

현대인의 건강을 위한 운동과 영양

한국노인건강연구소
임 기 원

I. 서론

동물은 먹이를 찾는 활동을 통하여 영양을 섭취하는 것이 일반적이며 먹이를 찾는 활동이 불가능하다면 생태계에서 자연도태 되게 된다. 따라서 동물의 세계에 있어서의 활동성은 생명을 유지하는 기본적 조건으로 인류도 오랜 역사 중에서 신체활동을 통해서 식품을 생산해 왔으며 산업사회가 시작되는 18세기까지도 이와 같은 생활은 계속되어왔다. 우리나라에서도 사회적 특수 계층을 제외한 일반 서민의 생활의 대부분은 농업 등의 1차 산업에 종사하고 일일 활동량은 인체의 건강을 유지하기에 충분한 수준이었다. 그러나, 기계화와 지식화를 통하여 신체활동을 동반하지 않는 노동의 종류가 증가하였고, 고부가가치 산업의 비중이 높아지면서 소득은 증가되고 식품의 가격은 상대적으로 낮아져 식생활의 양적 발전을 가져다주었다. 이러한 신체활동의 저하와 영양섭취의 양적 증가라는 생활양식변화는 건강을 위협하는 새로운 문제로 대두되었고 가장 일반적인 예로서 에너지대사 불균형에 의한 단순 비만의 증가로 나타났다.

세계보건기구에서 규정한 건강의 개념은 “신체적, 정신적 및 사회적으로 완전히 양호한 상태로써 단순히 질병과 결함이 없는 상태는 아니다”이며 최근에도 보편적인 건강의 개념으로 받아들여지고 있다. 따라서, 건강은 질병에 걸려있지 않다던가 신체적 이상이 없다는 등의 소극적 개념이 아니라 활발한 신체, 정신상태 및 사회적 인간관계를 포함하는 적극적 개념이 필요하다.

운동·영양·휴식을 건강을 유지하기 위한 3대요소로 규정하고 있다. 본 논문에서는 우리나라 국민의 “생활양식 변화에 따른 건강”중에서 건강에 미치는 운동의 의미와 영양대사에 미치는 운동의 효과에 대하여 포괄적인 리뷰를 하고자 한다.

II. 본론

1. 생활양식 변화와 운동

1) 우리나라 평균수명의 증가

산업의 발달, 의기술의 발전, 의료보험 등의 사회복지제도의 정착으로 우리나라 사람의 평균수명은 1971년에 62.3세에 비하여 1997년에는 74.4세로 증가되었다<표 1>. 우리나라의 평균수명은 세계최장수국인 일본의 81세에 비해서는 낮은 수준이나, 중국, 동남아 국가에 비해서는 3-5년 정도 긴 수준이다. 한편 남녀 평균수명의 성차는 1971년 7.1세에서 1997년 7.5세로 큰 변화는 없었으나, 여전히 여성에 비하여 남성의 수명이 짧은 것으로 나타나 있으나, 이 원인은 교통사고, 음주 및 흡연에 의한 사망이 여성보다 남성이 많기 때문으로 알려져 있다.

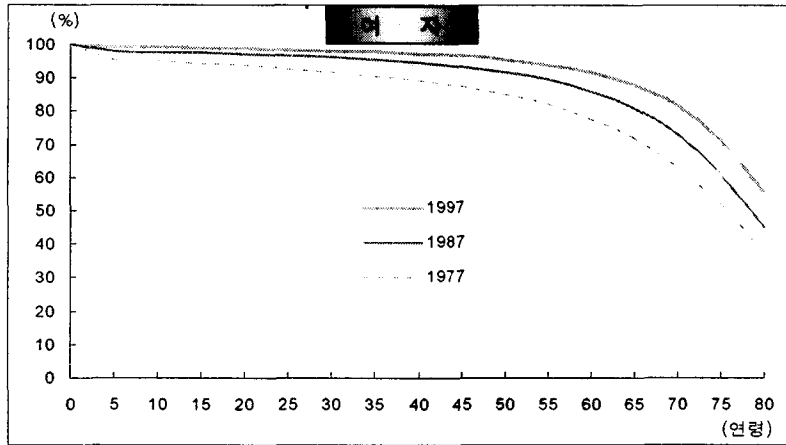
<표 1> 우리나라 인구의 평균수명

(단위: 년)

성별	1971년	1981년	1991년	1995년	1997년
남	59.0	62.3	67.7	69.6	70.6
여	66.1	70.5	75.9	77.4	78.1
평균	62.3	66.2	71.7	73.5	74.4

(통계청, 세계 및 한국의 인구현황, 2000)

한편, 남성의 연령별 생존율은 지난 20년 간 증가하였고, 생존율이 80%에 이르는 연령층은 1977년에 약 50세에 비하여 1997년에는 약 60세로 10년 정도 증가하는 추세를 보였다.



<그림 1> 남녀 연령별 생존율의 변화

여성의 경우에 있어서는 생존율이 80%에 해당하는 연령이 1977년 약 55세에 비하여 1997년에는 약 70세로 비약적으로 증가하였다. 그러나 평균수명의 증가만으로 국민의 건강생활이 증진되었다고 하기에는 곤란한 점이 많다. 왜냐하면 평균수명이라는 양적 증가는 건강지표로서 긍정적인 측면이 있으나, 성인병(생활양식관련 질병; life style related disease)도 증가되어 발병 후 사망이 이르는 기간이 증대되어, 평균수명의 증가만큼 노후의 삶의 질(QOL; quality of life)도 개선된다고는 할 수 없기 때문이다. 따라서, 인간의 활동능력을 사망이 이르는 단계까지 높게 유지하는 것이 개인의 QOL를 증대시키는 것이 중요하다고 하겠다.

2) 우리나라 국민의 사망원인

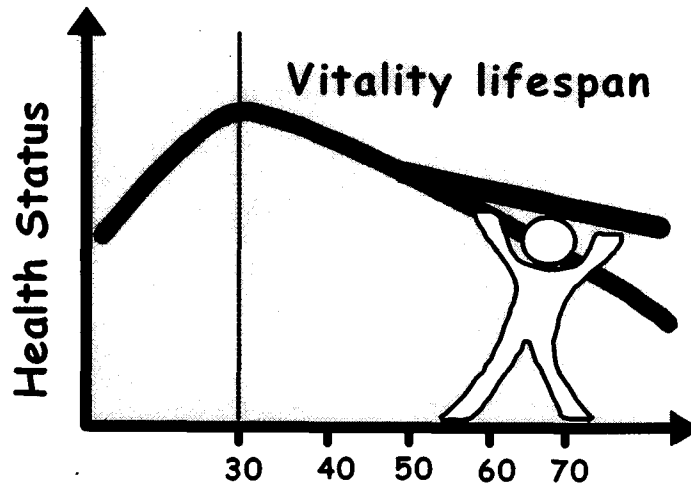
<표 2> 특정사인에 의한 연령별 사망확률 (단위 : %)

사망원인	남 자					여 자				
	0	1	15	45	65	0	1	15	45	65
감염성 및 기생충성 질환	2.35	2.33	2.34	2.33	2.20	1.24	1.22	1.21	1.17	1.11
결핵	1.79	1.80	1.81	1.81	1.73	0.71	0.72	0.72	0.68	0.64
악성 신생물	22.82	22.97	23.05	23.64	20.55	12.81	12.89	12.89	12.54	10.26
위암	5.32	5.36	5.39	5.56	5.01	3.06	3.08	3.09	3.00	2.60
간암	4.28	4.31	4.34	4.34	2.85	1.54	1.55	1.56	1.55	1.17
폐암	5.36	5.40	5.43	5.69	5.43	1.91	1.92	1.93	1.93	1.71
내분비, 영양 및 대사 질환	3.44	3.46	3.48	3.58	3.32	3.86	3.88	3.90	3.94	3.77
당뇨병	3.24	3.26	3.28	3.38	3.12	3.53	3.55	3.57	3.62	3.44
순환기계 질환	23.19	23.34	23.46	24.28	25.22	26.62	26.78	26.87	27.23	27.11
뇌혈관 질환	14.32	14.42	14.50	15.15	16.10	16.34	16.44	16.51	16.77	16.64
고혈압성 질환	1.84	1.85	1.86	1.96	2.13	2.52	2.54	2.55	2.60	2.63
심장 질환	6.51	6.54	6.56	6.63	6.41	7.34	7.37	7.38	7.43	7.44
호흡기계 질환	6.38	6.38	6.39	6.71	7.68	5.09	5.09	5.08	5.16	5.43
폐렴	1.24	1.23	1.23	1.28	1.46	1.01	1.00	0.99	1.01	1.05
소화기계 질환	6.56	6.60	6.63	6.35	4.41	3.38	3.40	3.41	3.39	3.06
간 질환	4.82	4.86	4.88	4.56	2.52	1.54	1.54	1.55	1.50	1.11
사망의 외인	9.33	9.31	9.02	6.44	4.13	4.52	4.45	4.26	3.45	2.69
운수 사고	4.35	4.36	4.21	2.91	1.82	2.06	2.06	1.95	1.64	1.21
자살	1.64	1.65	1.65	1.17	0.75	0.79	0.79	0.78	0.52	0.38

(통계청, 생명표 작성결과, 1999)

<표 3>은 1997년에 태어난 사람의 항목별 사망확률을 연령별로 나타낸 결과이다. 통계자료는 없으나, 1900대 초반에는 결핵 등과 같은 감염성 질환으로 인한 사망비율이 높았으나, 최근에는 연령과 관계없이 우리나라 국민의 사망원인 중 가장 큰 비율을 차지하는 순환기계 질환으로 전체 사망원인의 25%에 이르고 있으며, 다음으로는 암이 20%대에 차지하고 있다. 따라서 사망원인 측면에서 우리나라 국민 건강의 최대과제는 순환계 질환 및 암의 예방이라고 할 수 있다. 이러한 질환은 감염성 질환과는 다르게 유전 등의 선천성 인자도 중요하지만 아동기, 청년기부터의 식생활과 신체활동습관 즉, 생활양식(life style)이 장기간에 걸쳐 영향을 미치고 이러한 결과가 노년기에 들어서 발병으로 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서, 병원미생물의 근절, 발병경로의 차단, 예방백신의 개발 등과 같은 감염성 질환 대책과는 다르게 생활양식과 관련된 질환의 대책은 연령별로 life style 개선 지도를 기본으로 하는 대책이 중요하다고 할 수 있다.

인간의 신체적/정신적 건강상태는 30세를 기준으로 최대치에 도달하며 그 이후 노화가 진행됨에 따라 건강상태는 저하하게 된다. 건강상태의 저하속도는 여러 인자에 의해 가속되거나 또는 늦추어질 수 있다.



<그림 2> 노화의 진행과 건강상태

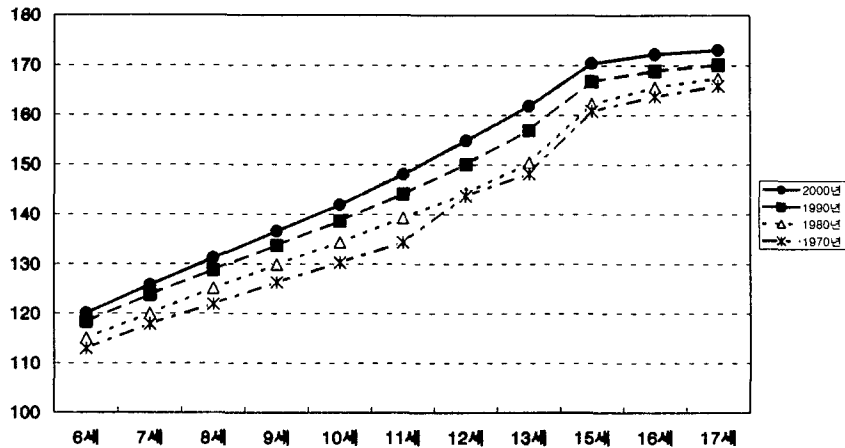
건강을 증진한다는 것은 <그림 2>의 노화에 따르는 건강상태의 저하를 막는 것이 중요한 요소이며 이러한 인자는 <표 3>에서 나타낸 바와 같은 생활습관의 바람직한 조절에 의해 예방될 수 있다.

<표 3> 노화와 관련되는 생활습관 인자

노화관련 생활습관인자
흡연
운동습관
영양상태
수면(휴식)
비만(체지방분포)
스트레스

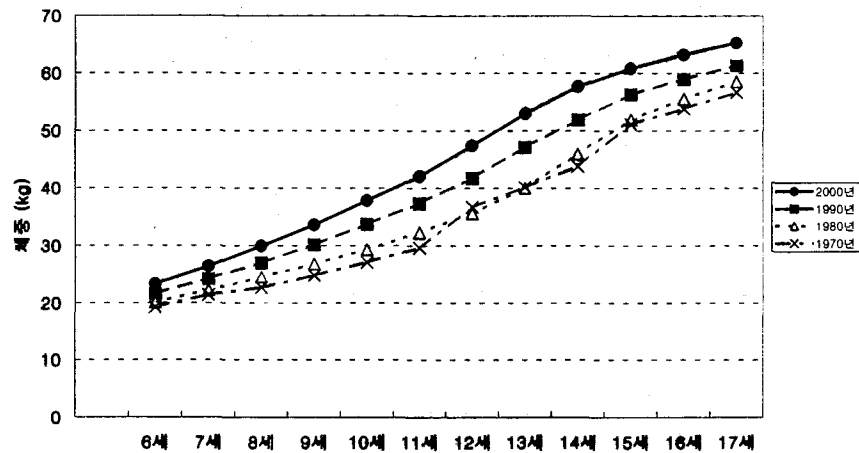
경제발전애 따르는 체격지수는 매우 개선된 것으로 나타나 있다. 영양공급의 양적/질적 수준의 향상으로 인하여 <그림 3>에서 나타난 바와 같이 초·중·고교생의 신장은 1970년 초등학교 6학년생 남학생이 134.4cm에 비하여 2000년에는 148.1cm로 30년 간 13.7cm나 증가하였으며, 같은 기간의 체중은 29.6kg에서 42.0kg으로 증가하여 30년 간 초등학교 6학년생의 평균체중은 12.4kg 증가하였다<그림 4>.

이러한 현상은 고등학교 3학년까지 동일하여 지난 30년 간 우리나라 청소년의 체격은 영양공급의 양과 질적 수준의 제고로 인하여 팔복할 만한 성장을 나타내었다.



<그림 3> 초·중·고교생의 30년간 신장의 변화

그러나, 체력에 있어서는 체격만큼 성장하지 못하고 오히려 과거보다 초·중·고생의 체력이 약화되는 경향을 나타내고 있다. 예를 들어, 순발력과 근력의 지표가 되는 제자리멀리뛰기의 경우에는 1990년 초등학교 6학년 남학생의 경우, 179.5cm인데 반하여 2000년에는 167.1cm로 무려 12.4cm가 줄어드는 결과를 나타내었다<그림 5>. 이것은 지난 10년간에 우리나라 초등학교생의 순발력이 6.9%나 감소한 것을 의미한다. 뿐만 아니라, 같은 연령에서 지구력을 나타내는 1000m달리기의 경우에는 1999년에 5분 29초인데 비하여 2000년에는 5분44초로 1년간에 15초가 늦어지는 등 순발력뿐만 아니라 지구력도 매년 감소하는 결과를 나타내고 있다.

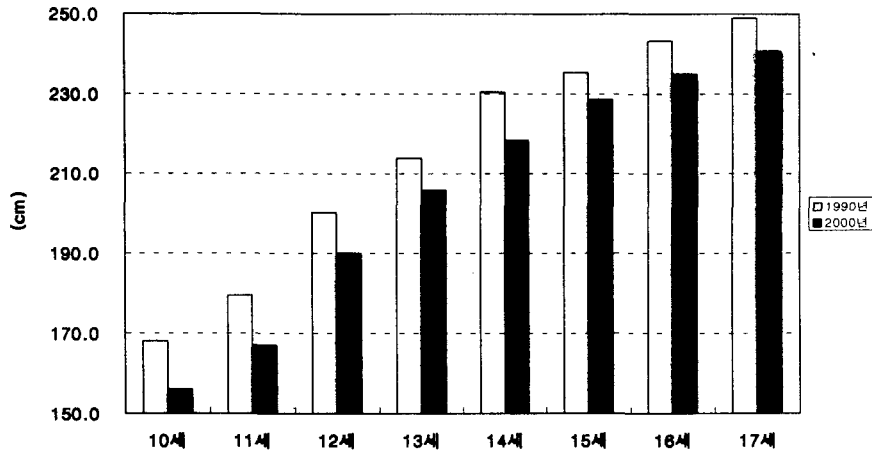


<그림 4> 초·중·고교생의 30년간 체중의 변화

이와 같은 체격의 개선과 체력의 저하는 청소년기의 건강에는 커다란 영향을 미치지 않는 경우도 있으나, 이들 세대가 중년기에 들어가면 현재보다 생활습관과 관련되는 질환이 증가할 가능성을 시사하고 있어, 미래 우리 국민의 건강교육은 영양은 물론 운동과학에 대한 많은 교육을 시켜야할 필요가 있으며 이를 위한 교육은 학교체육뿐만 아니라, 보건교육, 영양교육 등에서도 운동의 필요성, 운동방법 등을 보다 적극적으로 교육하여야 할 것이다.

3) 우리나라 국민의 운동참여율 및 운동참여시간

우리나라 성인의 체력수준을 장기간에 걸쳐 조사한 본격적인 연구보고서는 아직 없다. 따라서 우리나라 성인의 체력수준을 간접적으로 확인할 수 있는 방법은 실제 규칙적 운동에 참여하는 비율 및 운동시간으로 추정할 수 있다. 운동습관은 건강을 위한 매우 중요한 인자임에도 불구하고, 우리나라 여성의 16.5%, 남성의



<그림 5> 우리나라 학생의 체자리 높이뛰기 기록 변화 추이

29.1%만 규칙적으로 운동을 하고 있는 것으로 나타나 여성보다 남성이 운동참여비율이 더 높았고 평균 소요 시간도 남성은 1시간 15분, 여성은 1시간 10분으로 남성의 운동시간이 많은 것으로 보고되고 있다<표 4>.

한편, 연령별 운동 참여비율은 20대와 30대에서 각각 17.3%, 17.9%로서 60대 이상의 35.1%, 50대의 27.6%, 10대의 22.2%에 비하여 낮게 나타나, 사회적/경제적 활동량이 많은 연령대가 운동참여비율이 낮은 것으로 나타났다.

각 연령대에서 상대적으로 가장 빈번히 하는 운동은 10대에서 농구, 축구, 롤러 브레이드 등의 게임성 운동(그 외 스포츠), 20-40대에 걸쳐서는 수영, 헬스, 에어로빅, 요가 등의 체력단련을 위한 개인운동, 50대와 60대에서는 걷기와 산책으로 나타나서 연령별로 참여하는 운동종목에 차이가 있어, 10대 청소년의 경우는, 친구들과의 운동게임을 즐기며, 20-40대의 경우에는 헬스, 수영장 등 운동시설을 이용하여 운동하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 그러나, 50-60대의 경우에는 운동강도가 낮으며 운동시간이 길고 운동에 추가적인 경제적 부담이 없는 운동종목을 선택하는 것으로 나타나, 시간적 경제적인 요인이 운동참여 종목에 차이를 나타내는 중요한 인자로 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다.

<표 4> 우리나라 국민의 운동참여율 및 운동 평균시간

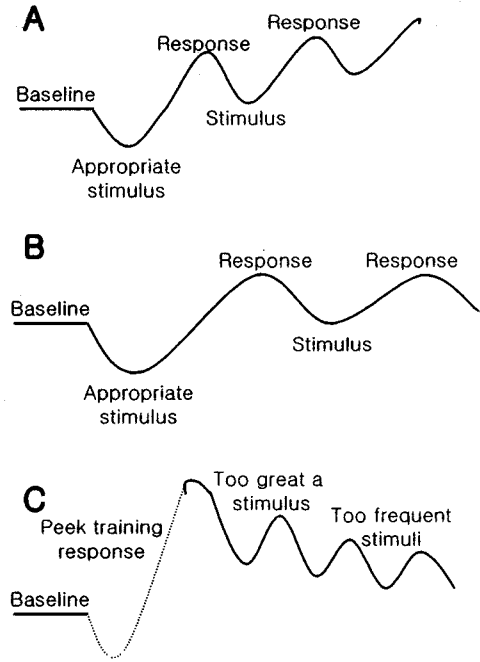
단위(% , 시간:분)

	전체	성별		연령별						학력별				
		남자	여자	10대	20대	30대	40대	50대	60대 이상	초졸	중졸	고졸	대졸이상	
행위자 비율	체력단련	22.8	29.1	16.5	22.2	17.3	17.9	21.7	27.6	35.1	23.8	21.5	20.9	27.1
	걷기,산책	9.9	11.3	8.5	3.0	5.8	6.9	8.9	15.1	25.7	17.5	10.9	8.7	11.1
	등산,하이킹	2.3	2.7	1.9	0.7	0.6	1.4	2.9	5.4	4.8	2.9	3.7	2.4	2.7
	체력단련을 위한 개인운동	7.9	9.4	6.4	5.5	7.8	7.3	9.3	9.6	8.6	5.4	7.8	8.8	11.5
	그외 스포츠	5.2	9.3	1.17	15.0	4.6	3.9	2.8	1.3	1.0	0.5	1.7	3.4	5.1
행위자 평균 시간	체력단련	1:13	1:15	1:10	1:04	1:09	1:09	1:15	1:17	1:24	1:17	1:17	1:16	1:13
	걷기,산책	1:04	1:07	1:00	0:44	0:53	0:57	0:59	1:05	1:15	1:12	1:06	1:03	0:57
	등산,하이킹	1:45	1:46	1:42	1:06	1:26	1:34	1:50	1:50	1:47	1:36	1:43	1:47	1:55
	체력단련을 위한 개인운동	0:49	0:45	0:54	0:47	0:53	0:52	0:51	0:43	0:44	0:44	0:48	0:51	0:50
	그외 스포츠	1:18	1:18	1:18	1:07	1:27	1:24	1:43	1:40	1:52	1:40	1:31	1:36	1:27

(통계청, 1999년 생활시간조사에 나타난 국민의 생활 모습, 2000)

2. 운동의 효과

인체는 활동을 하는 생체로서 마치 자동차에 비유될 수 있다. 자동차는 휘발유라는 화학적 에너지를 엔진에서 산화시켜서 기계적 에너지로 변환하여 동력을 생산한다. 인체도 영양소라는 화학적 에너지를 호흡순환계를 통하여 공급된 산소를 이용하여 근육에서 산화하여 기계적 에너지를 생산하고 이를 유산소 에너지시스템이라고 한다(aerobic energy system 또는 oxidative energy system). 예외적으로 산소 공급을 동반하지 않는 무산소 에너지시스템(anaerobic energy system)도 있다. 일반적으로 운동과 트레이닝이 구별없이 사용되고 있으나, 운동은 1회의 비연속적인 신체 움직임을 포함하고 신체 트레이닝이란 주기적/연속적으로 운동을 하는 것을 의미한다. 따라서, 일반적인 운동의 효과라고 하는 것은 신체 트레이닝 효과를 의미한다. <그림 6>에는 자극에 대한 인체의 반응을 모식도로 나타내었다. 인체는 자극이 있으면 그 자극에 반응하여 인체를 유지하려는 항상성(homeostasis)이 작동한다. 이러한 자극이 반복되면 인체는 자극에 비례하여 반응의 축적되고 이 반응의 축적은 운동의 경우에는 트레이닝의 효과로 인체에 나타나게 된다<그림 6A>. 그러나, 자극의 크기가 너무 작거나 반복되는 회수가 적을 때에는 인체에 축적되는 트레이닝의 효과는 기대할 수 없으며<그림 6B>, 또한 자극에 대한 반응이 최대치에 도달하였음에도 불구하고 자극의 회수가 너무 많으면 반응은 오히려 적어져 트레이닝의 효과가 반감되는 경우도 있다. 따라서 운동 트레이닝은 운동의 강도(exercise intensity)와 운동의 회수(exercise frequency)에 의해서 결정된다고 해도 과언은 아니다. 본 논문에서도 이러한 점을 중심으로 하여 트레이닝 효과에 대해서 기술하기로 한다.



<그림 6> 자극에 대한 인체의 반응.

- A: 자극의 크기가 적당한 경우,
- B: 자극의 빈도가 너무 적은 경우,
- C: 자극의 빈도가 너무 많은 경우.

운동은 심폐기능, 근골격계, 내분비계 및 심리적인 측면에서 인체에 긍정적인 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 운동의 대표적인 효과는 <표 5>에 정리하였다.

운동이 심폐기능에 미치는 영향은 심장의 1회 심박출량(stroke volume; SV)이 증가되며, 안정시 심박수를 감소시킨다. 또한, 혈관의 탄력이 증대되고 모세혈관 신생이 증대되며 혈중 HDL-콜레스테롤 농도를 증가시켜 혈압을 감소시키는 효과가 있다.

운동은 골격근의 근육량을 증대시키며 근육내 모세혈관의 발달, 근세포내의 미토콘드리아 밀도의 증가, 근육활동의 효율성의 증대, 인대, 건 및 관절의 가동범위를 증대시키는 등의 효과가 있으며 결과적으로는 전신 지구력의 지표가 되는 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake; VO_2max)의 증대를 가져오게 된다.

최대산소섭취량을 구성하는 요소를 수식으로 표현하면 다음과 같다. 최대심박수는 트레이닝에 의해서 거의 영향을 받지 않으므로, cardiac output에 대한 운동의 효과는 SV에 영향을 미친다.

$$VO_2max = (\text{Cardiac output})_{max} \times (SaO_2 - SvO_2)$$

$$= HR_{max} \times SV \times (SaO_2 - SvO_2)$$

HR_{max} = maximal heart rate
 SV = stroke volume
 SaO₂ = arterial oxygen saturation
 SvO₂ = venous oxygen saturation

<표 5> 운동의 효과

The benefits of physical training	Target organ
1. ▲ Cardiac output 2. ▽ Resting heart rate 3. ▽ Blood pressure 4. ▲ HDL ("good") cholesterol 5. ▽ Risk of heart disease & stroke 6. Improved vascularization	Cardiovascular system
7. ▲ Maximal oxygen uptake 8. ▲ Capillary density of muscle	Cardiovascular & skeletal muscular system
9. ▲ Muscle mass 10. ▲ Mitochondrial density of muscle 11. ▲ Muscle strength 12. Improved efficiency of Muscle 13. Improved structure & function of ligaments, tendons & joints	Skeletal muscular system
14. Counteracts osteoporosis 15. Counteracts obesity	Body composition
16. ▲ Endorphins 17. Improved Blood Sugar Control	Endocrinal system
18. ▲ Self-esteem	Psychological response

(Austrand, ASCM, 1993)

최대산소섭취량은 인체가 흡수할 수 있는 산소의 최대량을 의미하며 이것은 심폐기능 뿐 만 아니라 골격근 등의 발달정도에도 영향을 받는다. 예를 들어, 동맥혈액내의 산소포화도와 정맥혈액내의 산소포화도와의 차이가 근육에서 소비되는 산소이므로 트레이닝은 이 동정맥혈 산소농도 차이를 증대시킨다. 특히 정맥혈내의 산소포화도는 근육량, 근육내 모세혈관의 발달, 근세포내의 산화계 효소활성 및 미토콘드리아의 밀도와 밀접한 관계를 갖고 있어, 최대산소섭취량 증가에 근육의 양 및 활성도 상당히 영향을 미친다고 할 수 있다.

1) 에너지 생산계

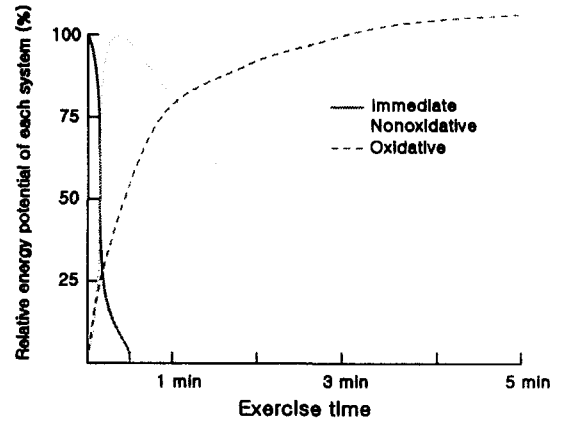
운동중의 에너지생산은 <그림 7>에 나타낸 바와 같이 운동초기에는 근육에 저장되어 있는 ATP 또는 creatine과 결합되어 있는 ATP가 근육의 수축운동에 동원되지만 저장되어 있는 ATP는 매우 소량이기 때문에 최대운동시 30초 이내에 고갈된다. 그 이후에는 포도당이 무산소적으로 분해되어 2개의 ATP와 2개의 젖산으로 분해되어 에너지를 생성하는 해당작용으로 에너지를 생산하나, 이 해당작용은 체내에 젖산을 축적시켜 피로를 유발하며, 에너지효율이 높지 않아, 해당작용만으로 최대운동을 할 수 있는 것은 1분 미만이다. 운동시 에너지 효율이 높으며 장시간 지속할 수 있는 것은 지방, 탄수화물 또는 아미노산이 산소와 결합하여 에너지를 생성하는 TCA회로계이다.

에너지생산 시스템에서 알 수 있듯이 운동시 주 에너지 기질은 해당계의 기질인 탄수화물과 산화계의 기질인 지방이다. 그러나, 인체에 저장할 수 있는 탄수화물의 양은 매우 한정되어 있어서 일반인의 경우에는 400g이하이며 운동선수의 경우에도 500g을 넘는 경우는 거의 없다<표 6>.

<표 6> 인체내 에너지 저장량

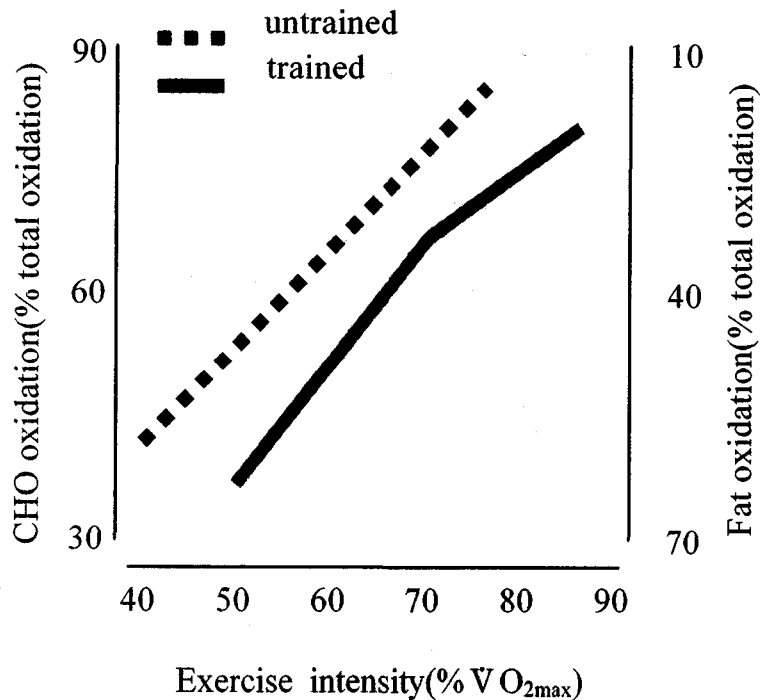
에너지 기질	저장량	
	(g)	(kcal)
탄수화물		
근육 글리코겐	224	896
간 글리코겐	100	400
혈중 글루코스	3	12
지방		
지방조직 중성지방	9,000	81,000
근육 중성지방	330	2,970
혈중 중성지방	2	18

*체중 70kg, 근육 28kg, 체지방 9kg의 일반인



<그림 7> 운동과 에너지 생산계

또한 저장 탄수화물도 운동에너지 뿐 만 아니라 뇌 등의 에너지도 이용되어야만 하기 때문에 운동에너지로 전부 이용할 수는 없다. 따라서 체내 저장량이 많은 지방을 운동중 이용하는 것이 중요하며 운동의 효과 중 영양학적으로 가장 의미가 있는 것은 동일한 운동강도에서 운동을 수행하여도 운동으로 훈련된 사람이 비훈련자에 비하여 더 많은 지방을 에너지원으로 사용하는 것이다<그림 8>.



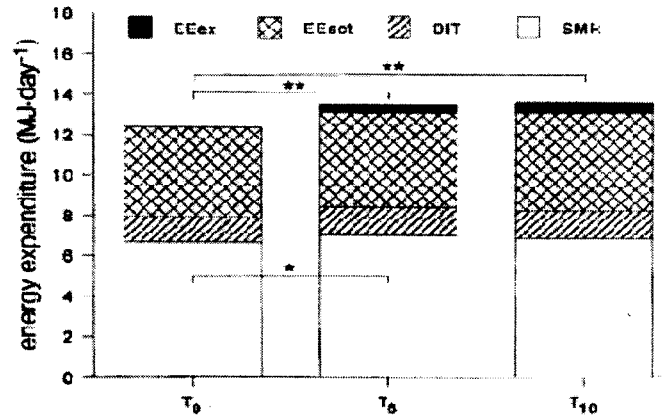
(임기원 외, 운동영양학회지 3(2):1-11, 1999)

<그림 8> 트레이닝에 의한 운동중 지방산화 능력의 개선

2) 에너지 대사

이러한 운동중 이용되는 에너지 기질이용 비율의 변화는 트레이닝에 의하여 최대산소섭취량이 증대되고 근육량 및 근육의 활성(미토콘드리아의 발달)이 개선되기 때문으로 알려져 있다.

<그림 9>는 운동선수와 일반인을 산소가 21%인 자연환경과 인위적으로 호흡공기를 26%(Hyperoxia)로 올

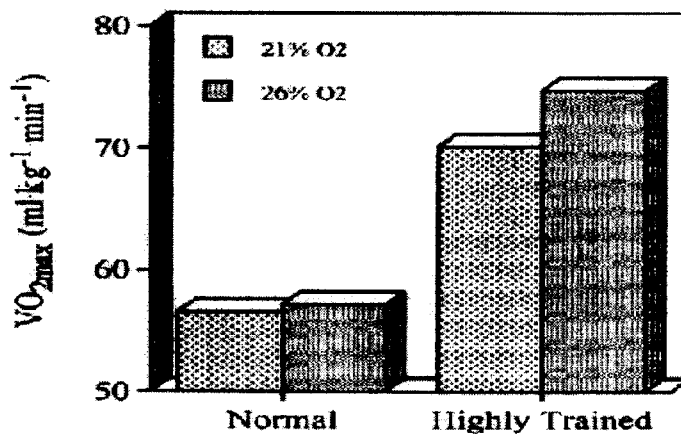


D. R. Bassett Jr. & E. T. Howley *MSSE* 32:70-83, 2000.

<그림 9> 고산소환경시의 일반인과 운동선수의 최대 산소섭취량

렸을 때에 최대산소섭취량을 나타낸 것이다. 운동선수에 있어서는 외부흡입 산소농도가 높으면 최대산소섭취량도 증가하여 근육 및 호흡순환기가 발달한 경우에 있어서는 산소농도가 최대산소섭취량을 제한하는 인자로 작용하지만 일반인의 경우에 있어서는 호흡기에서의 산소섭취보다는 체내에서 이용되는 면이 더욱 중요하고 체내 이용은 주로 근육의 양으로 사료된다. 따라서 일반인의 경우 최대산소섭취량을 늘이는 것은 지방의 최대산화량을 증가시키는 것과 비례하고 이를 위해서는 근육량을 증가시키는 것이 중요하다.

이와 같이 최대산소섭취량에 근육을 증가시키는 운동이 중요하며 근육을 증가시키는 웨이트트레이닝은 안정시대사(RMR) 또는 수면시 에너지대사(SMR)을 증대시킨다.



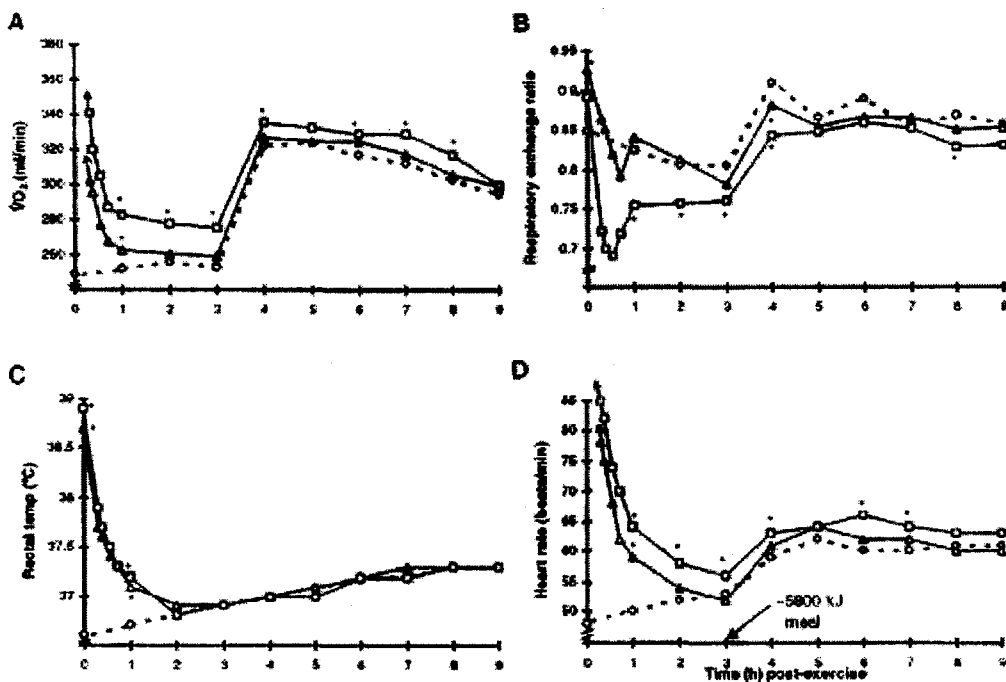
Van Etten et al. *J. Appl. Physiol.* 82:298-304, 1997.

<그림 10> 18주간의 웨이트트레이닝이 에너지소비량에 미치는 영향

<그림 10>는 네덜란드의 Saris 등의 연구진이 발표한 연구결과로 18주간의 웨이트트레이닝은 운동자체의 에너지소비량에 의해 총에너지소비량을 증대시킬 뿐 만 아니라 수면시 에너지대사를 증대시키며 이때에 운동 전후에 체지방은 2.0kg 감소하고 근육량은 2.1kg 증가하였다. 장기간의 운동에 의해 일일 에너지소비량이 증대되는 것은 운동의 강도에 의해 결정된다. 운동이 종료되어도 종료초기에는 운동시작시에 발생한 산소부채(oxygen debt)로 인하여 높은 수준의 심박수와 산소섭취량을 나타낸다. 그러나 운동 종료 후 30분 이상이 경

과하면 산소섭취량 등은 안정시수준으로 회복된다. 그러나 최근에는 운동강도에 따라 산소부채의 크기가 좌우되나, 산소부채 이외의 요소로서도 운동후 산소섭취량은 증가된 상태를 일정 시간 유지한다는 연구결과가 많이 보고되고 있다. 이를 운동과학분야에서는 EPOC(excess post-exercise oxygen consumption)이라고 한다. EPOC도 산소부채와 동일하게 운동강도에 따라 그 정도가 결정되며 EPOC가 지속되는 시간도 결정된다.

<그림 11>은 운동강도를 최대산소섭취량의 70%로 하고 30분간운동한 중강도 운동(Δ), 운동강도를 최대산소섭취량의 105%로 1분간 지속하고 2분을 휴식하는 인터벌운동(\square)을 20회 반복하여 운동의 절대량을 동일하게 조정하여 운동을 부하 한 후, 회복시의 EPOC(A), 호흡교환율(호흡상, B), 직장온(C) 및 심박수(D)를 운동 종료 9시간에 걸쳐 측정하였다. 또한 운동종료 3시간 후에는 5800KJ의 식사도 제공되었다. EPOC는 운동강도가 70%일 때에는 운동종료 1시간까지 나타났으나, 운동강도가 105%일 경우에는 운동종료 8시간까지 지속되었다. 따라서 운동강도가 높으면 EPOC의 지속시간은 증가되고 절대량도 증가되는 것으로 나타났다(중강도:고강도=6.9L:15.0L). 일반인이 체지방을 감소시킬 목적으로 운동을 할 때에는 운동지속시간이 연장시키기 위하여 저강도 운동을 권장하고 있으나, 운동후의 에너지대사를 고려하면 운동강도를 높여 근육량을 증가시키고 EPOC를 증대시키는 것도 고려되어야 할 것이다.

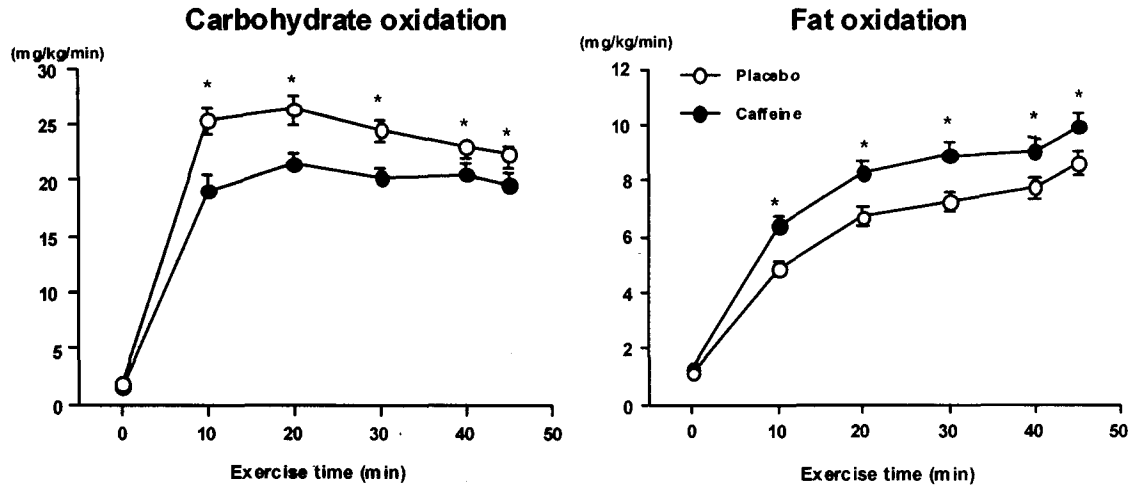


J. Laforgia et al. *J. Appl. Physiol.* 82:661-666, 1997.

<그림 11> 운동강도와 운동후 대사; A: 산소섭취량, B: 호흡교환율, C: 직장온, D: 심박수
 고강도 운동(105% VO₂max; \square), 중강도 운동(70% VO₂max; Δ), 안정군(\circ)

3) 영양소 대사

상기에서 서술하였듯이 영양학분야에 있어서 운동의 최대효과는 지방산화능력의 증가이다. 따라서 운동중 또는 안정시의 지방산화능력을 증대시키는 식품 또는 영양성분의 개발은 운동능력을 증대시키는 것뿐만 아니라 운동의 효과를 최대화하는 데에 필수적이라고 할 수 있다.

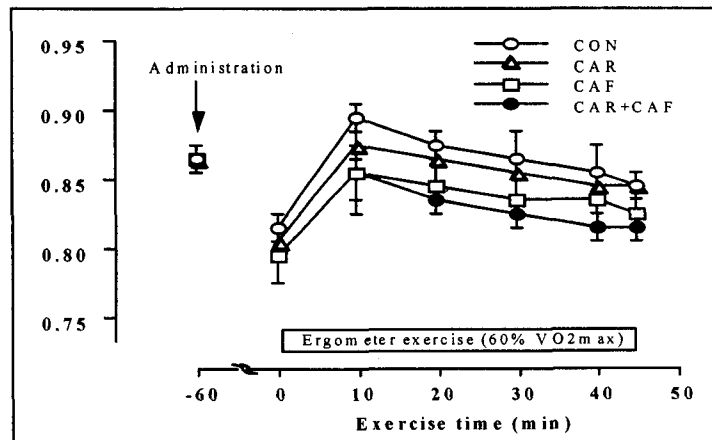


Ryu et al. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* in press, 2001.

<그림 12> 운동중 탄수화물 및 지방산화에 미치는 카페인 투여효과

<그림 12>는 운동선수에게 운동 1시간 전에 6mg/kg의 카페인을 경구투여하고 45분간 최대산소섭취량의 60% 자전거 운동을 부하 하였을 때의 운동중 탄수화물 및 지방의 산화량을 측정 한 실험이다. 운동전의 카페인 투여는 운동중 탄수화물산화를 저하시키고 지방의 산화를 촉진시키는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 부신피질 또는 신경말단에서 분비되는 카테콜아민 분비의 증가에 의한 것으로 알려져 있으며, 동일한 운동을 하여도 많은 양의 지방을 산화시킬 수 있기 때문에 일반인의 체중조절을 위한 운동보조물질로서의 역할을 할 수 있는 것으로 기대되고 있으나, 운동선수의 경우에는 IOC(국제올림픽기구)가 도핑물질로서 지정하고 있기 때문에 사용량, 사용시기 등은 면밀히 검토하여야 할 필요가 있다.

카페인 효과는 주로 지방세포 또는 근육중의 저장지방의 분해를 촉진하는 것이나, 분해를 촉진한다고 하여도 지방을 산화시키는데 중요한 단계는 지방산의 미토콘드리아로의 uptake정도이다. 따라서, 많은 양의 지방분해가 이루어져도 미토콘드리아에 들어가 β 산화되지 않으면 안되고 이 단계에서 중요한 영양물질은 크르니틴이다. 카르니틴은 간에서 lysine과 methionine를 재료로 만들어지는 물질이며, 육류에도 다량 포함되어 있는 물질이다. 그러나 운동 등으로 인하여 지방산화가 많을 경우에는 소변으로 다량 배출되기 때문에 체내(근육세포)에서 지방산화를 통한 에너지대사에는 부족한 경우도 발생한다. 또한 우리나라와 같이 육류소비가 적은 경우에는 별도의 카르니틴 섭취도 필요한 것으로 판단되며 이에 대한 연구가 활발하다

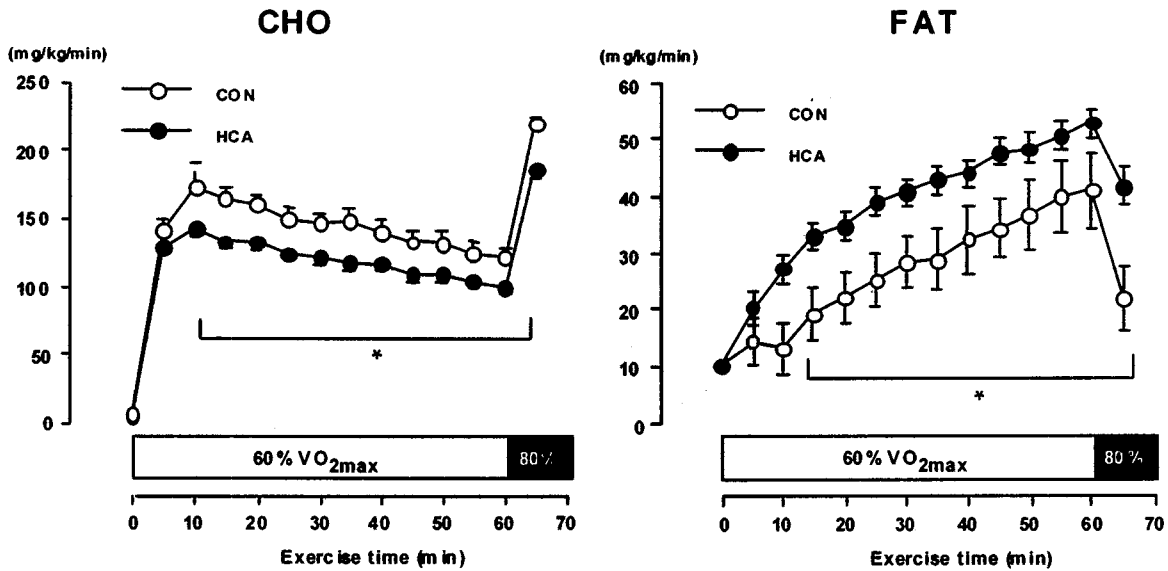


Cha, et al. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* submitted, 2001.

<그림 13> 카르니틴 투여와 운동중 호흡상의 변화

<그림 13>은 운동전 카르니틴을 투여하였을 때 운동중 호흡상의 변화이다. 운동방법은 <그림 12>와 동일하다. 카르니틴 섭취는 운동중 지방의 산화를 촉진시키며 지방분해를 활성화하는 카페인과 동시 투여시에는 그 효과가 증가되어 카페인과는 다른 기전으로 운동중 지방산화를 촉진시키는 것으로 나타났다.

또한 최근에는 인도에서 자생하는 *Garcinia Cambogia* 열매에서 추출된 hydroxycitrate(HCA)가 malonyl-CoA 증가를 억제하여 지방산산화를 촉진시키는 것으로 알려져 있으며 체지방을 감소시키는 보조식품으로서 개발 시판되고 있다. 지방산화 메카니즘 중 세포내에서 malonyl-CoA 증가를 억제시킨다는 것은 운동중에도 동일하며 운동중 지방산화가 억제되는 이유중의 하나가 세포질 내에서의 malonyl-CoA증가이다. 따라서 운동중전에 HCA를 투여하게 되면 운동중 지방산화를 촉진시키기 때문에 운동의 효과를 증대시킬 가능성이 있다.



Lim et al. *MSSE*, submitted, 2001.

<그림 14> HCA투여가 운동중 지방 및 탄수화물의 산화에 미치는 영향

<그림 14>는 5일간 HCA 250mg을 연속으로 투여한 후 최대산소섭취량의 60%에서 1시간 자전거 운동을 부하 한 후 운동강도를 80%로 증가시켜 탈진까지 부하 한 실험이다. HCA 섭취는 운동중 지방산화를 촉진시키며 결과적으로는 운동지속시간을 개선하는 것으로 나타났다. 그러나, 지방산화를 촉진하는 적정 HCA량 및 효과적인 투여기간 등에 관한 연구는 아직 보고되고 있지 않아 HCA와 운동중 지방산화에 관한 추후 상세한 연구가 기대된다.

III. 결론

이상과 같이 현대인은 운동부족과 영양소 과잉에 의해 건강을 위협받고 있다. 건강을 위해서는 운동과 영양을 병행해서 연구가 진행되어야 하나, 이에 대한 국내 연구결과는 많지 않다.

건강을 증진하기 위한 운동은 종래에는 저강도 장시간의 운동을 권장하였으나, 최근 연구결과를 집약하면 운동강도를 증가시켜서 근육량을 늘이는 것이 기초대사를 증대시키고 지방산화능력도 강화하는 등 현대인을 위한 운동도 운동강도를 높이는 것이 바람직 한 것으로 보고되고 있다. 적절한 운동강도를 설정하는 것은 운동부하측정 등을 통하여 효과적인 운동처방을 받아 실행하는 것이 바람직하고 특정 질환이 없는 경우에는 운동 초보자인 경우에는 처음 1개월 간은 최대운동강도의 40-50%, 2-3개월 동안은 50-60%, 3개월 이후에는 70% 정도의 운동을 1일 20-30분간 주 3-4회 실시하는 것이 바람직하다.

또한 운동의 효과를 증대시키기 위한 방법으로는 지방산화를 촉진하는 식품을 섭취하는 것이 효과적이며

영양학분야에서는 이들 식품을 개발하는 것이 중요하다고 하겠다.

참고문헌

- 임기원, 최성근. 스포츠영양·생리학, 태근문화사, 1997.
- Bassett, D. R. Jr. & E. T. Howley. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:70-83, 2000.
- Cha, Y.-S., S.-K. Choi, D. S. Sachan, D.-Y. Cho, and K. Lim. Effects of carnitine co-ingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, submitted, 2001.
- Laforgia, J. R. T. Withers, N. J. Shipp, and C. J. Gore. Comparison of energy expenditure elevation after submaximal and supramaximal running. *J. Appl. Physiol.* 82:661-666, 1997.
- Lim, K., S.-G. Hwang, S. Ryu, H. Suh, and S. Lee. The relationship between endurance training and fatty acids transporters. *Kor. J. Exerc. Nutr.* 3(2): 1-11, 1999.
- Lim, K. S. Ryu, Y. Oishi, H. Tomi, H. Suh, and T. Kwon. Chronic (-)-hydroxycitrate ingestion increases fat oxidation during exercise in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* submitted, 2001.
- Ryu, S., S.-K. Choi, S.-S. Joung, H. Suh, Y.-S. Cha, W.-K. Lee, S. Lee, and K. Lim. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, in press, 2001.
- Van Etten, L. M. L. A., K. R. Westerterp, F. T. J. Verstappen, B. J. B. Boon, and W. H. M. Saris. Effect of an 18-wk weight-training program on energy expenditure and physical activity. *J. Appl. Physiol.* 82:298-304, 1997.