

## 타우린복용이 정상 성인여성의 혈장 총지방산 및 인지질 지방산패턴에 미치는 영향\*

박태선 · 정은정\*\* · 업영숙\*\*\* · 오주연 · 이양자

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과, 강남대학교 교양학부\*\*  
연세대학교 식품영양과학연구소\*\*\*

### Effects of Oral Taurine Supplementation on Plasma Total and Phospholipid Fatty Acid Patterns in Healthy Female Adults

Park, Taesun · Chung, Eun Jung\*\* · Um, Young Sook\*\*\*  
Oh, Joo Yeon · Lee-Kim, Yang Cha

*Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea*  
*General Education, Kangnam University, Kyunggido 449-702, Korea\*\**  
*Research Institute of Food & Nutritional Sciences, Yonsei University,*  
*Seoul 120-749, Korea\*\*\**

#### ABSTRACT

Effect of oral taurine supplementation on plasma total- and phospholipid-fatty acid profiles and their metabolism were evaluated in healthy female adults. Among twenty five female volunteers ( $23.6 \pm 0.3$  years old) participated in the taurine supplementation program (6g taurine/day), twenty four subjects successfully completed the 2 week program, and only nine subjects continued to take taurine for another 2 weeks. Levels of plasma fatty acids and taurine were measured by gas-liquid chromatography and an automated amino acid analyzer based on ion-exchange chromatography, respectively. Plasma taurine concentrations of the subjects were  $108.7 \pm 3.4$ ,  $184.2 \pm 8.2$  and  $235.9 \pm 77.0 \mu\text{mol/L}$  at 0, 2, and 4 weeks of taurine supplementation. Fatty acid compositions and elongation and desaturation indices of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in plasma total lipids were not influenced by oral taurine supplementation. However, fatty acid compositions and their metabolism in plasma phospholipids were significantly affected by taurine supplementation in female adults. Compared to the values for 0 week, the percentage of saturated fatty acids (SFA) in plasma phospholipid was significantly lowered at 2 weeks, but elevated at 4 weeks of taurine supplementation. In contrast, the percentage of phospholipid-PUFA significantly increased at 2 weeks and decreased at 4 weeks of taurine supplementation from to the values for 0 week. Four weeks of oral taurine supplementation significantly elevated the elongation index ( $20 : 4 \omega 6 \Rightarrow 22 : 4 \omega 6$ ,  $p < 0.01$ ), and decreased the desaturation index ( $20 : 3 \omega 6 \Rightarrow 20 : 4 \omega 6$ ,  $p < 0.01$ ) of  $\omega 6$  fatty acids in plasma phospholipids. Plasma taurine concentration was positively correlated with the percentage of  $14 : 0$  fatty acids and the elongation index of  $\omega 3$  fatty acids ( $20 : 5 \omega 3 \Rightarrow 22 : 5 \omega 3$ ), and the negatively correlated with the percentage of  $20 : 0$  in plasma phospholipids. These results indicate that oral taurine supplementation for 4

채택일 : 1998년 7월 5일

\*This study was supported by a grant # HMP-97-F-5-0022 of the 1997 Good Health Research and Development Project, Ministry of Health and Welfare, Republic of Korea.

weeks significantly elevated the percentage of SFA, and lowered the percentage of PUFA in plasma phospholipids with no influence on plasma total fatty acid composition in healthy female adults. (*Korean J Nutrition* 31(8) : 1315~1323, 1998)

**KEY WORDS** : taurine · plasma fatty acid · phospholipid fatty acid · desaturation index · elongation index.

## 서 론

가장 오래 전부터 알려져 온 타우린의 생물학적인 기능중의 하나는 글라이신과 함께 간에서 담즙산을 포함시켜 장으로 배설시킴으로써 지방의 유흥과 흡수를 도와주는 역할을 담당하는 것이다. 실험동물을 대상으로 한 연구에서 식이내 타우린보강이 담즙산의 합성과 분비를 증가시켰음이 거듭 보고된 바 있으며<sup>1-4)</sup>, 최근에는 장기간의 타우린보강이 무콜레스테롤 또는 고콜레스테롤 식이를 섭취하는 흰쥐의 혈장과 간의 콜레스테롤 및 중성지방 수준을 유의하게 저하시켰음이 발표된 바 있다<sup>5-8)</sup>. 타우린이 체내 콜레스테롤 및 중성지방 농도를 저하시키는 효과에 대한 기전은 아직까지 명확히 밝혀진 바가 없다. 담즙산의 합성 및 배설을 증가시킴으로써 담즙산의 전구체가 되는 콜레스테롤의 이용 및 배설을 증가시킨다는 견해가 현재까지 가장 유력하게 받아들여지고 있으나, 이외에도 다양한 기전들이 타우린이 지질대사에 미치는 효과에 복합적으로 관여하고 있을 것으로 추정된다.

Yan 등<sup>9)</sup>은 타우린보강이 간조직 microsomes의 인지질패턴과 인지질 지방산조성에 변화를 초래하였음을 보고한 바 있고, 표고버섯에 함유되어 있는 eritadenine 및 soy protein의 혈중 콜레스테롤 저하효과를 밝힌 최근의 연구결과<sup>9-11)</sup>에서도 이들 식품성분들이 간조직 microsomes의 phosphatidylcholine(PC)/phosphatidylethanolamine(PE) 비율을 감소시키고 혈장 인지질의 지방산조성에 유의적인 변화를 초래하였음이 밝혀졌다. 일반적으로 혈장 인지질의 지방산조성은 섭취하는 지방산패턴에 의해 영향을 받으며<sup>12)</sup>, 혈장 지단백질에 함유된 인지질의 지방산조성은 다양한 기전을 통하여 혈장 콜레스테롤의 농도 조절에 중요한 역할을 담당하는 것으로 알려져 있다. 지단백질에 포함된 인지질지방산의 조성에 따라 혈장 인지질의 deacylation에 관여하는 lecithin : cholesterol acyltransferase(LCAT)의 활성에 차이가 있음을 발표한 Subbaiah와 Liu<sup>13)</sup>의 연구는 이를 잘 뒷받침해주고 있다. 아울러 Lambert 등<sup>14)</sup>은 생선유를 섭취한 쥐의 경우, 간에 의해 chylomi-

cron remnant에 함유된 콜레스테롤이 제거되는 속도가 팜유, 올리브유 및 옥수수유를 섭취한 쥐보다 빠르다는 것을 관찰함으로써 혈장 지단백질의 지방산조성이 간에 의한 지단백질 uptake에 영향을 미칠 수 있음을 제안하였다. 이와 같은 연구결과들은  $\omega$ 3계 지방산, soy protein, eritadenine 및 타우린등과 같은 다양한 식품성분들이 혈장 지단백질에 함유된 인지질 지방산조성에 변화를 초래함으로써 부분적으로 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는데 관여할 수 있다는 흥미로운 가설을 제시해주고 있다.

본 연구에서는 건강한 성인여성을 대상으로 타우린복용이 혈장 지방산 조성 및 대사에 미치는 효과를 총 지방산 및 인지질 지방산조성에 초점을 맞추어 평가하고, 혈장 타우린 농도와 인지질의 각 지방산조성과의 상관관계를 검토하였다. 본 연구팀은 선행연구에서 한국인<sup>15)</sup>과 중국인 수유부<sup>16)</sup>를 대상으로 모유의 타우린 함량과 지방산조성간의 상관관계를 밝힌 바 있다. 아울러 타우린복용이 혈장인지질의 지방산 조성에 유의적인 변화를 초래하는 것으로 나타난 본 연구의 결과는 지질대사에 관여하는 타우린의 작용기전을 밝히기 위한 기초자료가 될 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구대상자 선정 및 혈액채취

연세대학교에 재학중인 학부생과 대학원생 중 질병이 없고 건강한 여학생으로 연구에 협조할 의사가 있는 25명을 연구대상자로 선정하였다. 연구대상자의 평균 나이는  $23.6 \pm 0.8$ 세였고, 체중과 신장은 각기  $51.6 \pm 1.9$ kg과  $160.3 \pm 1.0$ cm이었다. 모든 피검자는 일일 6g의 타우린을 세 번으로 나누어 식간에 물과 함께 복용하도록 하였다. 처음 선정된 총 25명의 대상자 중 1명이 중도에 탈락하여 24명이 2주간의 타우린복용을 끝마쳤고, 그 중 실험을 계속할 의사가 있는 9명은 타우린복용을 2주간 더 연장함으로써 총 4주간의 타우린복용 프로그램에 참여하였다. 타우린은 정제 형태로 동아제약 연구소에 의해 제공되었고, 실험기간 중 모든 피검자는 일상적인 식사를 하도록 유도하였다.

타우린 보강을 실시하기 직전, 보강 후 2주 및 4주가 되는 날 아침 공복시 혈액을 채취하였으며, 채취한 혈액은 2,000×g에서 10분 간 원심분리시켜 혈장을 분리한 후 타우린 및 지질성분 분석시까지 -70℃에서 냉동보관하였다.

## 2. 혈장 중지방산 및 인지질 지방산 분석

Folch<sup>17)</sup>의 방법에 준하여 chloroform-methanol 용액(2 : 1, v/v)으로 혈장의 지질을 추출하였으며, 인지질 성분을 분리하기 위하여 thin layer chromatography(TLC)를 이용하였다. 일정량의 지질추출액을 110℃에서 활성화시킨 silica gel plate(20×20cm)에 점적시키고, 전개 용매로는 petroleum ether : diethylether : acetic acid(80 : 20 : 2, v/v/v)를 사용하였다. 용매를 전개판의 위 끝에서 1cm 아래까지 전개시킨 후 N<sub>2</sub> gas로 말리고, 분리된 각 지질의 분획을 iodine vapor로 발색시켜 동정한 후 인지질분획을 긁어내어 지방을 추출하였다.

혈장의 총지질과 인지질분획에 포함된 지방산조성을 분석하기 위해서 Lepage와 Roy<sup>18)</sup>의 방법에 준하여 지방산을 methylation시킨 후 일정량을 gas-liquid chromatography(GLC, Hewlett Packard 5890A, USA) 기기에 주입시켰으며, internal standard로는 heptadecanoic acid(HA, 17 : 0, Nu Check Prep. Inc., USA)를 사용하였다. Teflon-lined cap tube에 HA(17 : 0, 40mg% 용액) 100μl와 긁어낸 인지질분획 silica gel 또는 혈장 100μl을 넣은 후 2ml의 methanol-benzene 용액(4 : 1, v/v)을 첨가하였다. 각 tube에 magnetic stirring bar를 넣고 저어준 상태에서 0.2 ml의 acetyl chloride를 천천히 가한 뒤 마개로 잘 막아 100℃에서 60분 동안 methylation시켰다. 찬물에서 냉각시킨 후 6% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 5ml을 가하여 반응을 중단시키고, 2,000×g에서 5분간 원심분리하였다. 분리된 벤젠층(상층액)의 일정량을 취하여 fused-silica bonded capillary column(Omega wax 320, Supelco, USA : 30cm×0.32mm)과 flame ionization detector가 부착된 GLC에 주입시켜 각 지방산 성분을 분리·정량하였다. GLC의 oven 온도는 200℃로, injection port 및 detection port의 온도는 260℃로 각각 조정하였으며, carrier gas로 사용된 헬륨의 유속은 1ml/min로, 그리고 split ratio는 10 : 1로 조절하였다. 동일한 조건하에서 분석된 표준지방산 용액(#GLC 87A, Nu Check Prep. Inc., USA)의 retention time을 이용하여 각 지방산 peak를 확인하였고, 각 지방산의 함량은 internal standard로 사용된 HA를 이용하여 총

지방산량을 계산한 뒤 백분율로 표시하였다.

## 3. 혈장 타우린농도 측정

혈장시료 100μl를 1.5ml microeppendorf tube에 취하고 10% sulfosalicylic acid 용액 25μl를 가하여 mixing한 후 4℃에서 1시간 동안 방치하였다. 12,000×g에서 10분 간 원심분리하여 단백질을 제거시킨 후 상층액을 깨끗한 tube에 옮겨놓고, 아미노산 분석기에 주입시키기 직전에 0.2μ filter(PVDF Aerodisc, Gelman Sciences, USA)를 사용하여 여과하였다. 전처리된 시료의 타우린농도는 ion-exchange chromatography<sup>19)</sup>에 입각한 아미노산 전용분석기(Biochrom 20, Pharmacia LKB Biotech, Cambridge, England)를 사용하여 측정하였다. 즉, 여과된 시료 20μl를 sample loading capsule을 통해 lithium high performance column(90×4.6mm, Pharmacia LKB Biotech)에 주입하였으며, mobile phase로는 0.20M lithium citrate buffer, pH 2.80(34℃, 2분)과 0.30M lithium citrate buffer, pH 3.00(34℃, 12분)을 25ml/h의 유속에서 단계적으로 사용하였다. Column을 통해 분리된 아미노산을 ninhydrin시약으로 발색시킨 후 570nm에서 농도를 측정하였으며, 각 시료의 타우린함량은 아미노산 표준용액에서 얻어진 타우린 peak의 면적과 비교함으로써 계산하였다.

## 4. 통계처리

모든 분석수치는 mean±SEM으로 표시하였으며, 타우린복용을 실시하기 직전과 2주 또는 4주후의 혈장 지방산조성의 차이는 paired t-test에 의해 p<0.05, p<0.01 또는 p<0.001 수준에서 유의성 여부를 검증하였다. 또한 혈중 타우린농도와 각 지방산 비율과의 상관관계는 Pearson correlation test에 의해 p<0.05, p<0.01 또는 p<0.001 수준에서 유의성 여부를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 혈장의 타우린 농도

타우린복용을 실시하기 직전에 채취한 연구대상자의 혈장 타우린농도는 108.7±3.4μmol/L로 나타났다(Table 1). 한국인의 혈장 타우린농도는 현재까지 보고된 바가 없어 직접적인 비교가 어려우나 Rana와 Sanders<sup>20)</sup>가 18~40세의 정상적인 식사를 섭취하는 영국인의 혈장 타우린농도를 여성의 경우 76±6.2μmol/L, 남성의 경우 103±12.5μmol/L로 보고한 바 있고, Thomsson<sup>21)</sup>은 cystic fibrosis 환자(4.5~11.5세)의 혈장

타우린농도를 122±59.4μmol/L로 보고하여 본 연구결과와 비교적 잘 일치하고 있다. 본 연구에서 일일 6g의 타우린을 2주 및 4주간 복용한 결과 혈장의 타우린농도가 184.2±8.2와 235.9±77.9μmol/L로 나타나 타우린복용기간이 길어질수록 혈장의 타우린농도가 증가하였음을 알 수 있다(Table 1). 타우린복용 2주째에는 복용전에 비해 70%의 유의적인 증가가 초래되었으며(p<0.001), 4주째에는 117%의 증가가 있었으나 표준편차가 크고 표본수가 상대적으로 제한된 관계로 통계적 유의성은 나타나지 않았다.

일반적으로 혈장의 타우린 농도는 식이내 타우린 섭취량에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있고, 따라서 타우린 섭취량이 적은 채식주의자<sup>20)</sup>, 타우린이 함유되어 있지 않거나 함유되어 있더라도 모유에 비해 그 양이 월등히 낮은 합성 조제분유로 키운 미숙아와 영아<sup>22)</sup>, 그리고 장기간 피장영양(total parenteral nutrition)을 받은 어린이<sup>23)</sup>에게서 혈장의 타우린수준이 감소되었음이 보고된 바 있다. 인체를 대상으로 과량의 타우린복용에 따른 혈장 타우린농도의 변화를 측정하는 연구는 현재까지 보고된 바 없으나 쥐를 대상으로 한 본 연구팀의 선행 연구결과<sup>24)</sup>에 의하면 식이내 1.5%의 타우린을 보강해 준 결과 혈장의 타우린농도가 비보강군에 비해 444% 증가하였음이 관찰되었다. 또한 타우린 생합성능력이 결여되어 있는 고양이를 대상으로 무타우린식이, 정상타우린식이(0.15% 타우린 함유) 및 고타우린식이(1.5% 타우린 함유)로 10~12주간 사육한 결과 혈장의 타우린농도가 각기 1.2±0.2, 78±6 및 365±75μmol/L로 나타나 식이내 타우린 섭취수준에 의해 밀접하게 영향을 받고 있음이 제시되었다<sup>25)26)</sup>. 이상에서와 같이 타우린보강에 의해 혈장의 타우린농도가 급격히 증가한 것은 신장을 통한 타우린 배설이 이미 최고수준에 이른 상태에서 타우린이 일반적인 α-아미노산과는 달리 체내에서 대사되어 에너지원으로 이용되거나 단백질합성에 사용되지 않는 특성을 지니기 때문인 것으로 사려된다.

**2. 혈장의 총지방산 조성**

2주 또는 4주간의 타우린복용이 혈장의 총지방산 조

**Table 1.** Effect of oral taurine supplementation on plasma taurine level in healthy female adults

	0 week (n=25)	2 week (n=24)	4 week (n=9)
Taurine	108.7±3.4	184.2±8.2*	235.9±77.9

Values are mean±SEM.

\*Significantly different from the value for 0 week by paired t-test at p<0.001.

성에 미치는 영향이 Table 2에 제시되어 있다. 타우린복용을 실시하기 전 연구대상자의 혈장 총지방산 조성을 살펴보면 포화지방산(SFA), 단일불포화지방산(MUFA)과 다가불포화지방산(PUFA)이 총지방산의 각기 30±0.3%, 22±0.4% 그리고 44±0.6%를 구성하였고, SFA중에서는 16:0(21%)이, MUFA중에서는 18:1(18%)이, 그리고 PUFA중에서는 18:2 ω6(linoleic acid, LA)(33%)가 양적으로 가장 주된 지방산이었다. 이와 같은 결과는 Han등<sup>27)</sup>과 Kim등<sup>28)</sup>이 한국

**Table 2.** Effect of oral taurine supplementation on plasma fatty acid composition in healthy female adults

Fatty acids	0 week (n=25)	2 week (n=24)	4 week (n=9)
%			
<b>Saturates</b>			
14:0	0.64±0.06	0.66±0.08	0.72±0.11
16:0	21.2±0.25	20.6±0.18	20.4±0.41
18:0	6.7±0.11	6.8±0.12	6.8±0.16
20:0	0.17±0.01	0.16±0.01	0.11±0.01***
22:0	0.79±0.03	0.75±0.02	0.76±0.04
24:0	0.37±0.02	0.39±0.03	0.39±0.02
Total(SFA)	29.9±0.30	29.4±0.19	29.2±0.42
<b>Monounsaturates</b>			
16:1	3.2±0.12	3.0±0.14	3.2±0.30
18:1	18.1±0.35	18.1±0.49	17.4±0.77
24:1	1.2±0.05	1.3±0.19	1.2±0.07
Total(MUFA)	22.4±0.43	22.4±0.61	21.8±1.0
<b>Polyunsaturates</b>			
18:3(ω3)	0.51±0.03	0.61±0.04*	0.63±0.05*
20:5(ω3)	0.77±0.08	0.83±0.06	0.97±0.34
22:5(ω3)	0.12±0.01	0.11±0.01	0.11±0.01
22:6(ω3)	3.0±0.09	3.1±0.11	3.5±0.23
Σω3	4.4±0.17	4.6±0.17	5.2±0.52
18:2(ω6)	32.5±0.65	32.5±0.77	32.9±1.4
18:3(ω6)	0.39±0.03	0.53±0.09	0.46±0.06
20:3(ω6)	1.1±0.06	1.2±0.06	1.2±0.08 <sup>†</sup>
20:4(ω6)	5.6±0.21	5.4±0.19	5.9±0.42
22:4(ω6)	0.28±0.01	0.31±0.05	0.30±0.02
22:5(ω6)	0.14±0.01	0.16±0.01	0.15±0.01
Σω6	37.5±2.0	37.4±2.0	36.9±4.3
Total(PUFA)	44.4±0.57	44.7±0.74	46.1±1.4
Others	3.0±0.14	3.0±0.17	3.0±0.31
P/S	1.5±0.03	1.5±0.03	1.6±0.06
P/M/S	1.5/0.75/1.0	1.5/0.76/1.0	1.6/0.75/1.0
Σω6/Σω3	8.9±0.61	8.4±0.56	7.5±1.1
(EPA+DHA)/AA	0.69±0.04	0.74±0.04	0.74±0.05
DHA/AA	0.55±0.02	0.59±0.03	0.59±0.03

Values are mean±SEM

\*, \*\*\*Significantly different from the values for 0 week by the paired t-test at \*p<0.05, \*\*\*p<0.001.

<sup>†</sup>Significantly different from the values for 2 week by the paired t-test at p<0.05.

성인여성을 대상으로 혈장 총지방산에 대한 각 지방산의 비율을 보고한 수치와 유사하였다.

타우린 복용전과 비교시 복용 2주후에는  $\alpha$ -linolenic acid( $\alpha$ -LNA, 18 : 3  $\omega$ 3)를 제외한 나머지 지방산의 조성에 유의적인 변화가 나타나지 않았다. 타우린복용 4주후에는 복용전에 비해 20 : 0의 비율은 감소한 반면( $p < 0.001$ ),  $\alpha$ -LNA(18 : 3  $\omega$ 3)의 비율은 증가하였으나( $p < 0.05$ ), 이들을 제외한 나머지 지방산조성은 유의적인 변화가 관찰되지 않았다. P/M/S 비율과  $\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$  비율은 타우린 복용기간에 상관없이 1.5~1.6/0.75~0.76/1.0과 7.5~8.9/1.0으로 각기 일정하게 유지되었으며, 이는 성인여성을 대상으로 한 연구에서 식이 지방산의 섭취패턴에 상관없이 P/M/S 비율과  $\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$  비율이 일정하게 유지되었다는 보고<sup>29)</sup>와도 일치하는 것이었다. 아울러 혈장 총지방산의 경우 지방산대사의 지표로 사용되는  $\omega 6$ 계 및  $\omega 3$ 계 지방산의 elongation 및 desaturation index도 타우린복용에 의해 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

**3. 혈장의 인지질 지방산 조성**

타우린복용이 혈장 인지질의 지방산조성에 미치는 영향이 Table 3에 나타나 있다. 타우린복용을 실시하기 전 연구대상자의 혈장인지질 지방산조성을 살펴보면 총지방산에 대한 SFA, MUFA 및 PUFA의 비율이 각기 50±0.8%, 16±0.4%와 31±0.9%로 나타나 총혈장지방산 조성에 비해 SFA의 비율은 더 높은 반면 MUFA와 PUFA의 비율은 더 낮았다. 또한 PUFA중 전구체에 해당되는  $\alpha$ -LNA와 LA는 총혈장지방산의 경우 0.51%와 32.5%로 인지질 지방산( $\alpha$ -LNA, 0.11% ; LA, 18.3%)에 비해 더 높은 비율로 존재하는 반면, 대사산물인 arachidonic acid(AA, 20 : 4  $\omega 6$ )와 docosahexaenoic acid(DHA, 22 : 6  $\omega 3$ )는 총혈장지방산(AA, 0.28% ; DHA, 3.0%)에 비해 인지질 지방산(AA, 5.7% ; DHA, 4.1%)에서 더 높은 비율로 존재하는 것으로 관찰되어 Oh등<sup>29)</sup>의 한국성인을 대상으로 한 연구결과를 재확인시켜 주었다.

인지질에 함유되어 있는 총SFA의 비율은 타우린복용 2주후 유의적으로 감소하였다가( $p < 0.05$ ) 4주후에는 다시 증가하여 복용전보다도 유의적으로 높은 수치를 나타냈으며( $p < 0.01$ ), 특히 SFA중에서 양적으로 가장 많은 부분을 차지하는 16 : 0과 18 : 0에서 이와 같은 양상이 뚜렷하게 나타났다. MUFA의 경우에도 SFA와 유사한 패턴을 보여 타우린 복용 2주 후에 유의하게 감소하였다가( $p < 0.05$ ), 통계적인 유의성은 없으나 타우린복용 4주후에는 다시 증가하여 복용전과 비슷

한 수준을 나타냈다. 반면, 총PUFA의 비율은 타우린 복용전과 비교하여 복용 2주후에 유의적으로 증가하였다가(15% 증가,  $p < 0.01$ ), 4주후에는 다시 감소하여 복용전보다도 유의적으로 낮은 수치를 보였다(27% 감소,  $p < 0.01$ ). 특히  $\omega 3$ 계 지방산 중 양적으로 가장 많은 부분을 차지하는 DHA(22 : 6,  $\omega 3$ )는 복용 2주후 22%의 증가를 나타냈으나( $p < 0.01$ ) 4주후에는 다시

**Table 3.** Effect of oral taurine supplementation on fatty acid composition of plasma phospholipids in healthy female adults

Fatty acids	0 week (n=25)	2 week (n=21)	4 week (n=9)
%			
<b>Saturates</b>			
14 : 0	0.33±0.55	0.38±0.07	0.46±0.06
16 : 0	32.0 ±0.53	29.5 ±0.29**	35.0 ±0.65**c
18 : 0	14.8 ±0.30	14.0 ±0.18*	17.6 ±0.68**a
20 : 0	0.55±0.02	0.63±0.03	0.56±0.04
22 : 0	1.7 ±0.08	1.5 ±0.06	1.9 ±0.04 <sup>a</sup>
24 : 0	0.37±0.03	0.53±0.02***	0.17±0.03 <sup>c</sup>
Total(SFA)	49.7 ±0.78	46.5 ±0.43*	55.7 ±1.2**c
<b>Monounsaturates</b>			
16 : 1	1.2 ±0.05	1.0 ±0.08*	1.6 ±0.11 <sup>a</sup>
18 : 1	11.9 ±0.33	11.0 ±0.33	12.2 ±0.68
22 : 1	0.19±0.33	0.29±0.03*	0.31±0.06
24 : 1	2.58±0.13	2.2 ±0.09**	2.3 ±0.15
Total(MUFA)	15.8 ±0.38	14.3 ±0.38*	16.2 ±0.83
<b>Polyunsaturates</b>			
18 : 3( $\omega 3$ )	0.11±0.01	0.15±0.01*	0.10±0.02
20 : 5( $\omega 3$ )	0.57±0.09	0.79±0.08	0.34±0.10 <sup>a</sup>
22 : 5( $\omega 3$ )	0.11±0.01	0.14±0.01*	0.13±0.04 <sup>a</sup>
22 : 6( $\omega 3$ )	4.1 ±0.19	5.0 ±0.18**	2.56±0.15**c
$\Sigma\omega 3$	4.9 ±0.27	6.1 ±0.24**	3.1 ±0.17 <sup>c</sup>
18 : 2( $\omega 6$ )	18.3 ±0.55	20.3 ±0.49	14.6 ±0.84**c
18 : 3( $\omega 6$ )	0.21±0.03	0.28±0.04	0.10±0.02 <sup>a</sup>
20 : 3( $\omega 6$ )	1.5 ±0.07	1.9 ±0.12**	1.2 ±0.10 <sup>a</sup>
20 : 4( $\omega 6$ )	5.7 ±0.35	6.8 ±0.28*	3.1 ±0.22**c
20 : 4( $\omega 6$ )	0.59±0.03	0.51±0.03	0.63±0.04 <sup>b</sup>
22 : 5( $\omega 6$ )	0.21±0.02	0.28±0.02*	0.20±0.06
$\Sigma\omega 6$	26.5 ±0.72	31.0 ±0.53*	19.8 ±0.96**c
Total(PUFA)	31.4 ±0.87	31.1 ±0.62**	23.0 ±0.97**c
<b>Others</b>			
P/S	0.64±0.03	0.78±0.02**	0.42±0.03**c
P/M/S	0.64/0.32/1.0	0.78/0.31/1.0	0.42/0.29/1.0
$\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$	5.7 ±0.27	5.14±0.24	6.5 ±0.43 <sup>b</sup>
(EPA+DHA)/	0.85±0.04	0.87±0.05	0.99±0.09
DHA/AA	0.75±0.37	0.75±0.39	0.86±0.76

Values are mean±SEM  
 \*, \*\*, \*\*\*Significantly different from the values for 0 week by the paired t-test at \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$   
<sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup>Significantly different from the values for 2 week by the paired t-test at <sup>a</sup> $p < 0.05$ , <sup>b</sup> $p < 0.01$ , <sup>c</sup> $p < 0.001$

감소하여 타우린 복용전보다도 38% 감소한 수치를 보였으며( $p < 0.01$ ),  $\omega 6$ 계 지방산 중 가장 많은 비율을 차지하는 LA(18 : 2,  $\omega 6$ )도 타우린복용 2주후 증가하는 경향을 보이다가 4주후에는 복용전에 비해 20% 정도 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 지방산조성의 변화양상은 혈장인지질의 SFA에 대한 PUFA 비율(P/S)에 변화를 초래하여 타우린 복용전 0.64이던 것이 2주후에는 0.78로 증가하였다가 복용 4주후에는 다시 0.42로 감소하였다( $p < 0.01$ ).

이상에서와 같이 타우린복용 2주째 증가하였던 혈장인지질의 지방산은 4주후에는 감소하였고, 반대로 2주째 감소하였던 지방산은 4주째 증가하는 현상을 보인 것은 건강한 남자 대학생을 대상으로 지방산조성이 다른 식용유지를 5주 동안 섭취시킨 결과 실험 3주째 나타났던 혈청인지질 지방산조성의 변화가 실험 5주째에 상쇄되어 실험전 수준으로 되돌아갔음을 보고한 선행연구<sup>30)</sup>와도 유사한 결과이다. 이와 같은 현상은 섭취기간이 경과함에 따라 혈장, 간 및 지방 조직 사이에서 유리지방산의 활발한 상호교환이 진행되므로써 혈장의 인지질 지방산조성에 '적응현상(homeostasis)'이 일어난 것으로 사려된다. 타우린복용 또는 지방산 섭취 패턴이 혈장의 총지방산 조성보다 인지질 지방산조성에 더욱 밀접하게 영향을 미친 것으로 나타난 본 연구와 Oh등<sup>29)</sup>의 연구결과들은 혈장인지질의 지방산대사가 식사요인에 대해 매우 민감하게 반응하였음을 제시해주는 것이다. 혈장인지질의 지방산조성은 단기간의 지방산 섭취패턴의 변화를 반영하는 반면, 지방조직의 지방산조성은 장기간의 식사 지방산패턴을 반영한다는 Popp-Snijders와 Block<sup>31)</sup>의 제안에 비추어 볼 때 타우린복용을 포함한 장기간의 식이섭취 변화는 궁극적으로 지방조직의 지방산조성에 변화를 초래함으로써 혈장인지질에 나타난 지방산조성에 homeostasis를 유지시켜주는 것으로 사려되며, 앞으로 장기간(4주이상)의 타우린 복용에 따른 혈장인지질 지방산패턴의 변화가 검토되어야 할 것으로 생각된다.

1992년, Yan등<sup>5)</sup>이 타우린 또는 타우린 길항제(antagonist)인 guanidinoethane sulfonate(GES)를 식수에 첨가시켜 흰쥐에게 섭취시킨 결과, 간의 주요 인지질에 함유된 포화지방산의 비율은 타우린보강에 의해 증가되었고 다가불포화지방산의 비율은 감소된 한편, GES 섭취로 인해 체내 타우린수준이 낮아진 상태에서는 역의 결과가 관찰되었다. 이와 비슷하게 1991년, Cantafora등<sup>32)</sup>은 고양이를 대상으로 0%, 0.05% 또는 1%의 타우린이 함유된 식이를 2년 이상 섭취시킨 후 간조직내 주요지질의 지방산조성을 평가한 결과 타

우린보강은 간의 phosphatidyl choline(PC)에 함유된 포화지방산의 비율은 증가시키고 대부분의 단일 및 다가불포화지방산의 비율은 감소시켰음을 관찰한 바 있다.

최근 Sugiyama등<sup>9)</sup>은 혈중 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 알려진 표고버섯내의 eritadenine이란 물질이 혈장 PC의 지방산조성에 미치는 영향을 연구한 바 있다. 흰쥐를 대상으로 한 그들의 연구결과에 의하면 eritadenine이 함유된 식이를 2주간 섭취시킨 결과 지방급원의 종류에 상관없이 혈장 PC의 16 : 0, 18 : 1 및 18 : 2  $\omega 6$  비율이 증가하였고, 18 : 0, 20 : 4  $\omega 6$ , 20 : 5  $\omega 3$ , 22 : 5  $\omega 6$ , 22 : 5  $\omega 3$  및 22 : 6  $\omega 3$  비율이 유의적으로 감소하였음이 보고되었다. 또한 Sugiyama와 Yamakawa<sup>10)</sup>는 간 조직의 microsome과 혈장의 PC 지방산조성 간에 유의적인 양의 상관성이 존재함을 밝힘으로써 eritadenine에 의한 혈장 PC 지방산조성의 변화는 간의 PC 지방산대사를 반영하는 것임을 제안한 바 있다.

#### 4. 혈장 인지질의 지방산대사 변화

4주간의 타우린 복용은  $\omega 6$ 계 지방산의 elongation 지표(20 : 4  $\omega 6 \Rightarrow 22 : 4 \omega 6$ )를 유의하게 증가시킨 한편  $\omega 6$ 계 지방산의 desaturation 지표(20 : 3  $\omega 6 \Rightarrow 20 : 4 \omega 6$ )는 감소시켰으며( $p < 0.01$ ),  $\omega 3$ 계 지방산에서도 통계적으로 유의한 수준은 아니었으나 같은 경향이 나타났다(Table 4). 타우린복용 4주후 22 : 4  $\omega 6$ 의 비율이 증가한 것으로 미루어 볼 때,  $\omega 6$ 계 지방산의 elongation(20 : 4  $\omega 6 \Rightarrow 22 : 4 \omega 6$ ) 활성이 증가한 데에는  $\omega 6$ 계 지방산의 desaturation 활성(20 : 3  $\omega 6 \Rightarrow 20 : 4 \omega 6$ )이 감소하여 20 : 4  $\omega 6$ 의 비율이 상대적으로 감소된 것 이외에도 20 : 4( $\omega 6$ )  $\Rightarrow$  22 : 4( $\omega 6$ )로의 순수한 net elongation 활성이 증가한 것 또한 부분적으로 기여했을 것으로 생각된다. 즉, 타우린복용은 desaturation 및 elongation 활성에 대해 각각 영향을 미친 것으로 사려된다.

본 연구팀이 모유의 타우린농도와 지방산조성과의 상관관계를 연구한 결과<sup>15)</sup>에 의하면 모유의 타우린농도는  $\omega 6$ 계 지방산의 desaturation 지표(22 : 4  $\omega 6 \Rightarrow 22 : 5 \omega 6$ ,  $p < 0.05$ )와는 음의 상관관계를,  $\omega 3$ 계 및  $\omega 6$ 계 지방산의 elongation 지표(20 : 5  $\omega 3 \Rightarrow 22 : 5 \omega 3$  및 20 : 4  $\omega 6 \Rightarrow 22 : 4 \omega 6$ ,  $p < 0.001$ )와는 양의 상관관계를 지니는 것으로 나타나 본 연구에서 타우린복용에 의해  $\omega 6$ 계 지방산의 elongation은 증가하고 desaturation이 감소한 결과와 일치하였다.

이상에서와 같이 타우린보강에 의해 혈장의 인지질

**Table 4.** Effect of oral taurine supplementation on desaturation and elongation indices of plasma phospholipid fatty acids in healthy female adults

	0 week (n=25)	2 week (n=21)	4 week (n=9)
<b>Desaturation index</b>			
18 : 3(ω6)/ 18 : 2(ω6)	0.01 ± 0.002	0.01 ± 0.002	0.01 ± 0.001
20 : 4(ω6)/ 20 : 3(ω6)	3.9 ± 0.27	3.8 ± 0.28	2.6 ± 0.23*** <sup>a</sup>
22 : 5(ω6)/ 22 : 4(ω6)	0.37 ± 0.04	0.78 ± 0.28	0.30 ± 0.08
22 : 6(ω3)/ 22 : 5(ω3)	43.4 ± 3.0	46.8 ± 9.3	31.2 ± 7.4
<b>Elongation index</b>			
20 : 3(ω6)/ 18 : 3(ω6)	11.8 ± 1.7	10.2 ± 2.01	14.2 ± 2.10
22 : 4(ω6)/ 20 : 4(ω6)	0.12 ± 0.01	0.08 ± 0.01**	0.22 ± 0.03** <sup>b</sup>
22 : 5(ω3)/ 20 : 5(ω3)	0.18 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.42 ± 0.27

Values are mean ± SEM

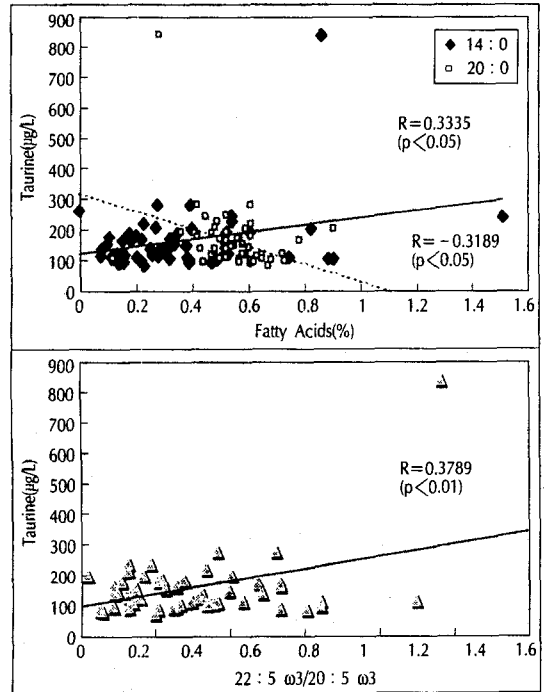
\*, \*\*, \*\*\*Significantly different from the values for 0 week by the paired t-test at \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

<sup>a</sup>, <sup>b</sup>Significantly different from the values for 2 week by the paired t-test at <sup>a</sup>p<0.05, <sup>b</sup>p<0.001

지방산조성에 변화가 초래된 것은 타우린이 지방산의 elongation 및 desaturation에 관여하는 간조직 microsomes의 효소활성에 관여하였을 가능성을 시사해주고 있다. 일반적으로 간조직의 microsomes에 존재하는 desaturase 활성은 식이내 콜레스테롤 함량, 식이지방의 포화정도, 단백질의 종류, 당질섭취량 등과 같은 여러가지 식사 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다<sup>33-36</sup>. 콜레스테롤 섭취의 증가는 간조직 microsomes에 존재하는 Δ-9 desaturase 활성을 증가시키고, Δ-6 및 Δ-5 desaturase 활성은 감소시켰다는 보고<sup>33</sup>가 있는 한편, Garda등<sup>37</sup>의 연구에서는 고콜레스테롤 섭취에 의해 위에서 언급된 3가지의 desaturase 활성이 모두 증가하였음이 발표된 바 있다. 본 연구팀은 선행연구<sup>6</sup>에서 무콜레스테롤식이와 고콜레스테롤 식이를 섭취하는 흰쥐에게 타우린보강을 실시한 결과 혈액과 간의 콜레스테롤 수준이 유의하게 감소하였음을 관찰한 바 있고, 따라서 타우린이 혈중 콜레스테롤농도를 저하시킴으로써 간접적으로 간조직의 desaturase 활성을 저하시키는데 관여하였을 가능성을 생각해 볼 수 있겠다.

**5. 혈장의 지방산 조성과의 타우린농도와의 상관관계**

타우린복용을 실시하기 직전, 복용 2주 및 4주째 채취한 혈액을 모두 포함시켜 혈장의 타우린 농도와 혈장



**Fig. 1.** Correlation between plasma taurine concentration and percentages of 14 : 0 and 20 : 0(A), and 22 : 5 ω3/20 : 5 ω3 ratio (B) in plasma phospholipids of healthy female adults.

인지질 지방산 비율과의 상관관계를 평가한 결과가 Fig. 1에 제시되어 있다. 혈장의 타우린농도는 인지질 지방산의 myristic acid(14 : 0) 비율과의 양의 상관관계를 보였으며(p<0.05), arachidic acid(20 : 0) 비율과는 음의 상관관계를 보였으며(p<0.05), ω3계 지방산의 desaturation 지표(20 : 5 ω3⇒22 : 5, ω3)와는 양의 상관관계를 보였 다(p<0.01).

혈장 및 조직의 타우린 농도와 지방산조성과의 상관 관계에 관한 연구는 보고된 바가 없고, 따라서 직접적인 비교를 할 수 없는 것이 어렵다. 한국인을 대상으로 모유의 지방산조성과 타우린농도와의 상관관계를 검토한 선행 연구결과<sup>15</sup>에 의하면 타우린농도는 중사슬 SFA(10 : 0, 12 : 0과 14 : 0)의 비율과는 음의 상관관계를, 장사슬 SFA(16 : 0, 20 : 0, 22 : 0과 24 : 0) 및 MUFA(18 : 1, 20 : 1, 22 : 1과 24 : 1) 그리고 ω6계 (20 : 4, 22 : 4와 22 : 5) 및 ω3계(22 : 5) PUFA의 비율과는 양의 상관관계를 보인 것으로 나타났다. 이와 같이 두 연구의 결과가 서로 다르게 나타난 것은 아마도 분석 시료의 차이에 기인된 것으로 생각된다. 모유의 지방산 조성을 살펴보면 SFA, MUFA 및 PUFA가 총지방산의 44%, 31~33% 및 17% 정도를 구성하는 것으로 나타나<sup>15</sup> 혈장 지방산조성에 비해 SFA 및

MUFA의 비율은 높고 PUFA의 비율은 낮은 것을 알 수 있다.

### 요약 및 결론

본 연구에서는 2주 또는 4주간의 타우린복용(6g/day)이 건강한 성인여성의 혈장 지방산조성 및 대사에 미치는 영향을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 연구대상자의 혈장 타우린농도는 타우린복용을 시작하기 직전, 타우린복용 2주 및 4주후 각기 108.7±3.4, 184.2±8.2 및 235.9±77.9μmol/L로 나타나 타우린복용기간이 길어짐에 따라 4주째까지 점차로 증가하였다.

2) 타우린복용이 혈장의 총지방산 조성에 미치는 영향을 살펴보면 거의 대부분의 지방산조성에 유의적인 변화가 관찰되지 않았고, P/M/S 비율과  $\Sigma\omega6/\Sigma\omega3$  비율, 그리고  $\omega6$ 계 및  $\omega3$ 계 지방산의 elongation 및 desaturation 지표에도 유의적인 영향을 미치지 않았다.

3) 혈장인지질의 지방산조성은 혈장 총지방산보다 타우린복용에 의해 훨씬 더 민감하게 반응하였고, 타우린복용기간에 따라 서로 다른 결과를 나타냈다. 즉, 혈장인지질에 함유된 총포화지방산의 비율은 타우린복용 2주후 유의적으로 감소하였다가 4주후에는 다시 증가하여 복용전보다도 유의적으로 더 높은 수준을 나타낸 반면, 총다가불포화지방산의 비율은 타우린복용 전과 비교시 복용 2주후에 유의적으로 증가하였다가 4주후에는 다시 감소하여 복용전보다도 유의적으로 낮은 수치를 보였다.

4) 4주간의 타우린복용은 혈장인지질에 포함된  $\omega6$ 계 지방산의 elongation 지표를 유의적으로 증가시킨 반면  $\omega6$ 계 지방산의 desaturation 지표는 유의적으로 감소시켰음이 관찰되었고,  $\omega3$ 계 지방산에서도 같은 경향을 보였다.

5) 실험기간 동안 혈장의 타우린농도와 혈장인지질의 지방산조성과의 상관관계를 살펴보면 타우린농도는 myristic acid(14 : 0) 비율과 양의 상관관계를, arachidic acid(20 : 0) 비율과는 음의 상관관계를 보였으며,  $\omega3$ 계 지방산의 enlogation 지표(20 : 5  $\omega3 \Rightarrow 22 : 5 \omega3$ )와는 양의 상관관계를 나타냈다.

### Literature cited

1) Batta AK, Salen G, Shefer S, Tint GS, Dayal B. The effect of tauroursodeoxycholic acid and taurine supplementat-

ion on biliary bile acid composition. *Hepatology* 2 : 811-826, 1982

2) Kibe A, Wake C, Kuramoto T, Hoshita T. Effect of dietary taurine on bile acid metabolism in guinea pigs. *Lipids* 15 : 224-229, 1980

3) Stephan ZF, Armstrong MJ, Hayes KC. Bile lipid alterations in taurine-depleted monkeys. *Am J Clin Nutr* 34 : 204-210, 1981

4) Strasberg SM, Lison RG, Palopheimo JE. Bile salt-associated electrolyte secretion and the effect of sodium taurocholate on bile flow. *J Lab Clin Med* 101 : 317-326, 1983

5) Yan CC, Bravo E, Cantafora A. Effect of taurine levels on liver lipid metabolism : an in vivo study in the rat. *Proc Soc Exp Biol Med* 202 : 88-96, 1993

6) Park T, Lee KS, Um YS. Dietary taurine supplementation reduces plasma and liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *Nutr Res* 18 (9) : 1559-1571, 1998

7) Park T, Lee KS. Effect of dietary taurine supplementation on plasma and liver lipid levels in rats fed a cholesterol-free diet. *Kor J Nutr* 30(10) : 1132-1139, 1997

8) Gandhi VM, Cherian KM, Mulky MJ. Hypolipidemic action of taurine in rats. *Ind J Exp Biol* 30 : 413-417, 1992

9) Sugiyama K, Yamakawa A, Kawagishi H, Saeki S. Dietary eritadenine modifies plasma phosphatidylcholine molecular species profile in rats fed different types of fat. *J Nutr* 127 : 593-599, 1997

10) Sugiyama K, Yamakawa A. Dietary eritadenine-induced alteration of molecular species composition of phospholipids in rats. *Lipids* 31 : 399-404, 1996

11) Sugiyama K, Yamakawa A, Kanamori H, Muramatsu K. Relationship between plasma cholesterol lowering effect of soybean protein isolate and phospholipid biosynthesis in rats. *Nutr Sci Soy Protein Jpn* 12 : 56-62, 1991

12) Prisco D, Eilippini M, Francalanci I, Paniccia R, Gensiri GF, Abbate R, Sernei GGN. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid intake on phospholipids fatty acid composition in plasma and erythrocytes. *Am J Clin Nutr* 63 : 925-932, 1996

13) Subbaiah PV, Liu M. Comparative studies on the substrate specificity of lecithin : cholesterol acyltransferase in the plasma of 14 vertebrates. *J Lipid Res* 27 : 113-122, 1996

14) Lambert MS, Botham KM, Mayes PA. Variation in composition of dietary fats affect hepatic uptake and metabolism of chylomicron remnants. *Biochem J* 310 : 845-852, 1995

15) Park T, Chung EJ, Um YS, Moon SJ, Lee-Kim YC. Taurine concentrations are closely correlated with fatty acids concentrations in breast milk from Koreans. *Kor J Nutr* 31(1) : 88-95, 1998



- 16) Lee-Kim YC, Park T, Chung EJ, Um YS, Lei S, Xiang M, Li T. Relationship between fatty acid compositions and taurine concentration in breast milk from Chinese rural mothers. *Asia Pacific J Clin Nutr* 7(1) : 77-83, 1998
- 17) Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 2 : 497-509, 1957
- 18) Lepage G, Roy CC. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J Lipid Res* 27 : 114-120, 1986
- 19) Moore S, Stein WH. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment. In : Colowick SP, Kaplan NO, eds. *Methods in Enzymology*, Vol 6, pp. 819-831, Academic Press, New York, 1963
- 20) Rana SK, Sanders TAB. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *Br J Nutr* 56 : 17-27, 1986
- 21) Thompson GN, Robb TA, Davidson GP. Taurine supplementation, fat absorption and growth in cystic fibrosis. *J Pediatr* 111 : 501-506, 1987
- 22) Rassin K, Gaull GE, Järvenpää AL, Räihä NCR. Feeding the low-birth-weight infant. II. Effect of taurine and cholesterol supplementation on amino acids and cholesterol. *Pediatrics* 7 : 179-186, 1983
- 23) Vinton NE, Laidlaw SA, Ament ME, Kopple JD. Taurine concentrations in plasma, blood cells, and urine of children undergoing long-term total parenteral nutrition. *Pediatr Res* 21 : 399-403, 1987
- 24) Park JE, Cha HS, Park T. Effects of dietary taurine or glycine supplementation on plasma and liver free amino acid concentrations in rats. *Kor J Nutr* 31(2) : 126-134, 1998
- 25) Park T, Rogers QR. Effect of dietary taurine on free amino acid concentrations in blood and various tissues of cats. *Kor J Nutr* 28(9) : 846-854, 1995
- 26) Park T, Rogers QR, Morris JG, Chesney RW. Effect of dietary taurine on renal taurine transport by proximal tubule brush border membrane vesicles in the kitten. *J Nutr* 119 : 1452-1460, 1989
- 27) Han EK, Paik HY. Relationship between plasma, erythrocyte membrane and dietary intake levels of  $\omega$ 3 fatty acids in young Korean females : Effect of diet survey for two months. *Kor J Nutr* 28(10) : 995-1003, 1995
- 28) Kim KC, Lim HS. Dietary lipid, plasma lipoprotein and fatty acid composition of young Korean women. *Kor J Nutr* 28(7) : 595-601, 1995
- 29) Oh KW, Lee SI, Song KS, Nam CM, Kim YO, Lee YC. Fatty acid intake pattern and compositions of serum phospholipids-fatty acids of the Koreans Adults. *Korean J Lipidol* 5(2) : 153-165, 1995
- 30) Oh EJ, Kwon JS, Chang YK. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and fatty acid composition of serum phospholipids in men. *Kor J Nutr* 30(4) : 415-424, 1997
- 31) Popp-Snijders C, Block MC. Omega-3 fatty acids in adipose tissue of obese patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus reflect long term dietary intake of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. *Am J Clin Nutr* 61 : 360-365, 1995
- 32) Cantafora A, Blotta I, Rossi SS, Hofmann AF, Sturman JA. Dietary taurine content changes liver lipids in cats. *J Nutr* 121 : 1522-1528, 1991
- 33) Leikin AI, Brenner RR. Cholesterol-induced microsomal changes modulate desaturase activities. *Biochim Biophys Acta* 922 : 294-303, 1987
- 34) Peluffo RO, de Gormez Dumm INT, Brenner RRB. The activating effect of dietary protein on linoleic acid desaturation. *Lipids* 7 : 363-367, 1972
- 35) Peluffo RO, de Gormez Dumm INT, de Alaniz MMT, Brenner RRB. Effect of protein and insulin on linoleic acid desaturation of normal and diabetic rats. *J Nutr* 101 : 1075-1084, 1971
- 36) Holloway CT, Holloway PW. Steroyl coenzyme A desaturase activity in mouse liver microsomes of varying lipid compositions. *Arch Biochem Biophys* 16 : 496-504, 1975
- 37) Garda HA, Brenner RR. In vitro modification of cholesterol content of rat liver microsomes : Effects upon membrane fluidity and activities of glucose-6-phosphatase and fatty acid desaturation systems. *Biochim Biophys Acta* 819(1) : 45-54, 1985