

주요개념 : 어유가 지방의 대사에 도움을 준다

어유가 흰쥐조직내 당, 지방대사에 관여하는 효소활성도에 미치는 영향

정 승 은*

I. 서 론

식품에서 섭취되는 지방의 영양학적 의의라면 효율적인 에너지원이라는 점이 가장 중요하겠으나, 그 외에도 지방산이 생체막구성의 필수인자라든가 prostaglandin 같은 hormone 합성등의 생리적작용을 갖는다는 것은 잘 알려져 있다. 또한 최근 많은 지질연구자들의 관심을 끌고있는 점은 불포화지방의 섭취에 따른 혈청 cholesterol 저하와 혈청 high density lipoprotein(HDL) 증가 등, 불포화지방의 특이한 lipotropic effect 여부이다. 이러한 효과에 대한 자세한 기전은 아직 잘 알려져있지 않지만, 지질대사와 관련된 효소활성의 변화에 의한다는 보고가 있다.

그중 간장조직에서 지방산합성효소가 식이에 따라 변화한다는 최근까지의 연구결과에서는, 굶긴 동물에서 효소활성이 감소하고 고탄수화물식이에서 크게 증가하며 식이지방은 모든 지방산합성효소의 활성을 감소시키는데, 포화지방보다 불포화지방섭취로 효소활성이 더욱 감소한다고 보고 되어있다. 그리고 이러한 효과는 대부분 w6 계 불포화지방을 사용한 연구 결과이다.

최근들어 생선을 많이 섭취하는 사람들에 있어서 동맥경화증 발생 및 진전을 억제하는 혈청 HDL의 농도가 증가하였다는 연구결과가 보고됨으로부터 어유에 함유된 w3 계 지방산이 지질대사에 미치는 효과에 대한 인식이 높아가고 있다. 따라서 본 실험에서는 어유를 실험동물에게 섭취시켜 glucose-6-phosphate dehydrogenase(G6PDH)와 malic enzyme 등의 지방산합성효소와 그리고

G6PDH와 같은 기질을 사용하는 glucose-6-phosphatase 활성변화를 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 실험재료

체중 110g 내외의 흰쥐(Lewis)를 경북대학교 의과대학 동물사육실에서 구입하였다.

Tris, NADP, malate, cacodylic acid, G-6-P disodium salt, Folin and Ciocalteu's phenol reagent 는 Sigma chemical Co.(St. Louis, Missouri, U.S.A.)에서, 어유는 제일사료주식회사, 콩기름은 동방유량주식회사, lard, Vitamin mixture, salt mixture는 미 Bio-serv, Inc.에서 각각 구입하였다.

기타 시약은 시약용 특급 또는 일급시약을 사용하였다.

2. 실험식이의 조제 및 동물의 사육

<실험 1>

흰쥐를 실험군과 대조군으로 구분하고 대조군은 일반 배합사료(Table I.)로 실험군은 Table II.와 같은 조성을 가진 실험식으로 사육하였다.

실험군은 식이에 함유된 유지(10%, w/w)종류에 따라 어유, 콩기름, lard군으로 나누었으며 다시 각 군을 3, 6, 9, 13일의 사육군으로 나누어 사육했다.

* 안동 간호보건전문대학교

Table I. The Composition of Animal Feed of Jaeil-Saryo Co., Ltd.

Component	g / 100g
Crude protein	above 19.6
Crude fats	below 3.0
Crude cellulose	below 7.0
Crude ash	below 9.0
Ca	below 0.6
P	below 0.4
D.C.P.	above 16.5
T.D.N.	above 73.0

Table II. Composition of Diet

Component	g / 100g
Starch	43
Sucrose	10
Glucose	10
Casein	20
Vitamin Mix ¹⁾	2
Salt Mix ²⁾	4
Cellulose	1
Fat or Oil	10

- 1) Vitamin fortification mixture obtained from Bioserv. Inc. Frenchtown, N.J., U.S.A., provided the following(per kg diet) : Vitamin A(200,000 I.U. / g), 4.5g, Vitamin D(400,000 I.U. / g), 0.25g, Alpha-tocopherol, 5g, Ascorbic acid, 45g, i-Inositol, 5g, Choline chloride, 75g, Menadione, 2.25g, P.A.B.A., 5g, Niacin, 4.5g, Riboflavin, 1.00g, Pyridoxine Hcl, 1.00g, Thiamin Hcl, 1.00g Ca, Pantothenate, 3.00g, Biotin, 20.00mg, Folic acid, 90.00mg, Vitamin B, 1.35mg.
- 2) Salt mixture used had composition of Rogers and Harper's.

세가지 실험지방의 지방산조성은 Table III 과 같다.
(실험 2)

어유와 lard를 혼합하여 총 지방을 10%(w/w) 함유하는 실험식이를 Table II와 같이 조제하였으며 어유함량에 따라 0.2, 5, 10%군으로 나누어 7일간 사육한 후 분석용시료로 사용했다. 이때 어유는 정어리유를 사용했다.

(실험 3)

실험 2와 같은 방법으로 어유와 lard를 혼합하여 총 지방량을 10%(w/w) 함유하는 실험식이를 조제하였으며 어유함량에 따라 0, 0.5, 1, 2, 5 및 10%군으로 나누어 10일간 사육한 후 분석용시료로 사용했다. 이때 어유는 고등어유를 사용했다.

Table III. Fatty Acid Composition of Various Fats(%)

Fatty acid	Mackerel oil	Soybean oil	Lard
14 : 0	8.1		1.7
15 : 0	1.2		
16 : 0	14.4	10.0	28.5
16 : 1	5.3	0.1	
16 : 2	1.1		
18 : 0	2.5	9.5	12.3
18 : 1	16.2	23.7	39.7
18 : 2w6	1.6	54.3	14.5
18 : 3w3	1.5	8.5	1.1
18 : 4w3	4.7		
20 : 0			0.5
20 : 1	11.5		
20 : 4		0.1	1.8
20 : 5w3	6.3		
22 : 1	14.1		
22 : 5w3	0.4		
22 : 6w3	8.0		
others	3.0		

3. 성장을 및 분석시료의 조제

사육기간중 체중의 변화는 매 격일로 같은 시간에 측정하였고 식이는 자유로(ad libitum) 섭취시켜 사료효율을 계산하였다.

각 사육기간 후의 분석용동물을 pentobarbital로 마취시킨 후, 간장조직을 0.5g 정도 절취하여 Sucrose / EDTA (0.25M / 1mM) 냉용액(0°~4℃) 8ml를 가하여 Potter-Elvehjem homogenizer 로 분쇄한 homogenate를 600×g 에서 5분간 원심분리한 후 네겟의 gauze로 여과하였다. 이 여과액을 12,000×g 에서 10분간 원심분리한 post-mitochondrial supernatant(PMS)를 분석시료로 삼아 효소활성을 측정하였다. 그리고 지방조직은 1g 정도 절취하여 Sucrose / EDTA(0.25mM / 1mM) 냉용액 5ml를 가하여 30초간 sonication한 homogenate를 12,000×g에서 10분간 원심분리한 후 네겟의 gauze로 여과시킨 액(PMS)을 분석시료로 삼아 효소활성을 측정하였다.

4. 효소의 활성도 측정

1) Malic enzyme

Cuvette 에 triethanolamine(pH7.4) 68mM, L-malate

(pH7.4) 0.51mM, $MnCl_2$ 4.7mM, NADP 0.14mM 을 함유하는 반응혼합액에 간장 및 지방조직의 PMS 0.1 ml를 가하여 반응용액을 총 2.95ml로 한 후 잘 혼합하여 측정(Shimadzu double-beam Spectrophotometer UV-200과 Shimadzu U-125 MU 사용)함으로써 효소 활성을 조사하였다.

2) Glucose-6-phosphate dehydrogenase

Cuvette에 tris buffer 용액(pH7.4)37mM, G-6-P disodium salt 7.4mM, NADP 0.07mM, $MgCl_2$ 7.4mM 을 함유하는 반응혼합액에 간장 및 지방조직의 PMS 0.1ml를 가하여 반응용액을 2.7ml로 한 후 잘 혼합하여 상온에서 NADPH생성율을(1)과 같이 측정하였다.

3) Glucose-6-phosphatase

Sucrose / EDTA (71.4mM / 0.29mM), G-6-P disodium salt 28.6mM, cacodylate buffer 용액(pH6.5) 28.6mM을 함유하는 반응액 0.3ml에 PMS 0.1ml를 넣고 잘 혼합한후 37°C의 water bath 에서 10분간 incubation 시킨 다음 ascorbic acid / trichloroacetic acid (2% / 10%, w / v)2ml를 가하여 반응을 정지시킨 후 3,000rpm에서 3분간 원심분리하였다. Cuvette에 이 상정액 1ml, 0.2% ammonium molybdate 0.5ml를 넣어 잘 혼합한 후 arsenite / citrate(각 0.8%, w / v) 1ml를 다시 가하여 잘 혼합하였다. 그리고 15분 후에 700nm에서 phosphomolybdate의 착염형성을 측정함으로써 효소활성을 조사하였다.

5. 단백질의 정량

PMS의 단백질은 Lowry등의 방법에 의해 측정하였으며 bovine serum albumin(Fraction V)을 표준물질로 사용하였다.

6. 통계처리법

결과의 유의도는 Students' t-test로 판정하였다.

III. 결 과

1. 체중의 변화

실험기간중 체중변화 및 식이섭취량은 Table IV에서

보는 바와 같이 각 군에서 비슷하여 성장효율에 있어서 식이지방에 따른 차이가 없었다.

Table IV. Effects of Various Dietary Fats on Growth of Rats During 13 Days

Dietary fat	Fish oil (20)	Soybean oil (20)	Lard (20)
Weight gain (g / day)	3.84±0.60	3.52±0.55	3.60±0.44
Food intake (g / day)	17.64±0.63	18.06±0.49	17.00±0.92
Weight gain Food intake	0.21±0.03	0.19±0.03	0.22±0.03

Average initial body weight of rats was 110g. Values shown are means±standard error of the mean(S.E.M.). Figures in parentheses indicate the number of observation in each group.

2. 식이지방에 의한 간장내 효소활성도의 변화

1) Malic enzyme

세종류의 서로 다른 실험지방으로 약 2주일 사육하는 동안 3일째의 효소활성은 어유와 콩기름군에서는 lard 군에 비해 효소활성이 현저하게 감소(50%)하였으며 (Fig. 1), 그이후 각군 모두 약간 증가하였으나 나머지

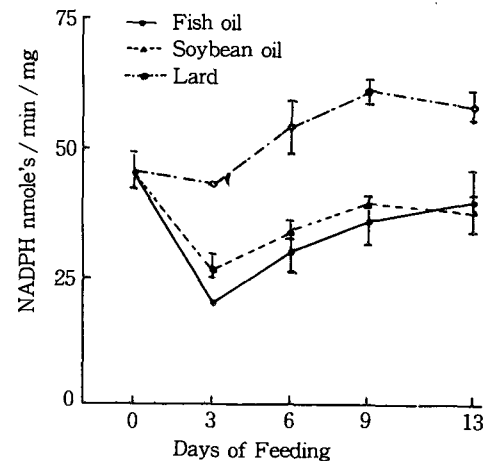


Fig. 1 Activities of hepatic Malic enzyme from rats fed synthetic diet containing 10% experimental fats during 13 days.

Enzyme activities were measured as described in methods. Each point represents the mean value obtained from 20 rats±S.E.M.

식이기간 동안 대체로 3일 섭취로 보여준 활성차이점은 계속 유지되었다. 그러나 어유와 콩기름군간에 유의적인 차이는 없었다.

2) Glucose-6-phosphate dehydrogenase

어유와 콩기름군에서 3일 섭취로 효소활성이 현저히 감소(Fig. 2)하였으나 계속 섭취함에 따라 콩기름군에서는 감소하다가 6일 이후 다시 증가한데 비해 어유군에서는 처음 3일 섭취로 감소한 효소활성이 나머지 기간동안 계속 유지되었다. 특히 주목할만한 점은 어유와 콩기름군간의 효소활성차이는 malic enzyme 에서와는 달리 뚜렷이 드러나 어유군의 효소활성이 콩기름군보다 더 낮았다는 점이다.

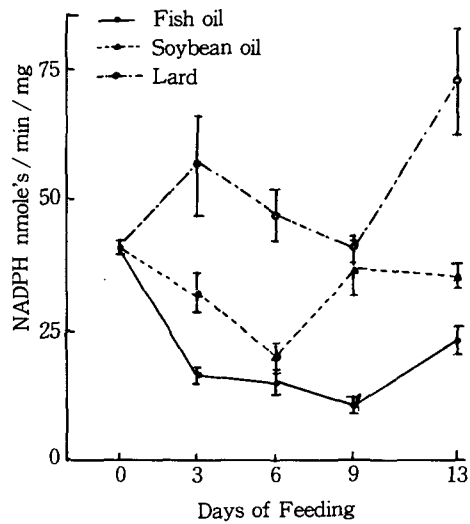


Fig. 2 Activities of hepatic Glucose-6-phosphate-dehydrogenase from rats fed synthetic diet containing 10% experimental fats during 13 days. Conditions were same as described in Fig. 1.

3) Glucose-6-phosphatase

앞서의 지방산합성효소의 변화와는 달리 3일 섭취로 효소활성이 어유와 콩기름군에서 증가하고 lard군에서 감소(Fig. 3)하였다.

어유와 콩기름군에서는 6일 섭취로 효소활성이 감소하다가 나머지 기간동안 다시 증가했으며 lard군에서는 식이섭취에 따라 지방산합성효소의 활성변화에서와 같이 효소활성이 증가하였다.

따라서 이러한 결과로 유지종류에 따른 효소활성의 변화 특성은 찾아보기가 어렵다. 그럼에도 불구하고 어유는 혈당감소효과(타연구진과 본 연구실의 타연구자의 미발표 실험결과)를 나타내고 있어 혈당감소에 대한 glucose-6-phosphatase 작용의 기여도 정도와 타 요인에 대한 규명이 요구된다.

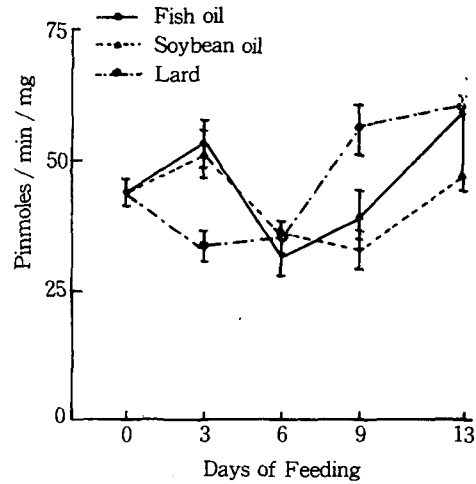


Fig. 3 Activities of hepatic Glucose-6-phosphatase from rats fed synthetic diet containing 10% experimental fats during 13 days. Conditions were same as described in Fig. 1.

3. 어유함량에 따른 간장내 효소활성도

Table V에서 보는 바와 같이 정어리유를 실험어유로 사용하여 식이내의 그 함량을 0.2, 5 및 10%로 변화시켰을 때 0.2보다 5% 식이군에서 G6PDH는 62%, malic enzyme는 33%의 활성감소를 보였다. 10%로 어유함량을 증가시켰을 때 두 지방산합성효소 모두 더 이상의 활성감소는 없었다.

고등어유를 실험어유로 사용했을 때(Table VI) G6PDH와 malic enzyme 활성변화는 정어리유를 사용했을 때와 대체로 비슷한 경향(Table V)으로 어유가 함유되지 않은 군보다 5% 어유식이에서 G6PDH는 50%, malic enzyme는 20%, 그리고 10% 어유식에서 G6PDH는 65%, malic enzyme는 37%의 효소활성감소를 보였다. 2% 어유식에서 malic enzyme 활성변화는 발견할 수 없었으나 G6PDH활성이 이미 감소하기 시작하였다는 것이 주목할만하다.

Table V. Effect of the Level of Dietary Sardine Oil on Hepatic Enzyme Activities after One-Week Feeding

Group Fish oil (%)	Glucose-6-phosphatase	Glucose-6-P dehydrogenase	Malic enzyme
	nmoles / min / mg protein		
0.2(4)	187.2±29.0	17.5±17.3	21.1±13.2
5(4)	137.4± 2.3	6.7± 0.9	14.2± 0.7
10(4)	150.5± 3.0	6.1± 1.3	16.2± 0.4

The rats were fed for one-week 10% fat diets, containing 0.2-10% sardine oil with a filler of lard.

Enzyme activities were measured as described in methods. Figures in parentheses indicate the number of observation in each group.

**p<0.01 vs. Group I.

**p<0.10 vs. Group I.

Table VI. Effect of the Level of Dietary Mackerel Oil on Hepatic Enzyme Activities after 10 Days Feeding

Group Fish oil (%)	Glucose-6-phosphatase	Glucose-6-P dehydrogenase	Malic enzyme
	nmoles / min / mg protein		
0	51.4±3.4	39.1±3.1	59.7±3.5
0.5	45.3±5.3	27.7±0.9	53.0±2.7
1	45.8±3.2	38.7±4.3	53.3±5.8
2	57.5±1.0	33.7±3.3*	56.8±1.9
5	49.4±4.0	19.6±2.9**	47.6±4.6*
10	48.7±3.5	13.5±1.3**	37.6±2.5**

The rats were fed for 10 days 10% fat diets, containing 0-10% mackerel oil with a filler of lard.

Enzyme activities were measured as described in methods. Each point represents the mean value obtained from 5-7 rats±S.E.M.

**p<0.005 vs. Group I

**p<0.05 vs. Group I

두 지방산함성효소중 G6PDH 감소가 malic enzyme 활성 감소보다 모든 경우(실험 2, 3)에 있어서 컸다는 점은 앞서의 경향(Fig. 1, 2)과 일치하였다.

4. 어유함량에 따른 지방조직내 효소활성도

지방조직에서는 간장조직에서와는 달리 G6PDH, malic enzyme 활성의 감소현상은 나타나지 않았다

(Table VII). 반면에 glucose-6-phosphatase 활성이 0.5% 이상의 어유첨가로 약간 증가하였다.

Table VII. Effect of the Level of Dietary Mackerel Oil on Adipose Tissue Enzyme Activities after 10 Days Feeding

Group Fish oil (%)	Glucose-6-phosphatase	Glucose-6-P dehydrogenase	Malic enzyme
	nmoles / min / mg protein		
0	15.2%±2.0	114.0±12.8	222.6±26.2
0.5	19.4±0.7*	145.0±17.2	327.4±28.1
1	20.1±1.2**	194.0± 9.1	418.5±34.6
2	19.3±1.1**	200.0±21.9	393.1±45.7
5	13.9±1.1	131.7±19.2	261.7±39.7
10	18.6±0.9	92.1±11.5	211.9±28.4

Conditions are same as described for Table VI.

**p<0.05 vs. Group I

**p<0.10 vs. Group I

비록 통계학적 유의성은 없었으나, malic enzyme과 G6PDH는 어유함량이 낮은 식이(0~2%)에서의 활성이 고함량(2% 이상)에서 나타나는 활성보다 컸으며, 1~2%의 어유식이때 가장 큰값을 갖는 특이한 현상을 보여 주었다.

IV. 고 찰

어류의 영양학적 가치는 단백질 뿐만 아니라 지질영양 면에서도 점차 커지고 있는바, 어유가 특이지방산을 많이 포함하고 있다는 점에서 구성지방에 대한 연구는 어류의 영양학적 역할의 새로운 면을 제시하는 것이다.

지질은 구성지방산의 종류에 따라 체내대사에 변화를 준다는 사실이 보고되어 있다. 그중 가장 중요한 변화로는 불포화지방 섭취에 따른 혈청내 총 cholesterol저하 및 혈청 lipoprotein pattern 변화등으로 들 수 있는데, 혈청 HDL량과 심장질환 및 고혈압의 유발과는 negative relationship을 가지며 반면, very low density lipoprotein (VLDL)의 증가는 positive relationship을 가진다고 생각 되어지고 있다.

혈청 lipoprotein 함성은 간에서 이루어지므로 간장내의 지질대사와 관련된 효소 및 apoprotein의 합성과정에서 lipoprotein pattern 변화에 중요한 영향을 줄 수 있다.

일반적으로 필수지방산의 활성을 갖는 w6 계의 지방

이 지방산합성을 저해한다고 일찍부터 알려져 왔으나 필수지방산이 아닌 다른 불포화지방산에서도 유사한 효과를 가질수 있다는 보고가 발표되고 있다.

Tepperman과 Vernon은 식이내 지방함량이 증가하면 지방합성이 억제되는 사실을 구명하고 식이내 지방함량과 지방대사에 관여하는 효소와 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 불포화지방을 많이 함유하는 어유 및 콩기름의 섭취로 지방산합성효소 활성의 감소를 초래하였음을 재삼 증명하였다. 물론, 필수지방산 활성을 가진 w6 계의 지방산이 지방산합성효소의 유도(induction)를 감소시킨다는 보고로, 식물유섭취에 의한 지방산합성효소의 활성감소는 새로운 사실이 아니라 할지라도 어유섭취로, 인한 활성감소효과가 식물유인 콩기름군에서 보여준 정도와 같거나(malic enzyme 활성변화)는 현저(G6PDH 활성변화)하였다는 점은 주목할만한 사실이라고 하겠다. 또한 G6PDH 활성변화에서 보면, 분명히 그 효과가 콩기름보다 어유섭취에서 더 현저하였던 결과는 어유성분의 w3 계 지방산의 영향이라고 사료된다.

고등어유의 섭취로 지방조직에서 glucose-6-phosphatase 활성증가가 발견되었다는 사실, 또한 특이할만하다. 이러한 효소활성변화는 Gibson등의 보고로 미루어 효소단백질합성의 감소로 사료되나, 체조직내에 존재하는 특이지방산 및 그 대사산물들의 농도변화에 따른 short-term allosteric inhibition도 고려해야할 문제이다.

또한 식이의 어유함량에 따른 효소활성변화를 관찰한 실험 1,2의 결과에서와 같이, 낮은 함량(2%)의 식이에서 효소활성이 현저히 감소한 것으로 미루어, 대중적인 식습관에서 취하는 미량의 특이지방산 성분의 오랜 섭취에 따른 변화가 영양학적으로 중요한 의의를 갖는 과제로 본 연구의 여지를 남겨두고 있다.

V. 적 요

어류구성지방의 체내대사에 미치는 영향을 조사하고자 어유, 콩기름, lard를 각각 10%(w/w)함유하는 실험식이를 13일간 흰쥐에게 섭취시켜 구성지방의 종류에 따른 간장내 malic enzyme, glucose-6-phosphate dehydrogenase, glucose-6-phosphatase 활성변화를 측정하여 결과를 요약하면 다음과 같다. 실험식이후, 세군 모두 간장내 malic enzyme, G6PDH 활성이 감소되었는데, 이러한 효과는 어유섭취군에서 가장 현저하였다. gluc-

ose-6-phosphatase 활성은 lard섭취군에서 가장 높았다.

식이내의 지방을 어유(0.2~10%, w/w)와 lard로써 총 10%가 되게 조제하여 7또는 10일간 흰쥐에게 섭취시켰을때, 간장내 malic enzyme, G6PDH 활성은 5% 어유식에서 이미 10% 어유식에서와 같은 정도의 감소(62%, 33%)를 보였다. G6PDH는 2% 어유식에서도 14% 감소하였다. 지방조직내에서는 glucose-6-phosphatase 활성이 어유(0.5% 이상)섭취로 약간 증가하였다.

위의 결과는 서로 다른 식이지방간의 체내 지방대사에 대한 특이성으로 사료되며, 특히, 어유는 간장내 지방산합성효소활성을 감소시킴으로써 체내 대사조절에 관여하는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Baginski, E.S., Foa, P.P. and Zak, B., 1974, in Methods of enzymatic analysis(Bergmeyer, H.U., ed.), Academic press, Inc., New York and London, 1, 876~880.
- Bartely, J.C. and Abraham, S., 1972, Dietary regulation of fatty acid synthesis in rat liver and hepatic autotransplants, *Biochem. Biophys. Acta*, 260, 169~177.
- Bartely, J.C. and Abraham, S., 1972, Hepatic lipogenesis in fasted, re-fed rats and mice: Response to dietary fats of differing fatty acid composition, *Biochem. Biophys. Acta*, 280, 258~266.
- Bergmeyer, H.U., 1974, in Methods of enzymatic analysis(Bergmeyer, H.U., ed.), 2nd English Ed., Academic press, Inc., New York and London, 1, 458~459.
- Carrozza, G., Livrea, G., Caponetti, R. and Manasseri, L., 1979, Response of rat hepatic fatty acid synthesis and activities of related enzymes of changes in level of dietary fat, *J. Nutr.*, 109, 162~170.
- Gibson, D.M., 1965, Biosynthesis of fatty acids, *J. Chem. Educ.*, 42, 236~243.
- Gibson, D.M., Lyons, R.T., Scott, D.F. and Muto, Y., 1972, Synthesis and degradation of the lipogenic enzymes of rat liver, *Adv. Enz. Reg.*, 10, 187~204.
- metabolism, changes in glucose-6-phosphate dehy-

- Glomset, J.A., 1968, The plasma lecithin, cholesterol acyltransferase reaction, *J. Lipid. Res.*, 9, 155.
- Goodhart, R.S. and Shik, M.E., 1978, Modern nutrition in health and disease, *Philadelphia : Lea and Febiger*, 897~898.
- Gordon, T., Castelli, W.P., Hjortland, M.C., Kannel, W.B. and Dawber, T.R., 1977, High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease, The Framingham Study, *Amer. J. Med.*, 62, 707.
- Innami, S., 1980, Hyperlipidemia and Diet : Function of polyunsaturated fatty acid (w3 series), *Human science*, 4(12), 795~802.
- Irritani, N. and Fukuda, E., 1980, Effect of corn oil feeding on triglyceride synthesis in the rat, *J. Nutr.*, 110, 1138~1143.
- Lee, Y.J., 1977, Studies on lipids and proteins of rabbit meat. I. Emphasis on lipid component of rabbit meat (Orig.), *K.J.N.*, 10(2), 78.
- Lowry, O.H., Rosebrough, W.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein measurement with the Folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, 193, 265~275.
- Miller, G.J. and Miller, N.E., 1975, Plasma high density lipoprotein concentration and development of ischemic heart disease, *Lancet*, 1, 16.
- Musch, K., Ojakian, M.A. and Williams, M.A., 1974, Comparison of a linolenate and oleate in lowering activity of lipogenic enzymes in rat liver : Evidence for a greater effect of dietary linolenate independent of food and carbohydrate intake, *Biochem. Biophys. Acta*, 337, 343~348.
- Nace, C.S., Szepesi, B. and Michaelis, O.E., 1979, Regulation of glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme in liver and adipose tissue : Effect of dietary trilinolein level in starved-refed and ad libitum-fed rats, *J. Nutr.*, 109, 1094~1102.
- Nishikori, K., Irritani, N. and Numa, S., 1973, Levels of acetyl coenzyme A carboxylase and its effectors in rat liver after short term fat-free refeeding, *FEBS Letters*, 32, 19~21.
- Ochoa, S., 1969, in *Methods in Enzymology* (Lowenstein, J.M., ed.), *Academic press, Inc.*, New York, 13, 230~231.
- Park, K.R. and Han, I.K., 1976, Effect of dietary fat and oils on the growth and serum cholesterol content of rats and chicks, *K.J.N.*, 9(2), 169~177.
- Ruitor, A. and Jongbleod, A.W., 1978, The influence of dietary mackerel oil on the condition of organs and on blood lipid composition in the young growing pig, *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, 2159~2166.
- Shapira, N., Nir, I. and Budoski, P., 1978, Effect of glucose of oil supplementation on lipogenic enzymes in overfed chicks, *J. Nutr.*, 108, 490~496.
- Tepperman, H. M. and Tepperman, J., 1965, Effect of saturated fat diets on rat liver NADP-linked enzyme, *Am. J. Physiol.*, 209, 773~780.
- Truswell, A.S., 1978, Diet and plasma lipids, *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, 977~989.
- Vaughan, D.A. and Winders, R.L., 1964, Effect of diet on HMP dehydrogenase and malic(TPN) dehydrogenase in rat liver, *Am. J. Physiol.*, 206, 1081~1084.
- Vernon, R.G., 1976, Effect of dietary fat on ovine adipose tissue metabolism, *Lipids*, 11(9), 662~669.
- Yang, Y.T. and Williams, M.A., 1978, Comparison of C₁₈-, C₂₀- and C₂₂-unsaturated fatty acids in reducing fatty acid synthesis in isolated rat hepatocytes, *Biochem. Biophys. Acta*, 531, 133~140.

- Abstract -

Effect of Fish Oil Diet on Activities of Lipogenic Enzymes and Glucose-6-phosphatase in Rat Liver and Adipose Tissue

Jung, Sung Eun*

In order to evaluate the effect of fish oil on lipid

*An-Dong Nursing Health Junior College.

drogenase(G6PDH), malic enzyme(ME), glucose-6-phosphatase(G6Pase) activities were measured in liver and adipose tissue of rats fed 13 days supplemented fish oil at the level of 10% (W/W). Two other groups of rats were fed 10% soybean oil or lard to compare with the effect of fish oil. In all groups, activities of hepatic G6PDH and ME were depressed from the beginning of feeding. This effect was greatest (50%) in fish oil group. Hepatic G6Pase was highest in rats fed lard. When the level of fish oil was reduced to half, as total fat content was maintained at the level

of 10% by complementary lard, lipogenic enzyme depressing effect of fish oil was as significant as shown in 10% fish oil diet. Hepatic G6PDH was depressed significantly(14%) in rats fed fish oil as low as 2%. On the other hand, changes in adipose tissue G6PDH and ME activities were small. Adipose tissue G6Pase activity increased slightly in rats fed with increasing fish oil(above 0.5%). It is suggested that fish oil alter, more markedly than either soybean oil or lard, cellular lipid metabolism by reducing activities of hepatic lipogenic enzymes.