

운동(수영)여부에 따른 중년여성의 체지방 대사비교

차연수* · 김인숙 · 주은정

전북대학교 의과대학 생화학교실*
우석대학교 식품영양학과

Comparison of Body Fat Metabolism in Middle-aged Women Depending Upon Swimming Practice

Cha, Youn-Soo* · Kim, In-Suk · Joo, Eun-Jung

Department of Biochemistry,* Chonbuk National University Medical School, Chonju, Korea
Department of Food and Nutrition, Woosuk University, Samnye-Up, Korea

ABSTRACT

The present study examined the effects of swimming on some plasma parameters of lipid metabolism in the middle-aged women. The control group(C) was the women who lived without any intentional physical exercise, and the first experimental group(S I) and the second experimental group(S II) had gone swimming everyday at least one hour for 3-6 months, and more than one year, respectively. The results obtained were summarized as follows: 1) Energy and nutrient intakes of the three groups were not different, but the body fat(%) of two experimental groups(S I, S II) was significantly lower than that of control. 2) Total cholesterol and HDL-cholesterol in plasma were not significantly changed by swimming and swimming period. However, total lipids and LDL-cholesterol were significantly lower in the two experimental groups than in control. 3) The level of plasma triglycerides of SI was not different from the control, but SII showed significantly lower triglycerides. 4) Acid-soluble acylcarnitine and β -hydroxybutyrate concentration in plasma were significantly greater in SII than in control. These results suggest that regular swimming in a longer period might help to protect the risk of obesity and cardiovascular disease by modulating lipid metabolism.

KEY WORDS : swimming · lipid metabolism · body fat(%) · carnitine · β -hydroxybuty rate.

서 론

최근 경제수준이 향상되고 생활이 윤택해짐에 따라 영
채택일: 1995년 5월 9일

양소의 과잉 섭취와 운동량의 부족으로 체중과다, 나아가서는 비만증이 늘고있다. 요컨대, 우리나라 주부들을 대상으로 한 연구에서도 과체중을 포함한 비만율이 24~36%로 보고되었고¹⁾, 그 비율은 해마다 증가추세를

보여 심각한 영양문제로 대두되고 있다. 비만이란 열량의 과잉섭취 또는 활동량의 부족으로 체내에 지방이 과잉으로 축적된 상태로 외관상의 문제뿐만 아니라 각종 성인병 특히 고지혈증, 고혈압, 관상동맥질환등의 순환계질환과 당뇨병과 같은 합병증을 일으키는 원인이 된다. 육체적인 활동과 비만 및 순환계 질환이 서로 깊은 상관관계를 가지고 있으며, 운동을 규칙적으로 하는 사람들이 운동을 하지않는 사람들에 비하여 비만 또는 심질환 발병율이 낮다는 보고²³⁾는 널리 알려진 일이다. 일반적으로 동맥경화증 및 관상동맥질환의 일차적인 진단 방법으로 혈청지질의 분석치를 지표로 삼고있다. 앞선 연구들에 의하면 동맥경화 및 관상동맥질환의 발병 예방은 혈중의 총 cholesterol치 보다는 LDL-cholesterol/HDL-cholesterol을 감소시킴으로써 가능하며⁴⁾, 그외에도 혈중 triglycerides와 총 lipids등의 혈중 지질함량의 축적이 중요한 요소로 대두되고 있다. 최근들어 운동을 함으로써 비만을 예방하고 치료하며 나아가 성인병을 예방하고자 하는 노력이 늘고 있고, 우리나라에서도 문수재²⁴⁾와 안창순²⁵⁾의 연구에 의하여 운동과 혈중 지질함량과의 관계가 연구되어진 바 있다. 운동요법을 통한 과체중 또는 비만증 치료는 활동량을 증가시켜 축적된 지방산을 산화하여 에너지원으로 사용하므로써 저장된 체지방을 줄여 체중을 감소시키는 것이다.

한편, carnitine (β -hydroxy- γ -trimethylammonium butyrate)은 정상인의 간 또는 신장에서 합성되고 음식물 특히 우유나 고기류에 많이 함유되어 있는 비필수 영양소로서 그 주된 기능은 지방산 특히 중간 또는 긴사슬 지방산을 산화하기 위해 미토콘드리아 내막으로 운송시키는 물질이다⁷⁾. 그러므로 carnitine 없이는 세포내의 중성 또는 긴사슬 지방산은 거의 에너지원으로 사용되지 못하고 지방세포로 축적되어질 것이다⁸⁾⁹⁾. 그러므로, 운동시 필요한 에너지를 지방조직으로부터 얻기 위해서는 우리몸은 carnitine 의 요구량이 많아질 것이고 지방대사의 대사산물인 케톤체의 양도 변화되어 질 것이다¹⁰⁾. 수영은 성인여성들이 애호하는 운동중의 하나로서 그 인구가 증가하고 있으나 수영이 비만 예방과 혈중지질 성분에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 미비하다. 따라서, 본 연구에서는 중년여성을 대상으로 하여 수영이 체지방량을 이용한 비만도와 혈중 지질성분 및

carnitine과 케톤체의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

실험방법

30~49세의 중년여성을 대상으로 수영 또는 다른 여가 운동을 하지않는 자를 대조군(C)으로 하였으며, 운동군은 주당 5일간 매일 1시간 이상씩 규칙적으로 수영을 하는 자로서 수행 기간별로 S I (3~6개월 실시자)과 S II (1년이상 실시자)로 나누어 그들의 체위, 식이섭취상태 및 체지방량을 측정하고, 혈장내 총 cholesterol, 총 lipids, triglycerides, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol을 분석하였으며, 그리고 혈장중의 carnitine 함량과 3-hydroxybutyrate량을 측정하여 비교 분석하였다.

1. 연구 대상자

전북 전주시에 거주하는 특별한 질병이 없는 건강하고 학력과 생활정도가 비슷한 30~49세의 중년여성을 대상으로 하였다. 대조군은 수영 혹은 규칙적인 다른 운동을 하지않으며 아파트에 거주하는 주부 12명으로 하고, 비교군은 전북 전주시 덕진 실내 수영장 회원으로서 3~6개월동안 계속적으로 하루에 1시간 이상씩 수영을 수행하고 있는 12명의 여성과 1년이상 계속적으로 수행하고 있는 14명의 여성을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 식이섭취량 조사

주말을 제외한 평일중에 연속 3일간의 식이섭취량을 음식물 섭취 후 바로 기록하도록 하였으며, 식품분석표에 제시되어있는 당질, 단백질, 그리고 지방 등의 함량을 영양관리 system인 "Ewha KWY" program을 이용하여 전산 산출하였다.

2) 신체계측 및 혈액 채취

대상자들은 전날 식이섭취 12시간 후인 아침 식전 공복상태에서 체중, 신장 및 상완위를 재고, 혈액은 정맥을 통하여 항응고제로 처리된 유리관에 채취한 후 5,000rpm에서 약 20분간 원심분리하여 얻은 혈장을 -20°C 에서 분석할 때까지 냉동 보관하였다.

3) 혈장중의 지질성분 분석

총 cholesterol과 triglycerides는 아산제약의 kit을 사용하였고, 총 lipids는 일본 녹십자 제약회사의 kit을, HDL-cholesterol은 일본 극동제약 주식회사 제품의 kit을, 그리고 LDL-cholesterol은 독일 Quantolip LDL kit을 각각 사용하여 정량 분석하였다.

4) 체지방량 측정

Bioelectrical Impedance Fatness Analyzer(길우 제품 GIF-891)를 이용하여 생체전기 저항분석법으로 body fat(%), fat weight(kg), lean body mass(kg), 그리고 total body water(L)를 측정하였다.

5) 혈장중의 carnitine과 β -hydroxybutyrate 함량 측정

Carnitine의 분획 즉, nonesterified carnitine (NEC), acid soluble acylcarnitine(ASAC), 그리고 acid insoluble acylcarnitine(AIAC)은 Cederblad와 Lindstedt¹¹⁾의 동위원소를 이용한 측정방법을 변형한 Sachan¹²⁾등의 방법을 사용하여 측정하였고, total carnitine(TCNE)은 앞의 세가지 carnitine 분획들을 모두 합하여 계산하였다. 혈장중의 β -Hydroxybutyric acid의 농도는 Milliamson과 Mellanby¹³⁾의 Spectrophotofluorometer 방법을 이용하였다.

6) 통계처리

모든 자료의 결과는 SAS(Statistical Analysis Sys-

tem) program을 이용하여 평균과 표준오차(SE)로 나타냈고, 각 그룹간의 차이는 Duncan Multiple Range Test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다. 각 변수들간의 상관관계는 Pearson Correlation Coefficient 및 이에 대한 유의성 검정을 통해 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자들의 일반사항

실험대상자들의 일반적 사항은 Table 1에 나타나 있다. 조사대상자들의 평균나이는 37~40세였고, 체중은 54.6~56.9kg, 신장은 156.3~158.5cm로서 그룹간의 유의적 차이는 없었다. BMI는 대조군이 23.8로서 정상 범위에 속하며, 비교군인 S I 과 S II는 22.1과 21.9로 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났다. 상완위는 군간에 유의적인 차이가 없었으며, 특히 BMI와 모든 군에서 높은 상관관계를 보였다.

2. 식이섭취량

연속 3일간의 식이섭취량을 조사 분석하여 열량 및 영양소 함량을 Table 2에 요약하였다. 1일 열량섭취량은 대조군이 1765Kcal, 그리고 두비교군은 각각 1946, 1956Kcal로서 군간의 유의성은 찾아 볼 수 없었으나 한국성인 1일 열량권장량¹⁴⁾인 2000Kcal와 비교했을때 두 비교군은 유사하였으나 대조군은 권장량의 88% 수준으

Table 1. Anthropometric parameters of the control and swimming groups

Variable	C ⁵⁾ (n=12)	Swimming groups	
		S I ⁶⁾ (n=12)	S II ⁷⁾ (n=14)
Age(year)	37.7 ± 0.8 ¹⁾²⁾	39.5 ± 1.3 ^{a)}	40.6 ± 1.4 ^{a)}
Weight(kg)	56.9 ± 1.6 ^{a)}	55.3 ± 1.3 ^{a)}	54.6 ± 1.2 ^{a)}
Height(cm)	156.8 ± 1.4 ^{a)}	158.4 ± 1.7 ^{a)}	158.5 ± 1.0 ^{a)}
BMI ³⁾ (kg/m ²)	23.8 ± 0.6 ^{a)}	22.1 ± 0.6 ^{b)}	21.9 ± 0.5 ^{b)}
MUAC ⁴⁾ (cm)	28.3 ± 0.6 ^{a)}	27.9 ± 0.5 ^{a)}	26.9 ± 0.5 ^{a)}

1) Mean ± SE

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences($p < 0.05$) between groups by Duncan's multiple comparison test

3) Body mass index

4) Mid-upper-arm-circumference

5) Control group

6) 3 - 6 monthes exercising group

7) 1 year and over exercising group

수영과 지방대사

Table 2. Average nutrient intake per subject per day

Variable	C ³⁾ (n=12)	Swimming groups	
		SI ⁴⁾ (n=12)	SII ⁵⁾ (n=14)
Energy(Kcal)	1765.65 ± 96 ¹⁾	1945.63 ± 72	1955.90 ± 116 ^{NS2)}
Carbohydrates(g)	318.22 ± 13.9	354.92 ± 12.9	324.92 ± 19.6 ^{NS}
Fiber(g)	8.64 ± 0.5	8.42 ± 0.5	9.06 ± 1.1 ^{NS}
Protein(g)	73.53 ± 7.5	71.81 ± 4.7	78.8 ± 5.3 ^{NS}
Total fat(g)	26.33 ± 2.9	28.75 ± 2.8	36.51 ± 5.1 ^{NS}
Cholesterol(mg)	118.35 ± 25.3	121.81 ± 34.4	137.68 ± 24.6 ^{NS}

1) Mean ± SE

2) NS : Not significant at p < 0.05 by Duncan's multiple comparison test

3) Control group

4) 3 - 6 monthes exercising group

5) 1 year and over exercising group

Table 3. Body fat content of the control and swimming groups by using Fatness Analyzer

Variable	C ³⁾ (n=12)	Swimming groups	
		SI ⁴⁾ (n=12)	SII ⁵⁾ (n=14)
Body Fat(%)	33.5 ± 1.0 ^{a1)2)}	28.8 ± 0.8 ^b	28.4 ± 0.8 ^b
Fat Weight(kg)	19.6 ± 1.1 ^a	16.0 ± 0.7 ^b	15.5 ± 0.7 ^b
Lean Body Mass(kg)	38.5 ± 1.0 ^a	39.3 ± 0.8 ^a	38.5 ± 1.0 ^a
Total body water(L)	28.1 ± 0.7 ^a	28.7 ± 0.6 ^a	28.6 ± 0.6 ^a

1) Mean ± SE

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences(p < 0.05) between groups by Duncan's multiple comparison test

3) Control group

4) 3 - 6 monthes exercising group

5) 1 year and over exercising group

로서 낮은 열량섭취를 나타내었다. 열량구성 비율인 탄수화물:단백질:지방은 대조군이 71:16:13 이며, 비교군 중 SI 이 72:15:13, SII가 66:17:17를 나타내어 1992년 국민영양조사 결과¹⁵⁾에 나타난 3대영양소 구성 비율인 68.3:15.1:16.6에 비하여 1년 이상 수영 수행군인 SII는 국민 영양조사와 비슷하게 나타났으나 대조군과 SI 은 당질의 섭취량이 높고, 지질의 섭취량은 낮게 나타났다. 섬유소, 칼슘, 인, 철분 및 cholesterol섭취량도 계산하였으나 군간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

3. 체지방량 및 비만도

생체저항을 이용하여 체내의 지방량을 측정분석한 결과는 Table 3에 나타나 있다. 비만을 판정하는 지표로서 신장에대한 체중의 비를 표시하거나 Skinfold 기술이 이용되어져 왔다. 그러나 비만이란 체내의 지방조직의

양이 과잉으로 증가된 상태로서 체중이 낮은 사람도 체지방량이 많을 수 있다. 본 실험은 최근 크게 주목을 받고있는 측정방법으로서 신체에 교류의 미전류를 전도시켜 신체조성을 추정하는 생체저항법을 이용하였다. Lean body mass(kg)와 total body water(L)는 대조군이 두비교군들과 유의적인 차이가 없게 나타났으나, body fat(%) 와 fat weight(kg)은 대조군이 수영을 규칙적으로 수행하는 두 비교군들에 비하여 유의적으로 높았다. 대조군의 body fat(%)는 33.5%로서 비만의 판정기준값 30%를 넘어 비만으로 나타났으며, 비교군은 각각 28.8%와 28.4%를 나타내었고 수영기간으로 인한 두구룹간의 유의적인 차는 보이지 않았다. 심장병환자를 대상으로한 Tanaka 등의 연구¹⁶⁾에 의하면 운동을 함으로써 변화되어진 body mass와 전기저항법으로 측정된 체지방과는 유의적인 상관관계를 보였으며, Skinfold 기술에 의한 체지방과도 상관관계가 있었으나 운동 기간

과는 관계가 없었다고 한다. Table 4에서 보여진 것처럼, 본 실험에서는 lean body mass가 대조군의 BMI와 는 상관관계($r=0.563$, $p > 0.05$)를 보이지 않았지만, 비교군인 3~6개월 동안 규칙적인 수영 수행 군(S I)과 1년이상 수행한 군(S II)에서는 각 군의 BMI와 양의 상관관계($r=0.632$, $p < 0.05$; $r=0.676$, $p < 0.01$)를 보여, 운동 기간이 길수록 상관관계가 높게 나타났다. 반면, body fat(%)는 두비교군들은 각각의 BMI와 상관관계가 없었지만($r=0.221$, $p > 0.05$; $r=0.279$, $p > 0.05$), 운동을 하지않은 대조군은 그 BMI와 양의 상관관계($r=0.721$, $p < 0.01$)가 있었다. 중학생들을 대상으로 한 비만 판정 연구¹⁷⁾에서도 BMI가 비만 여학생들에게서 fat(%)과 가장 높은 상관관계를 보였다. 그러므로 규칙적인 수영은 body fat(%)와 fat weight(kg)을 유의적으로 감소 시켰고, 수영기간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다.

4. 혈장 지질과 지단백질

총 cholesterol과 HDL-cholesterol은 대조군과 비교군들 간에 유의적인 변화를 보이지 않았다(Table 5). 총 lipids 함량은 대조군과 비교군들이 유의적으로 낮게 나타났으나 수영기간에 따라서는 유의적인 차이가 없었다. 조사대상자들의 혈장 triglycerides는 비교군인 S I은 차이가 없었지만 S II는 대조군과 비교할때 유의적으로 그값이 낮았다. 일반적으로 운동에 의해 혈청 triglycerides 함량이 현저히 저하된다는 보고⁶⁾가 있으며, 특히 운동 경기자들은 열량이나 탄수화물 섭취량이 많음에도 불구하고 운동을 하지않는 사람들에 비해 혈중 triglycerides값이 낮았음이 보고¹⁸⁾되었듯이 본실험에서도 같은 결과를 보였다.

체내에서의 지질 흡수와 합성 그리고 대사는 3가지 요소들에 의해 조절된다¹⁹⁾. 첫째는 직접적으로 혈중 지방산을 조직에 운송하고 저장하는 lipoprotein lipase이며, 둘째는 생체내의 신생지방산을 합성하는 주된 효소

Table 4. Correlation coefficients of BMI and body fat contents in different exercising groups

	Body fat(%)	LBM ²⁾ (kg)	ASAC ³⁾ (μ mol/L)	BHB ⁴⁾ (μ mol/L)
BMI ¹⁾ C ⁵⁾	0.721**	0.563	-0.165	0.157
S I ⁶⁾	0.221	0.632*	-0.526	0.534
S II ⁷⁾	0.279	0.676**	-0.664*	-0.597*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ Otherwise, coefficients are not significant

- 1) Body mass index
- 2) Lean body mass
- 3) Acid-soluble acylcarnitine
- 4) β -Hydroxybutyrate
- 5) Control group
- 6) 3 - 6 monthes exercising group
- 7) 1 year and over exercising group

Table 5. Plasma lipids and lipoprotein concentrations in subjects

Variable	C ⁸⁾ (n=12)	Swimming Groups	
		S I ⁹⁾ (n=12)	S II ¹⁰⁾ (n=14)
TL ³⁾ (mg/dl)	530.41 \pm 42.5 ^{a1)2)}	390.54 \pm 33.8 ^b	376.83 \pm 33.4 ^b
TG ⁴⁾ (mg/dl)	99.71 \pm 11.9 ^a	93.63 \pm 6.0 ^{ab}	74.72 \pm 2.7 ^b
TC ⁵⁾ (mg/dl)	164.45 \pm 8.4 ^a	164.33 \pm 9.2 ^a	142.63 \pm 10.4 ^a
HDL-C ⁶⁾ (mg/dl)	64.12 \pm 5.1 ^a	65.19 \pm 3.4 ^a	68.68 \pm 7.2 ^a
LDL-C ⁷⁾ (mg/dl)	100.29 \pm 7.5 ^a	86.32 \pm 9.4 ^b	84.22 \pm 7.2 ^b
LDL/HDL(mg/dl)	1.90 \pm 0.17 ^a	1.44 \pm 0.20 ^b	1.42 \pm 0.20 ^b

- 1) Means \pm SE
- 2) Different superscripts in the same row indicate significant differences($p < 0.05$) between groups by Duncan's multiple comparison test
- 3) Total lipids
- 4) Triglycerids
- 5) Total cholesterol
- 6) High density lipoprotein cholesterol
- 7) Low density lipoprotein cholesterol
- 8) Control group
- 9) 3 - 6 monthes exercising group
- 10) 1 year and over exercising group

인 fatty acid synthase이고, 셋째는 hormone sensitive lipase로서 저장된 지방을 지방산과 글리세롤로 분해시키는 효소이다. 운동에 의한 체지방의 변화요인은 이러한 효소들의 활성과 carnitine과 같은 지방대사에 관여하는 여러 요인들이 직접 간접으로 작용하여 변화시킬 것으로 생각된다. 조사대상자들의 혈장 총 cholesterol치는 대조군과 비교군이 143~165mg/dl로써 모두 180mg/dl이하였으며, 대조군과 비교군들간의 유의적인 차이는 없었지만 SII군은 그 값이 대조군과 비교시 13% 감소되었다. Parrel등²⁰⁾의 연구에서도 운동에 의한 총 cholesterol변화를 관찰하지 못하였는데 이는 본 실험결과와 같이 모든 군의 cholesterol치가 낮은 수준이기 때문이라 설명하였다. 혈장내 HDL-cholesterol은 수영수행군이 약간 높은 수치를 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 안창순⁶⁾의 연구에 의하면 혈청 HDL-cholesterol 농도는 2~3개월 에어로빅 수행자가 운동을 하지않는자에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 에어로빅 수행기간이 길수록 유의적으로 그 값이 높아졌다고 보고 하였으나, 중년남자들을 대상으로 10주 운동 후에도 HDL-cholesterol에 변화가 없다는 보고⁵⁾도 있는데 이는 운동의 종류, 운동강도, 연구대상자 등의 여러 변수들이 작용했기 때문이라 생각된다. LDL-cholesterol값은 두비교군의 측정치는 대조군과 비교시 유의적으로 낮았으나 수영 수행기간에 따른 두비교군간의 값은 차이를 보이지 않았다. 본 실험은 혈청 LDL-cholesterol 농도는 운동에 의하여 낮출 수 있다는 다른 보고⁴⁾와 일치하였다. 보통 LDL-cholesterol양의 측정은 총 lipids값에 Friedewald등²⁰⁾의 방정식 $[LDL-cholesterol = total\ cholesterol - HDL-cholesterol - (Triglycerides/5)]$ 을 이용하였으나, 본 연구는 혈장중의 LDL-cholesterol을 침전시약에 의해 정량적으로 침전시켜 측정된 혈장중의 총 cholesterol값으로 부터 상층액의 cholesterol값(VLDL-cholesterol+HDL-cholesterol)의 차이로 LDL-cholesterol값을 측정하였다. 혈장 중의 LDL-cholesterol 농도는 관상동맥 질환과 양의 상관관계를 나타내고 있으므로 동맥경화증과 지단백대사에서 이상의 지표로 삼고 있는데²²⁾, 본연구에서는 3~6개월의 수영을 실시하여 혈장 LDL-cholesterol 수치를 유의적으로 낮출 수 있음을 보여주었다.

5. 혈중 carnitine 농도와 운동과의 관계

인체내의 carnitine은 세가지 분획 즉, NEC, ASAC 및 AIAC로 존재하며, 심장이나 근육과 같이 지방으로 부터 많은 양의 에너지를 얻는 세포에서는 항상 그 농도가 높으며, 뇌세포와 같이 대부분 포도당으로부터 에너지를 얻는 곳은 그 농도가 낮다²³⁾. 그러나 큰 에너지 소비가 많아 결과적으로 지방산화가 필요한 인체 조건에서는 우리몸의 carnitine body pools 또는 그 합성이 달라 질 수 있다. 예를 들면, 흰쥐를 이용한 실험에서 생활 환경조건을 2℃로 방치하면 지방산화를 통하여 체온을 유지시키기 위해 지방산화에 필수적인 혈중 carnitine의 함량이 증가되어짐을 볼수 있었다²³⁾. 본 실험은 운동(수영)에 의한 혈중 carnitine의 함량 변화를 측정함으로써 각 구룹의 혈장 carnitine 분획량은 Table 6과 같다. NEC, AIAC, 그리고 TCNE의 농도는 군간에 차이가 없었고, SI군(3~6개월 수영 수행군)의 ASAC 값은 대조군과 차이를 보이지 않았으나 SII(1년 이상 수영 수행군)는 그 값이 대조군과 비교시 유의적으로 높았다.

Hoppel과 Genuth¹⁰⁾²⁴⁾는 혈중 ASAC가 아직 그 출처는 확실히 밝혀지지 않았지만 주로 간의 미토콘드리아에서 β -oxidation의 부산물일 것이라 하였으며, 혈중 ASAC의 증가는 지방산의 산화가 요구되어지는 인체 생리상태에서 보여지는 현상이라고 하였다. 즉, 운동시 우리몸은 먼저 저장된 글리코겐으로 부터 에너지를 생성시키고 활동량이 계속 증가됨에 따라 저장된 지방세포로부터 지방산과 글리세롤로 분해되며, 지속적인 지방산 산화를 통해 에너지를 생산하게 되는데, 우리몸은 carnitine body pools를 변화시켜 이를 조절할 수 있다는 것이다.

한편, 충분한 carnitine을 공급하였을때의 지방대사 변화를 알아보기 위해 그동안 동물실험 또는 인체실험이 시도되어져 왔다²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾. 운동시 carnitine의 효과에 대한 연구결과는 상반된 의견을 보이고 있다. 즉, 흰쥐를 이용한 실험에서는 carnitine 보충식이로 증가된 세포내 carnitine 함량은 palmitate 산화와 최대 운동력에 변화를 주지 않는다는 보고²⁸⁾가 있는 반면, 충분한 카니틴 보충식은 지방산을 통한 에너지공급을 원활히하고 저장된 glycogen의 고갈을 지연시키는 역할을 하며, 골격

결 론

근의 피로감을 지연시킨다는 in vitro 실험도 있다²⁹⁾. 혈장중의 triglycerides 농도는 carnitine값과 음의 상관관계를 보인다는 보고²⁵⁾²⁶⁾가 있는데, 본실험에서도 같은 결과를 나타내었다. 지방산이 산화되어 에너지원으로 쓰이면 케톤체가 생성되며, 혈중 ASAC와 케톤체중 특히 β -hydroxybutyrate의 값은 양의 상관관계를 나타낸다고 한다⁹⁾²⁴⁾. 본 실험에서도 케톤체중의 하나인 β -hydroxybutyrate를 측정하였는데(Table 6), 혈중 β -hydroxybutyrate 농도는 SII가 대조군과 비교시 유의적으로 높게 나타나 ASAC와 같은 양상을 나타내었다. BMI와 ASAC 그리고 β -hydroxybutyrate와의 상관관계에서도(Table 4) 대조군과 비교군 SI의 BMI는 ASAC 그리고 β -hydroxybutyrate값과 상관관계가 없이 나타났지만, 1년이상 수영을 규칙적으로 수행한 비교군 SII은 BMI와 음의 상관관계($r = -0.664$, $p < 0.05$; $r = -0.597$, $p < 0.05$)를 보여 ASAC와 β -hydroxybutyrate 값이 체지방 대사에 관여함을 시사해주었다. 인체내의 carnitine 농도는 식이와도 깊은 관계가 있으나, 신장의 배설과 재흡수에 의해 주로 조절되어진다³⁰⁾. 본 실험에서는 식이섭취 중 carnitine의 섭취량은 계산되지 못하였으나 열량이나 당질, 단백질, 지질 및 무기질의 섭취에 있어서 군간의 차이는 없었다. 이상의 결과로 미루어 보았을때 수영을 1년이상 수행한 경우와 마찬가지로 장기간의 규칙적인 운동은 우리몸에서 계속적으로 에너지를 필요로 함에 따라 혈중 carnitine함량이 변화되어 체지방을 줄이는 동시에 지구력을 증진시키는 것으로 사료된다.

수영이 중년여성들의 혈장 지질 농도와 체지방대사에 미치는 영향을 조사하기위해, 운동을 하지않는 자 12명을 대조군으로 하고, 비교군은 매일 1시간 이상씩 수영을 3~6개월간 수행한 군(SI)과 1년 이상 수행한 군(SII)으로 나누어 그들의 식이섭취량을 조사하고 체지방량과 혈장내 총 lipids, triglycerides, 총 cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, carnitine, 그리고 β -hydroxybutyrate 함량을 측정 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 열량 및 영양소의 섭취량은 대조군과 두 비교군간에 유의적인 차이가 없었고, 체지방 분석기를 이용한 body fat(%)와 fat weight(kg)는 두 비교군(SI, SII)이 대조군에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 수영 수행기간에 따라서는 유의적인 차이가 없었다.
- 2) 혈장 총 lipids농도는 두 비교군(SI,SII)이 대조군에 비해 현저하게 낮게 나타났으며 ($P < 0.001$), 수영 기간에 따라서는 변화가 없었다.
- 3) 혈장 triglycerides 농도는 SI 군은 대조군과 차이가 없었으나 SII 군은 유의적으로 낮았으며, 총 cholesterol 농도는 SII 군이 대조군에 비해 13% 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.
- 4) 혈장 HDL-cholesterol농도는 군간에 유의적인 차이는 없었으며, LDL-cholesterol농도와 LDL/HDL 비율은 두 비교군이 대조군에 비해 유의적으로 낮았으나,

Table 6. Plasma carnitine and β -hydroxybutyrate concentration in the subjects

Variables	C ⁸⁾ (n=12)	Swimming Groups	
		SI ⁹⁾ (n=12)	SII ¹⁰⁾ (n=14)
NEC ³⁾ (μ mol/L)	41.43 \pm 2.1 ^{a1)2)}	38.44 \pm 1.7 ^a	39.54 \pm 2.4 ^a
ASAC ⁴⁾ (μ mol/L)	6.12 \pm 1.2 ^a	10.22 \pm 2.3 ^{ab}	15.76 \pm 3.9 ^b
AIAC ⁵⁾ (μ mol/L)	2.52 \pm 0.5 ^a	3.73 \pm 0.8 ^a	2.83 \pm 0.6 ^a
TCNE ⁶⁾ (μ mol/L)	51.33 \pm 2.2 ^a	51.99 \pm 3.9 ^a	54.53 \pm 4.2 ^a
BHB ⁷⁾ (μ mol/L)	20.38 \pm 2.9 ^a	35.03 \pm 7.1 ^{ab}	48.12 \pm 6.3 ^b

1) Mean \pm SE

2) Different superscripts in the same row indicate significant differences($p < 0.05$) among groups by Duncan's multiple comparison test

3) Nonesterified carnitine

4) Acid-soluble acylcarnitine

5) Acid-insoluble acylcarnitine

6) Total carnitine

7) β -Hydroxybutyrate

8) Control group

9) 3 - 6 monthes exercising group

10) 1 year and over exercising group

수영기간에 따른 혈장 LDL-cholesterol 농도는 유의적인 차이가 없었다.

5) 혈장중의 acid-soluble acylcarnitine량과 β -hydroxybutyrate량은 SII군이 대조군과 비교시 유의적으로 높은 값을 보였고 다른 carnitine 분획들은 군간의 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해보면 수영을 하므로써 체지방량과 총 lipids 및 LDL-cholesterol이 유의적으로 감소하였다. 이는 BMI가 대조군에서는 body fat %와 비교군에서는 lean body mass와 상관관계를 보여 주어 수영에 의하여 체지방량이 변화한다는 결과를 뒷받침해 주었다. 1년이상 수영 수행군에 있어서의 혈중 acid-soluble acylcarnitine 함량과 β -hydroxybutyrate 함량은 대조군보다 유의적으로 높은 값을 보이므로써 운동으로 소모되는 에너지를 효율적으로 공급하기 위한 인체 에너지대사의 변화로 추측할 수 있었다. 이로 미루어 규칙적인 수영은 체지방 이용을 증진시키고 혈중 지질 함량을 변화시킴으로서 순환계질환과 비만증을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) 박갑선 · 최영선. 대구 시내 아파트 거주 주부들의 비만 실태와 비만 요인에 관한 연구. 한국영양학회지 23(3) : 170-178, 1990
- 2) Herbert V, Subak-Sharpe GJ. Complete Book of Nutrition. pp431-468, St. Martin's Press, New York, 1992
- 3) Kieres J, Plowman S. Effects of swimming and land exercises versus swimming and water exercises on body composition of college students. *J Sports Med Phys Fitness* 31 : 189-195, 1991
- 4) Weklman A, Matter S, Stanford BA. Caloric restriction and/or mild exercise : effects on serum lipids and body composition. *Am J Clin Nutr* 33 : 1002-1009, 1980
- 5) 문수재 · 이은경 · 전형주 · 고병교. 활동 강도에 따른 체지방 분포 및 혈청지질 농도에 관한 연구. 한국영양학회지 26(1) : 47-427, 1993
- 6) 안창순. 중년여성의 에어로빅댄스의 수행기간이 혈청 HDL-Cholesterol에 미치는 영향. 한국식품영양학회 5(3) : 123-131, 1992
- 7) Bieber LL. Carnitine. *Ann Rev Biochem* 57 : 261-283, 1988
- 8) Cha YS. Cellular and enzymatic basis for carnitine-mediated attenuation of ethanol metabolism. PhD Dissertation, The University of Tennessee, Knoxville, TN, USA, 1993
- 9) Cha YS, Sachan DS. Opposite effects of dietary saturated and unsaturated fatty acids on ethanol-pharmacokinetics, triglycerides and carnitines. *J Am Coll Nutr* 13(4) : 338-343, 1994
- 10) Hoppel CL, Genuth SM. Carnitine metabolism in normal-weight and obese human subjects during fasting. *Am J Physiol* 238 : E409-E415, 1980
- 11) Cederblad G, Lindstedt S. A method for determination of carnitine in picomole range. *Clin Chim Acta* 37 : 335-343, 1972
- 12) Sachan DS, Rhew TH, Ruark RA. Ameliorating effects of carnitine and its precursors on alcohol-induced fatty liver. *Am J Clin Nutr* 39 : 738-744, 1984
- 13) Williamson DH, Meanby J. β -Hydroxybutyrate. In Bergmeyer HU(ed.) : "Methods of enzymatic analysis." pp1836-1839, Deerfield Beach, FL : Verlag Chemie Int, 4, 1974
- 14) 한국인 1일 영양 권장량. 한국인구보건연구원편. 한국인의 영양권장량(제 5 차 개정). 교문사, pp11, 1989
- 15) 1992년도 국민영양조사보고서. 보건사회부, 1994년 6월
- 16) Tanaka K, Hiyama T, Watanabe Y, Asana K, Takeda M, Hayakawa Y, Nakadomo F. Assessment of exercise-induced alterations in body composition of patients with coronary heart disease. *Eur J Appl Physiol* 66 : 321-327, 1993
- 17) 김현수 · 이윤나 · 모수미 · 최혜미. 중학생의 간접적 비만 판정에 관한 고찰 : 피지후방식과 체격지수방식의 비교. 한국지질학회 4(1) : 41-49, 1994
- 18) Austin MA. Atherosclerosis reviews(Gotto AM, Paoletti R. eds.), 22, pp65-69, Raven Press, Ltd, NY
- 19) Thopson MP, Cooper ST, Parry BR, Tuckey JA. Increased expression of the mRNA for hormone-sensitive lipase in adipose tissue of cancer pa-

- tients. *Biochemical Biophysica Acta* 1180 : 236-242, 1993
- 20) Parrel P, Baboriak J. The time course of alterations in plasma lipid and lipoprotein concentrations during eight weeks of endurance training. *Atherosclerosis* 37 : 231-238, 1980
- 21) Friedewald WT, Levy RI, Frednckson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without the use of the preparative ultracentrifuge. *Chan Chem* 18 : 400-502, 1970
- 22) Goldstein JL, Brown MS. Lipoprotein receptors : Genetic defence against atherosclerosis. *Clin Res* 30 : 417-423, 1983
- 23) Tsai AC, Ramsos DA, Leveille GA. Determination of carnitine turnover in choline-deficient and cold exposed rats. *J Nutr* 105 : 301-307
- 24) Brass EP, Hoppel CL. Carnitine metabolism in the fasting rat. *J Biol Chem* 253 : 2688-2693, 1978
- 25) Hosein EA, Bexton B. Protective action of carnitine on liver lipid metabolism after ethanol administration to rats. *Biochem Pharmacol* 24 : 1859-1863, 1975
- 26) Rhew TH, Sachan DS. Dose-dependent lipotropic effect of carnitine in chronic alcoholic rats. *J Nutr* 116 : 2263-2269, 1986
- 27) Dodson WL, Sachan DS, Krauss S, Hanna W. Alterations of serum and urinary carnitine profiles in cancer patients : Hypothesis of possible significance. *J Am Coll Nutr* 8(2) : 133-142, 1989
- 28) Heinonen OJ, Takala J, Kvist MH. Effect of carnitine loading on long-chain fatty acid oxidation, maximal exercise capacity, and nitrogen balance. *Eur J Appl Physiol* 65 : 13-17, 1992
- 29) Brass EP, Scarrow AM, Ruff LJ, Masterson KA, Lunteren EV. Carnitine delays rat skeletal muscle fatigue in vitro. *J Appl Physiol* 75(4) : 1595-1600, 1993
- 30) Lombard KA, Olson AL, Nelson SE, Rebouche CJ. Carnitine status of lactoovovegetarians and strict vegetarian adults and children. *Am J Clin Nutr* 50 : 301-306, 1989