : 1, 1979.