

서울지역 청소년 및 성인의 타우린 섭취량, 혈중 농도 및 소변내 배설량에 관한 연구*

박태선[§] · 강혜원^{**} · 박정은 · 조세현^{***}

연세대학교 식품영양학과, 연세대학교 식품영양과학연구소, ** 포천중문의과대학교^{***}

Dietary Intakes, Plasma Levels and Urinary Excretions of Taurine in Adolescents and Adults Residing in Seoul Area*

Park, Taesun[§] · Kang, Hye Won^{**} · Park, Jungeun · Cho, Sehyun^{***}

Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
Research Institute of Food & Nutritional Sciences, ** Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
College of Medicine, *** Pochon CHA University, Kyunggi-do 487-800, Korea

ABSTRACT

As diverse physiological functions of taurine have been reported, taurine-containing health drinks and products are marketed worldwide for the treatment of various conditions such as improvements of liver, heart and circulatory functions or as an aid to athletic performance. Although animal studies have shown that taurine is fairly safe when supplemented in the diet for an extended period, the effective dose range of taurine for dietary supplements is in controversy. Reports on dietary taurine intakes have been sparse, and would serve as a guideline for determining an appropriate taurine dosage. The present study was aimed to estimate dietary intake level of taurine using the taurine content database of commonly used food stuffs established recently in our laboratory, and also to evaluate plasma concentration and urinary excretion of taurine in adolescents and adults residing in Seoul area. Dietary taurine intakes of the subjects were 219 ± 16.9 mg/day for 16-19 years old(n = 123), 177 ± 18.1 mg/day for adults older than 20 years old(n = 123). Male subjects(n = 115) consumed 216 ± 21.1 mg of taurine/day, while female subjects(n = 131) consumed 181 ± 14.3 mg of taurine/day(p > 0.05). The level of dietary taurine intake was positively correlated with the levels of dietary intakes of energy, carbohydrate, total lipids, cholesterol, vitamin A, vitamin B₁, niacin, vitamin C, calcium, phosphorous, sodium and potassium at p < 0.01, and with dietary intakes of iron and animal lipids at p < 0.05, respectively. Plasma taurine concentration of subjects were 135 ± 5.9 μmol/L, which is considered to be within a normal range for healthy subjects. The subjects excreted 1158 ± 72.7 nmol/of taurine mg creatinine in their urine, which is approximated as 150-170mg of taurine/24 hr urine based on the assumption that 18mg creatinine/kg/day is excreted in the urine of healthy adults, and this would be about 80% of the daily taurine intake observed in the same subjects. Dietary taurine intake level was positively correlated with plasma taurine concentration, as well as with urinary taurine excretion corrected by creatinine excretion at p < 0.05. The present study was the first report of taurine intake, and plasma concentration and urinary excretion of taurine in a Korean population so far, and these results would serve as an index for the future study evaluating taurine status in a diverse population within and outside Korea. (*Korean J Nutrition* 34(4) : 440~448, 2001)

KEY WORDS : taurine intakes, plasma taurine concentration, urinary taurine excretion, adolescents, adults.

서 론

합황아미노산인 타우린(2-aminoethanesulfonic acid)

접수일 : 2001년 2월 28일

채택일 : 2001년 6월 4일

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

[§]To whom correspondence should be addressed.

은 간에서 담즙산을 포함하여 장으로 배설시키므로써 섭취된 지방의 흡수를 도와주고, 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도를 저하시키는 기능¹⁻⁴⁾을 담당하는 이외에도 뇌발달, 망막기능, 심장보호작용, 삼투압조절, 생식기능, 성장발달, 간기능 보호 및 산화성 독성물질의 제거 등과 같은 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다.⁵⁻¹⁰⁾ 이와 같은 타우린의 다양한 생리활성이 보고되면서 일본, 유럽 및 미국 등의 선진국에서는 건강음료 및 질병 치료제로서 타우린의

사용이 증폭되고 있으며, 그 예로 Lipovitan®, Red Bull, Calm Kids, Crave-Away 및 Hansen's Energy 등과 같은 제품이 개발되어 판매되고 있다. 기존의 약제와는 달리 타우린은 독성이 보고된 바 없는 안전한 생체내 물질^{11,12)}이라는 측면에서 타우린이 함유된 건강음료 및 기능성 식품의 개발 및 판매가 확대되어 가고 있으나, 이들 제품의 적정 타우린 함유량을 결정하기 위해 필수적 기초자료가 되는 타우린의 일일섭취량에 관한 연구보고는 세계적으로 매우 드물다.

타우린은 체내에서 합황아미노산인 시스테인으로부터 생합성되나 인체의 경우 생합성과정에 관여하는 효소인 cysteine dioxygenase와 cysteinesulfinate decarboxylase의 활성이 낮아 생합성이 거의 일어나지 않고 있으며,^{13,14)} 이에 따라 타우린의 필수성이 논의되기도 하였다. 일상적인 식사를 섭취하는 성인에게서 타우린 결핍증의 임상적 보고는 없었지만, 타우린이 첨가되지 않은 합성조제유를 섭취하는 미숙아와 영아,¹⁵⁾ 그리고 장기간 피장영양(total parenteral nutrition)을 받은 어린이¹⁶⁾에게서 혈장의 타우린수준이 감소되었고 망막전도(electroretinogram)에 이상이 초래되었음이 보고된 바 있다.

한국인을 대상으로 타우린 섭취량을 측정하는 연구로는 Kim 등¹⁷⁾이 채식자와 비채식자 수유부의 모유를 섭취하는 영아를 대상으로 일일 타우린 섭취량을 측정하는 것이 유일한 보고이며, 이는 모유의 타우린농도 분석수치와 영아의 모유 섭취량을 근거로 산정된 것이다. 식이섭취조사에 근거하여 타우린섭취량을 평가한 연구는 현재까지 전무한 실정이며, 이는 상용식품의 타우린함량에 대한 데이터베이스의 부재에 기인된 것으로 풀이된다. 한국인 상용식품에 대한 타우린함량 분석은 국립수산물진흥원에 의해 유일하게 어패류와 해조류를 대상으로 행하여져 어패류 221종과 해조류 19종에 대한 타우린 함량이 제시되어 있으며,¹⁸⁾ 최근 본 연구팀은 이 두가지 식품군을 제외한 기타 16가지 식품군에서 흔히 이용되는 280여가지의 식품품목에 대한 타우린 함량을 분석하고 데이터베이스를 수립한 바 있다.¹⁹⁻²¹⁾

본 연구에서는 이와 같은 데이터베이스를 기초로 식이섭취량 조사자료에 근거하여 한국 청소년 및 성인의 타우린 섭취량을 평가하고, 혈중 농도 및 소변내 배설량에 관한 정상 범위를 제시하고자 하였다. 본 연구는 한국인의 타우린 섭취량에 관한 최초의 보고일 뿐 아니라, 우리나라에서 상용되는 음식의 타우린함량 데이터베이스를 기초로 산출되었다는 점에서 의의가 큰 것으로 생각된다.

연구대상 및 방법

1. 설문지 조사

서울지역에 거주하는 16~19세의 고등학교 재학생 및 20~59세 성인남녀 총 300명을 대상으로 설문지를 이용하여 자료를 수집하였다. 설문지는 크게 기초사항과 식사기록표로 구성되었으며, 예비조사를 실시한 후 문제점을 보완하여 1998년 7월부터 9월까지 본조사를 실시하였다. 미리 설문지의 작성요령을 지도한 후 조사대상자가 직접 기록하도록 하였으며, 회수된 272명 중 답변이 불완전한 것을 제외한 총 246명의 자료가 통계분석에 이용되었다.

기초사항으로는 나이, 성별, 직업, 학력, 한달 가계수입, 동거인 수, 종교 등의 일반적 특성과 신장, 체중 등의 신체적 특성, 그리고 운동여부, 흡연 및 음주정도, 정신적 스트레스 정도, 현재와 과거의 만성질환 여부 등의 건강과 관련된 생활요인들을 조사하였다.

식이섭취조사는 잘 훈련된 조사원의 지도를 통해 조사대상자에게 기록요령을 설명한 후 3일동안 섭취한 식품의 내용과 목적량을 아침, 점심, 저녁, 오전 간식, 오후 간식 및 밤 간식으로 구분하여 자세히 기록하도록 하였다. 식이기록법을 실시하는 3일에는 평일 중 이틀과 주말 하루가 포함되도록 하였다. 첫날은 연구자가 식품 모델, 각종 계량기구 및 용기를 이용하여 전날 섭취한 식품과 목적량을 정확히 기억할 수 있도록 도와주었으며, 다음은 식사 후마다 곧바로 섭취 상황을 기록하도록 하였다. 섭취량을 중량으로 환산한 후 Computer-Aided Nutritional analysis program (CAN 전문가용, 주식회사 APAC Intelligence 제작, 한국영양학회부설 영양정보센터 구성)을 이용하여 1일 열량, 당질, 지질, 단백질 및 각종 미량영양소 섭취량을 산출하였다. 타우린 섭취량은 본 연구팀에 의해 구축된 한국인 상용식품의 타우린함량 데이터베이스¹⁹⁻²¹⁾를 CAN program의 '사용자 영양소'란에 입력시켜 산출하였다.

2. 혈액 및 뇨 수집

식이 섭취량 조사에 가담한 모든 피검자로부터 5ml의 공복시 혈액과 순간뇨를 각기 채취하였다. EDTA를 함유한 주사기를 사용하여 혈액을 채취한 후 2,000 × g에서 10분간 원심분리시켜 혈장을 분리하고, 타우린농도 분석 시까지 -20℃에서 냉동보관하였다. 채취한 순간뇨는 타우린과 creatinine 농도 분석을 위해 -20℃에 냉동보관하였다.

3. 타우린 및 Creatinine 농도 분석

혈장과 뇨시료에서 타우린농도를 측정하기 위해 1.5ml

microeppendorf tube에 시료 100 μ l를 취하고, internal standard로 사용된 1mM norleucine(Sigma Chemical Co., U.S.A.) 20 μ l과 10% sulfosalicylic acid 25 μ l을 가하여 세계 혼든 후 4 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 방치하였다. 12,000 \times g에서 5분간 원심분리하여 단백질을 제거시킨 후 상층액을 깨끗한 tube에 옮겨놓고, 아미노산 농도를 분석하기 직전에 0.2 μ m filter(Gelman aerodisc LC PVDF)를 통해 여과시켰다.

타우린농도 분석은 ion-exchange chromatography²²⁾에 입각한 아미노산 전용분석기(Biochrom 20, Pharmacia LKB Biotech, Cambridge, England)를 사용하여 측정하였다. 전처리된 시료 20 μ l를 sample loading capsule을 통해 lithium high performance column(90 \times 4.6 mm, Pharmacia LKB Biotech)에 주입하였으며, 이동상으로는 0.20M lithium citrate buffer, pH 2.80(34 $^{\circ}$ C, 2분)와 0.30M lithium citrate buffer, pH 3.00(34 $^{\circ}$ C, 12분)를 25.0ml/h의 유속에서 단계적으로 사용하였다. Column을 통해 분리된 아미노산을 ninhydrin 시약으로 발색시킨 후 570nm에서 그 농도를 측정하였으며, 다음 시료가 주입되기 전 0.3M lithium hydroxide 용액(88 $^{\circ}$ C, 5분)을 사용하여 column을 씻어낸 후 regeneration 단계를 거쳤다. 시료 1개당 분석에 소요되는 총 시간은 약 60분 정도였다.

각 시료의 타우린농도는 타우린 표준용액(0.5mM) 20 μ l를 주입시켜 얻어진 peak의 면적을 각 시료에서 얻어진 peak의 면적과 비교하여 계산하였다. 반복실험의 오차계수(coefficient of variation)는 5% 이내이었으며, internal standard를 시료에 첨가시키므로써 시료의 전처리 및 분석과정에서 발생하는 손실을 보정하였다. 혈장의 타우린농도는 μ mol/L로, 그리고 소변내 타우린 배설량은 nmol/mg creatinine으로 나타냈으며, 소변의 크레아티닌 농도는 Jaffe 방법²³⁾에 입각한 상업적 kit(Eiken Chemical Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 비색 정량하였다.

4. 통계분석

분석된 모든 자료는 Statistical Analysis System PC package를 이용하여 통계분석하였다. 대상자의 기초사항에 해당되는 변인들에 관한 자료는 빈도와 백분율로 표시하였고, 1일 영양소 섭취량은 성별에 따라 mean \pm SEM으로 나타내었다. 성별에 따른 영양소 섭취량의 차이는 Student's t-test에 의해 $p < 0.05$ 또는 $p < 0.01$ 수준에서 유의성 여부를 검증하였다. 타우린 섭취량과 기타 영양소 섭취량간의 상관관계, 그리고 타우린 섭취량, 혈장 타우린 농도 및 소변내 타우린 배설량간의 상관관계는 관련 변수들

이 모두 interval scale을 나타내므로 Pearson product-moment correlation test에 의해 $p < 0.05$, $p < 0.01$ 또는 $p < 0.001$ 수준에서 유의성 여부를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 연구대상자의 일반사항

응답자의 기초사항에 관한 자료가 Table 1에 빈도와 백분율로 제시되어 있다. 전체 응답자(n = 246)중 남성이 47%, 그리고 여성이 53%를 차지하였으며, 연령대별로는 10대 및 20대가 각기 123명 및 88명으로 합하여 전체 응답자의 86%를 차지하였고, 30대는 9%, 그리고 40대 및 50대는 각기 3% 미만을 이루었다. 남성 응답자의 평균신장 및 체중은 171 \pm 5.7cm와 63.0 \pm 8.9kg이었고, 여성의 경우 평균신장은 161 \pm 5.2cm, 그리고 체중은 52.0 \pm 6.2kg으로 나타났다. 응답자의 평균 체질량지수(BMI)는 남녀 각기 21.5 \pm 2.7과 20.1 \pm 2.3kg/m²로 정상 기준치인 20~25 kg/m²에 해당되었으며, 체중과다로 판정된 대상자는 없었고, 여성의 경우 특히 기준치의 하한선에 근접해 있었다. Sung 등²⁴⁾도 식습관에 관계없이 서울지역에 거주하는 20대 초반 여대생들의 BMI를 20.0 \pm 2.3kg/m²으로 보고하여 10대 후반 및 20대가 응답자의 86%를 차지하는 본 연구의 결과와 일치하고 있다.

응답자의 직업 분포를 살펴보면, 78%가 고등학생 및 대학생이었으며, 이는 응답자의 76%가 부모 및 형제와 함께 거주한다고 답한 내용과 연관이 있는 것으로 생각된다. 응답자의 종교사항을 살펴보면 46%가 종교를 가지고 있지 않았고, 32%가 기독교, 15%가 카톨릭 그리고 7%가 불교 신자인 것으로 나타났다. 운동여부를 묻는 항목에 대하여 응답자의 36%가 1주일에 세번 또는 그 이상 운동을 하였고, 23%가 1주일에 2번, 그리고 8%가 1번 운동을 하는 것으로 답하였으며, 운동을 전혀 하지 않는 응답자도 전체의 33%를 차지하였다. 응답자의 88% 및 76%가 각기 흡연 및 음주를 하지 않는 것으로 나타났는데, 이 역시 전체 응답자의 50%가 고등학생이며, 47%가 여성인 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 응답자의 85%가 만성질환이 없는 것으로 답하였으며, 만성질환을 가진 사람 중에서는 위장계통 질환을 지닌 사람이 전체 응답자의 7%로 가장 많았다.

2. 일반 영양소 섭취량

대상자의 1인 1일 영양소 섭취량을 살펴보면(Table 2), 성별에 따라 대부분의 영양소 섭취량에 유의적인 차이가 없었으며, 동물성지방($p < 0.05$), 콜레스테롤($p < 0.05$) 및

Table 1. General characteristics of the subjects

	N	%
Gender		
Male	115	47
Female	131	53
Age(years)		
16 - 19	123	50
20 - 29	88	36
30 - 39	21	9
40 - 49	8	3
50 - 59	6	2
Occupation		
Student	193	78
Managerial	13	5
Professional	2	1
Others	38	15
Education		
Junior high school	100	41
High school	94	38
Undergraduate	47	19
Graduate	5	2
Living with		
Parent(s) and/or siblings	187	76
Spouse and/or child(ren)	14	6
Prent(s) and grandparent(s)	16	7
Other(s)	29	12
Religion		
Buddist	18	7
Christian	78	32
Catholic	36	15
None	114	46
Exercise(frequency/week)		
None	82	33
1 time	19	8
2 times	57	23
3 or more times	88	36
Smoke(cigarette pack/day)		
None	216	88
Less than 1/2	15	6
1/2 to 1	12	5
1 or more	3	1
Alcohol consumption(frequency/week)		
None	188	76
1 time	43	17
2 times	14	6
3 times	1	1
Chronic disease		
None	209	85
Gastrointestinal	16	7
Others(hepatic, renal, endocrine, pulmonary)	21	9

나트륨($p < 0.01$) 섭취량만이 남성의 경우 여성에 비해 유의적으로 더 높게 나타났다. 여성 응답자의 일일 에너지 섭취량은 $2067 \pm 48.2\text{kcal}$ 로 나타나 여자 청소년 및 성인의 에너지 권장량²⁵⁾인 2100kcal 와 2000kcal 에 근접하였다. 한편, 남성의 평균 에너지 섭취량은 $2070 \pm 58.4\text{kcal}$ 로 권장량(16~19세의 경우, 2700kcal ; 20~49세의 경우, 2500kcal)에 미달되는 수준이었다. 본 연구결과에서 에너지를 비롯한 대부분의 영양소 섭취량이 남성과 여성에서 유의적인 차이가 나타나지 않은 이유중의 하나로 식사기록법 작성에 있어서 남성의 경우 실제 섭취량보다 더 적게 또는 덜 상세하게 기록하였을 가능성을 생각해 볼 수 있겠다. 한편, Sung 등²⁴⁾은 서울지역에 거주하는 비채식 및 채식여대생의 에너지 섭취량을 각기 $1682 \pm 166\text{kcal/일}$ 과 $1770 \pm 200\text{kcal/일}$ 로 보고하였고, 1990년대에 다른 연구자들에 의해 실시된 영양소 섭취실태 조사에서도 남녀 대학생의 평균 에너지 섭취량이 $1476 \sim 2288\text{kcal/일}$ 의 범위로 발표되었다.²⁶⁻³⁰⁾

응답자의 일일 단백질 섭취량은 남녀 모두에서 권장량을 충족하였으며, 총단백질 섭취량에 대한 동물성단백질 섭취량의 비율은 52~54%에 해당되어, 한국인의 단백질 섭취 실태가 양적으로 뿐 아니라 질적으로도 양호한 것으로 생각된다. 대상자의 평균 지질섭취량은 $58.8 \pm 1.6\text{g/일}$ 로 나타났다. 총 지질섭취량에 대한 동물성지질 섭취비율은 45~50%의 분포를 나타냈다. 일일 비타민A 섭취량은 남녀 모두 성인 권장량인 $700\mu\text{g RE}$ 이상으로 나타났고, 비타민 B₁과 B₂ 섭취량 역시 남녀 모두 권장량을 만족하였다. 응답자의 비타민C 섭취량은 성별에 따라 $84.5 \sim 86.2\text{mg/일}$ 의 분포를 나타내, 성인의 일일 비타민C 권장량(70mg)의 약 120%를 섭취한 것으로 나타났다.

응답자의 칼슘 섭취량은 남성 및 여성에서 각기 603 ± 25.1 과 $549 \pm 22.3\text{mg/일}$ 로 나타나 칼슘 권장량(16~19세 남자, 900mg ; 16~19세 여자 800mg ; 20~64세 남녀, 700mg)에 크게 미달되었다. 아울러 응답자들은 총 칼슘 섭취량의 약 절반정도를 식물성 급원에서 취하는 것으로 나타나 칼슘의 체내 이용률 또한 저조한 것으로 생각된다. 한편, 응답자들의 평균 인 섭취량은 $1231 \pm 27.1\text{mg/일}$ 로 나타나는 권장량(연령 및 성별에 따라 $700 \sim 900\text{mg/일}$)의 약 137~175%에 해당되었고, 따라서 한국인의 고질적인 영양문제로 남아있던 칼슘섭취 부족과 인의 과잉섭취 현상이 여전히 남아 있음을 알 수 있다. 국민영양조사보고³¹⁾를 통한 한국인의 칼슘 섭취실태를 살펴보면 전국의 1인 1일 칼슘 섭취량은 1995년도에 530.9mg 로서 권장량의 75.4% 수준에 해당되었으며, 강 등³²⁾은 한국인의 칼슘 부족현상이 특히 노인의 경우 현저하여 권장량의 60~70% 수준을 섭취하는

Table 2. Daily nutrient intakes of the subjects

Nutrients	Gender		
	Male(n = 115)	Female(n = 131)	Total(n = 246)
Calorie(kcal)	2090 ± 58.4	2067 ± 48.2	2078 ± 37.4
Carbohydrate(g)	300 ± 8.3	307 ± 7.2	304 ± 5.5
Protein(g)	82.8 ± 2.9	80.3 ± 2.2	81.5 ± 1.8
Animal protein(g)	42.7 ± 1.9	43.0 ± 1.7	42.9 ± 1.3
Plant protein(g)	40.6 ± 1.6	37.3 ± 1.0	38.9 ± 0.9
Lipids(g)	61.9 ± 2.3	56.1 ± 2.1	58.8 ± 1.6
Animal lipids(g)	27.7 ± 1.5	28.3 ± 1.4	28.0 ± 1.0
Plant lipids(g)	35.1 ± 1.7*	27.7 ± 1.3	31.2 ± 1.1
Cholesterol(mg)	363 ± 22.2*	301 ± 16.7	329 ± 13.5
Vitamin A(μgR.E.)	810 ± 45.0	757 ± 33.5	785 ± 27.3
Retinol(μg)	160 ± 32.9	137 ± 11.7	148 ± 16.6
Carotene(μg)	3616 ± 236	3282 ± 170	3438 ± 143
Thiamin(mg)	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.04
Riboflavin(mg)	1.4 ± 0.1	1.9 ± 0.6	1.7 ± 0.3
Niacin(mg)	18.1 ± 0.8	18.5 ± 0.6	18.3 ± 0.5
Vitamin C(mg)	84.5 ± 4.1	86.2 ± 3.7	85.0 ± 2.7
Calcium(mg)	603 ± 25.1	549 ± 22.3	574 ± 16.8
Animal Ca(mg)	303 ± 19.6	279 ± 28.2	292 ± 13.2
Plant Ca(mg)	300 ± 14.6	270 ± 20.9	282 ± 10.7
Phosphorus(mg)	1271 ± 43.2	1197 ± 33.8	1231 ± 27.1
Iron(mg)	13.2 ± 0.5	13.5 ± 0.8	13.4 ± 0.5
Animal Fe(mg)	4.1 ± 0.3	4.2 ± 0.6	4.1 ± 0.3
Plant Fe(mg)	9.2 ± 0.4	9.2 ± 0.4	9.2 ± 0.3
Sodium(mg)	5073 ± 186**	4488 ± 136	4761 ± 114
Potassium(mg)	2724 ± 98.1	2600 ± 68.3	2657 ± 58.2

Values are mean ± SEM

*, ** : Significantly different from the value for female at *p < 0.05 and **p < 0.01, respectively

것으로 보고하였다. 최근들어 도시의 젊은 층과 청소년의 우유섭취량이 증가되고 식생활이 다양해지면서 칼슘 섭취량은 점차로 상승하는 추세에 있지만,³⁵⁾ 아직도 한국인의 식생활에 있어서 칼슘 및 인의 균형된 섭취를 위해 더 많은 관심이 요구된다고 하겠다.

응답자의 철분 섭취량은 남녀 각기 13.2 ± 0.5와 13.5 ± 0.8mg/일로 나타나 성인 남자의 철분 권장량인 12mg/일에 근접하였으나, 16~19세 남성, 그리고 가임기 여성의 철분 권장량인 16mg/일에는 부족한 실정이었다. 아울러 총 철분섭취량에 대한 식물성철분 섭취비율은 68~70%의 분포를 나타내 총 철분섭취량의 2/3 이상을 흡수율이 낮은 비헴철의 형태로 섭취하고 있음을 알 수 있다. 한국인의 철분 섭취실태를 평가한 선행 연구결과에 의하면 1993년 서울지역 여대생의 철분섭취량이 13.2mg/일이고, 흡수율이 11.2%로 보고된 바 있으며,³⁴⁾ 1998년에는 서울지역 비채식 및 채식 여대생의 일일 철분 섭취량이 각기 9.0 ± 3.2mg과 11.6 ± 2.6mg으로 발표되었다.²⁹⁾ 응답자의 평균 나트륨 섭

취량은 4,761 ± 114mg/일로서 식염으로 환산한 경우 약 12.0g을 섭취하는 것으로 나타나 이전의 보고들^{35,36)}과 일치하고 있다. 현재 한국인의 나트륨 섭취량을 3,450mg(8.7g NaCl)/일이 넘지 않도록 권장하고 있음에 비추어 볼 때, 식염 섭취량의 지속적인 감소 노력이 요망된다.

3. 타우린 섭취량

본 연구에 참여한 응답자의 50%가 고등학생이므로 16~19세(n = 123)와 20대 이후 성인(n = 123)으로 나누어 응답자의 일일 타우린 섭취량을 살펴본 결과 각기 219 ± 16.9과 177 ± 18.1mg의 타우린을 섭취하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 남성의 타우린 섭취량은 216 ± 21.1mg/일로 여성(181 ± 14.3mg/일)보다 높았으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

현재까지 문헌에 보고된 타우린 섭취량에 관한 자료로는 1966년 Roe 등³⁷⁾이 타우린의 주요 급원식품이 되는 육류와 어패류 총 11가지에 대하여 타우린함량을 분석하고, 이를

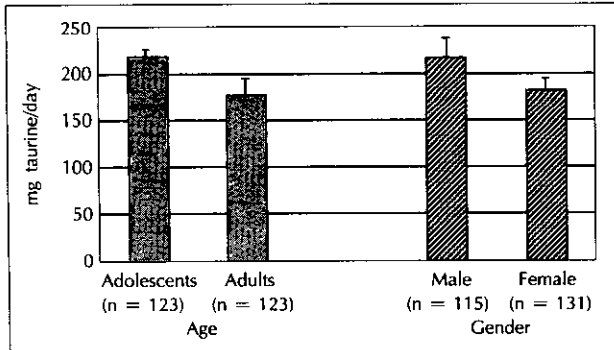


Fig. 1. Taurine intakes of the subjects in different age group and gender. Values are mean \pm SEM.

토대로하여 미국인의 일일 타우린 섭취량을 40~400mg으로 추정할 바 있다. 이는 어디까지나 추정치로서 매우 넓은 범위를 제시하고 있으며, 정확한 식이섭취량 조사에 근거한 것은 아니다. 그 후 30여년간 타우린 섭취량에 관한 연구는 세계적으로 보고된 바가 없었으며, 최근들어 타우린의 생리활성이 강조되고 영양소로서의 중요성이 부각되면서 식이조사법에 근거한 타우린 섭취량에 관한 연구가 보고되기 시작하고 있다. 그 예로 1997년도 국제타우린심포지움에서 Zhao 등³⁶⁾이 중국성인의 일일 타우린섭취량을 34~80mg으로 발표한 것에 이어, 2년 뒤에는 Kibayashi 등³⁹⁾이 일본성인(20~59세)의 타우린 섭취량을 남녀 각기 225.5 \pm 210.3mg/일과 162.2 \pm 144.1mg/일로 발표하였다. 따라서 본 연구에서 한국인의 타우린 섭취량이 181~219mg/일의 범위로 나타난 것은 일본인의 타우린 섭취량에는 근접하나, 중국인의 타우린 섭취량보다는 월등히 높은 수치임을 알 수 있다. 중국 베이징 북동부에 거주하는 수유부를 대상으로 모유내 타우린함량을 분석한 본 연구팀의 선행 연구결과⁴⁰⁾에 의하면 분만 22~47일 후의 모유에는 186 \pm 48nmol/ml의 타우린이, 그리고 분만 75~106일 후의 모유에는 158 \pm 65nmol/ml의 타우린이 함유된 것으로 나타났으며, 이는 한국 수유부⁴¹⁾의 모유내 타우린농도(초유의 경우 549 \pm 58nmol/ml, 분만 5주후 모유의 경우 233 \pm 41nmol/ml) 뿐 아니라 유럽국 수유부의 모유내 타우린함량⁴²⁾보다 훨씬 낮은 수치이다. 이와 같이 중국인의 타우린 섭취량 및 모유내 타우린함량이 한국인 또는 일본인에 비해 더 낮게 나타난 것은 타우린의 공급원이 되는 어패류 및 육류의 섭취가 낮았던 것에 부분적인 원인이 있을 것으로 풀이된다.

쥐를 비롯한 일부 동물의 조직에서 타우린은 합황아미노산인 메티오닌과 시스테인으로부터 생합성되나 인체에서는 타우린생합성에 관여하는 효소가 결여되어 있어 생합성이 이루어지지 않고, 따라서 식이로부터 타우린을 섭취해야 한다.¹³⁾ 타우린의 경우 동물성식품에 고농도로 분포되어 있는

Table 3. Correlations between taurine intake and intakes of other nutrients of the subjects

Nutrients	Correlation Coefficients ¹⁾	Nutrients	Correlation Coefficients ¹⁾
Calorie(kcal)	0.296**	Vitamin A(RE)	0.373**
Carbohydrate(g)	0.237**	Retinol(μ g)	0.006
Protein(g)	0.458**	Carotene(μ g)	0.354**
Animal protein(g)	0.467**	Thiamin(mg)	0.223**
Plant protein(g)	0.233**	Riboflavin(mg)	-0.019
Lipids(g)	0.209**	Niacin(mg)	0.320**
Animal lipid(g)	0.128*	Vitamin C(mg)	0.296**
Plant lipid(g)	0.174**	Calcium(mg)	0.232**
Cholesterol(mg)	0.360**	Phosphorus(mg)	0.436**
Iron(mg)	0.140*	Sodium(mg)	0.398**
		Potassium(mg)	0.418**

* : Significantly correlated by Pearson product-moment correlation test at *p < 0.05, and **p < 0.01, respectively

반면, 식물성식품과 우유에는 그 함량이 낮기 때문에 엄격한 채식주의자의 경우 타우린영양이 문제시 될 수 있다. 채식주의의 타우린 영양상태를 평가한 연구로는 1986년 Rana 등⁴³⁾이 영국인을 대상으로 채식주의의 혈중 타우린농도 및 소변내 배설량이 비채식자보다 낮게 나타남을 발표한 바 있다.

타우린 섭취량과 기타 다른 영양소 섭취량 간의 상관관계를 평가한 결과에 의하면(Table 3), 타우린 섭취량은 비타민 B₂를 제외한 기타 모든 영양소 섭취량과 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 즉, 타우린 섭취량은 철분 및 동물성지질 섭취량과 p < 0.05 수준에서, 그리고 열량, 당질, 단백질, 총지질, 섬유소, 비타민 A, 비타민 B₁, 나이아신, 비타민 C, 칼슘, 인, 나트륨, 칼륨 및 콜레스테롤 섭취량과는 p < 0.01 수준에서 유의적인 양의 상관성을 나타냈다. 이는 타우린 섭취가 높은 사람의 경우 전반적인 식품섭취량이 높다는 것을 의미하는 것으로 해석할 수 있겠다. 본 연구팀이 식품의 타우린함량을 측정된 연구결과²⁰⁾에 의하면 배추와 무에는 타우린이 함유되어 있지 않으나, 배추김치와 깍두기 시료에서 짓갈류의 첨가로 인해 종류에 따라 5.80~32.0 mg/100g wet wt 정도의 타우린이 함유되어 있었다. 아울러 식물성급원 중 김과 미역 등의 해조류는 500~700mg/100g의 타우린을, 그리고 버섯류는 종류에 따라 많게는 10.4mg/100g의 타우린을 함유하고 있어 한국인의 경우 이와 같은 특정 식물성 식품을 통한 타우린 섭취량의 비율이 서구인에 비해서 월등히 높을 것으로 사료된다.

최근들어 식사조사법에 입각한 타우린 섭취량에 관한 연구결과가 세계적으로 속속 보고되기 시작하는 것은 필수영양성분으로서의 타우린의 이용에 관한 학계 및 산업계의 관심도가 증가한 것으로 해석할 수 있다. 서울에 거주하는 청

Table 4. Plasma levels and urinary excretions of taurine in the subjects

Sex	Plasma ($\mu\text{mol/L}$)	Urine ($\text{nmol/mg creatinine}$)
Male(n = 115)	145 \pm 7.2	1132 \pm 98.0
Female(n = 131)	126 \pm 9.9	1203 \pm 10.4
Total(n = 246)	135 \pm 5.9	1158 \pm 72.7

Values are mean \pm SEM

Table 5. Correlation coefficients among daily taurine intake, plasma taurine concentration and urinary excretion

	Intake (mg/day)	Plasma level ($\mu\text{mol/L}$)	Urinary excretion ($\mu\text{mol/mg creatinine}$)
Intake(mg/day)	1.000	0.138*	0.164*
Plasma level ($\mu\text{mol/L}$)	0.138*	1.000	0.096
Urinary taurine excretion($\mu\text{mol}/$ mg creatinine)	0.164*	0.096	1.000

* : Significantly correlated by Pearson product-moment correlation test at $p < 0.05$

소년 및 성인을 대상으로 타우린 섭취실태를 보고한 본 연구의 결과는 앞으로 한국인을 대상으로 다양한 연령층 및 지역별 타우린 영양상태를 평가하는데 있어서 비교 가능한 지표로 활용될 수 있을 것이다.

4. 혈장 타우린농도 및 소변내 배설량

대상자의 평균 혈장 타우린농도는 $135 \pm 5.9 \mu\text{mol/L}$ 이었으며, 남성에서 여성에 비해 더 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 아니었다. 크레아티닌 배설량으로 보정한 소변내 타우린 배설량을 살펴보면 남녀 각기 1132 ± 98.0 과 $1203 \pm 10.4 \text{nmol/mg creatinine}$ 으로 나타났으며, 역시 성별에 따른 유의적인 차이는 없었다(Table 4). 일반적으로 특정 개인에 있어서 24시간 뇨로 배설되는 크레아티닌 수치는 일정한 것으로 알려져 있고, 따라서 개별 아미노산의 뇨 중 배설량을 크레아티닌 배설량으로 보정시켜 주므로서 뇨 부피에 무관하게 개개인의 소변내 아미노산 배설량을 평가하는 것이 가능하다.^{44,45} 건강한 성인의 경우 체중 1 kg당 약 18mg/일의 크레아티닌을 뇨 중으로 배설하는 것으로 알려져 있으므로,⁴⁶ 남성(평균 체중, 67.0kg)의 경우 약 $1.365 \mu\text{mol}$ (타우린의 분자량이 125.1이므로 171mg에 해당됨)의 타우린을, 그리고 여성(평균체중, 54.0kg)의 경우 약 $1.169 \mu\text{mol}$ (146mg에 해당됨)의 타우린을 24시간 뇨 중으로 배설하는 것으로 추정되며, 이는 일일 타우린 섭취량의 약 80%에 해당되는 양이다.

일일 타우린 섭취량, 혈장 타우린 농도 및 소변내 타우린 배설량 간의 상관관계를 평가한 결과에 의하면(Table 5),

개개인의 타우린 섭취량은 혈장 타우린농도, 그리고 크레아티닌 배설량으로 보정한 소변내 타우린 배설량과 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. 한편, 혈장 타우린농도와 소변내 타우린 배설량 간에는 양의 상관성이 나타났으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

건강한 인체를 대상으로 혈장 타우린 농도를 측정 한 선행 연구들⁴⁷⁻⁵⁰에 의하면 일반적으로 $25 \sim 150 \mu\text{mol/L}$ 의 넓은 분포를 나타내는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서 얻어진 혈장 타우린 농도 역시 정상 범위에 속해 있음을 알 수 있다. 일반적으로 혈장의 타우린농도는 성별,⁴⁷ 임신여부,⁴⁸ cortisol, estrogen 및 progesterone 등의 호르몬,⁵¹⁻⁵³ 그리고 식이내 단백질 섭취량⁵⁴에 의해 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 한편, 백혈병환자들의 경우 혈장과 백혈구세포내의 타우린농도가 저하되었으며,⁵⁵ 반대로 간성혼수 환자에서는 혈장 타우린농도가 정상 범위보다 더 높게 나타남⁵⁶이 보고되었다. 뇨로 배설되는 유리아미노산 중 타우린은 글라이신 다음으로 그 양이 많다.^{45,57} 24시간 뇨로 배설되는 타우린의 양은 개인에 따라서, 그리고 동일인에 있어서도 타우린 섭취량에 따라 큰 차이가 나타나기 때문에 정상 범위를 설정하는 데 어려움이 있으나, Soupart⁵⁷과 Scriver⁵⁸는 인체를 대상으로 보고된 자료를 토대로 일일 타우린 배설량의 정상 범위를 $220 \sim 1850 \mu\text{mol/L}$ 로 폭 넓게 제시한 바 있다. 타우린 섭취량, 혈중 타우린농도 및 배설량에 관한 연구뿐 아니라 앞으로 체내 타우린 대사 및 homeostasis 조절에 관한 연구가 인체를 중심으로 계속 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 서울지역에 거주하는 고등학생 및 성인 남녀를 대상으로 식이섭취조사를 실시한 후 본 연구팀에 의해 구축된 한국인 상용식품의 타우린함량 데이터베이스를 이용하여 일일 타우린 섭취량을 평가하였으며, 아울러 혈중 타우린 농도 및 배설량을 측정하였다.

1) 총 응답자(n = 246명) 중 남성이 47% 그리고 여성이 53%를 차지하였으며, 연령대별로는 10대 및 20대가 각기 123명과 88명으로 합하여 전체 응답자의 86%를 차지하였다.

2) 응답자의 일일 타우린 섭취량은 16~19세(n = 123)의 경우 $219 \pm 16.9 \text{mg}$, 그리고 20대 이후 성인(n = 123)의 경우 $177 \pm 18.1 \text{mg}$ 으로 나타났다. 남성의 타우린 섭취량은 $216 \pm 21.1 \text{mg/일}$ 로 여성($181 \pm 14.3 \text{mg/일}$)보다 다소 높았으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

3) 타우린 섭취량과 기타 영양소 섭취량 간의 상관관계

를 평가한 결과에 의하면, 타우린 섭취량은 비타민A와 B₂를 제외한 기타 모든 영양소 섭취량과 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다.

4) 대상자의 평균 혈장 타우린농도는 135 ± 5.9µmol/L 이었고, 소변내 타우린 배설량은 1158 ± 72.7nmol/mg creatinine으로 나타났으며, 성별에 따른 유의적인 차이는 없었다. 체중 1kg당 약 18mg/일의 크레아티닌을 뇨 중으로 배설한다고 가정할 때 67kg 남성의 경우 약 171mg의 타우린을, 그리고 54kg 여성의 경우 약 146mg의 타우린을 24시간 뇨로 배설하는 것으로 추정되며, 이는 일일 타우린 섭취량의 약 80%에 해당되는 수준이다.

5) 타우린 섭취량은 혈장 타우린농도, 그리고 크레아티닌 배설량으로 보정된 소변내 타우린 배설량과 p < 0.05 수준에서 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다.

본 논문은 우리나라에서 상용되는 음식의 타우린함량 데이터베이스를 근거로 한국인의 타우린 섭취량을 평가하고 혈중 농도 및 배설량을 제시한 최초의 보고이며, 본 연구의 결과는 앞으로 다양한 지역 및 연령층의 타우린 영양상태를 평가하는데 있어서 비교 가능한 지표로 활용될 수 있을 것이다.

Literature cited

- 1) Park T, Lee K, Um Y. 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
- 2) Park T, Oh J, Lee K. Dietary taurine or glycine supplementation reduces plasma and liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed a cholesterol-free diet. *Nutr Res* 19(12): 1777-1789, 1999
- 3) Gandhi VM, Cherian KM, Mulky MJ. Hypolipidemic action of taurine in rats. *Ind J Exp Biol* 30: 413-417, 1992
- 4) Murskani S, Kondo-Ohta Y, Tomisawa K. Improvement in cholesterol metabolism in mice given chronic treatment of taurine and fed a high-fat diet. *Life Sci* 64(1): 83-91, 1999
- 5) Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev* 72: 101-163, 1992
- 6) Pasantes-Morales H, Cruz C. Taurine and hypotaurine inhibit light-induced lipid peroxidation and protect rod outer segment structure. *Brain Res* 330: 154-157, 1985
- 7) Schuller-levis G, Quinn MR, Wright C, Park E. Taurine protects against oxidant-induced lung injury: possible mechanisms of action. In: Huxtable RJ, Michalk DV ed. Taurine in Health and Disease. pp. 31-39, Plenum Press, New York, 1994
- 8) Son MW, Kim HK, Kim WB, Yang JI, Kim BK. Protective effect of taurine on indomethacin-induced gastric mucosal injury. *Arch Pharmacol* 19(2): 85-90, 1996
- 9) Aruoma OI, Halliwell B, Hoey BM, Butler J. The antioxidant action of taurine, hypotaurine and their metabolic precursors. *Biochem J* 256: 252-255, 1988
- 10) Kim CK, Park EK, Quinn MR, Schuller-Levis G. The production of superoxide anion and nitric oxide by cultured murine leukocytes and

the accumulation of TNF-α in the conditioned media is inhibited by taurine chloramine. *Immunopharmacol* 34: 89-95, 1996

- 11) Takahashi H, Mori T, Fujihira E. Long-term feeding of taurine in rats. *Pharmacometrics* 6(3): 529-534, 1972
- 12) Nishizawa Y, Yamamuro H, Nishida I, Kikumori M, Taniguchi Y, Toda T, Araki H. Repeated dose toxicity study of intravenous treatment with taurine for 13 weeks and recovery test for 5 weeks in dog. *藥理と治療* 19(7): 307-333, 1991
- 13) Rigo J, Senterre J. Is taurine essential for the neonates? *Biol Neonates* 32: 73-76, 1977
- 14) Sturman JA, Hayes KC. The biology of taurine in nutrition and development. In: Draper HH ed. *Advances in Nutritional Research*, vol. 3, pp.231, Plenum Press, New York, 1980
- 15) Rassin K, Gaull GE, Jrvenp AL, Rih NCR. Feeding the low-birth-weight infant. II. Effect of taurine and cholesterol supplementation on amino acids and cholesterol. *Pediatrics* 71: 179-186, 1983
- 16) 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
- 17) Kim ES, Cho KH, Park MA, Lee KH, Mon J, Lee YN, Ro HK. Taurine intake of Korean breast-fed infants during lactation. *Adv Exp Med & Biol* 403: 571-577, 1996
- 18) 농촌진흥청, 농촌생활연구소. 식품성분표, 제 5 개정판, 1996
- 19) Park T, Park JE. Taurine contents in beverages, milk products, sugars and condiments consumed by Koreans. *J Kor Soc Food Sci & Nutr* 28(1): 9-15, 1999
- 20) Park T, Park JE, Chang JS, Son MW, Sohn KH. Taurine contents in Korean foods of plant origin. *J Kor Soc Food Sci & Nutr* 27(5): 801-807, 1998
- 21) Park T. Studies on novel activities of taurine and the development of taurine content database of foods. Final Reports of Korean Health Research and Development Project, pp.99-106, Ministry of Health and Welfare, Republic of Korea, 2000
- 22) 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, Academic Press, New York, 1963
- 23) Bonsnes RW, Taussky HH. The colorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction. *J Biol Chem* 158: 581-584, 1945
- 24) Sung MK, Kim KM, Kim MB. A study on the calcium and iron status of female vegetarian college students. *Kor J Comm Nutr* 3(6): 767-775, 1998
- 25) Recommended dietary allowances for Koreans, 7th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
- 26) You JS, Chang KJ, Byun KW. A study on nutrient intake of college students. *J Kor Home Economics Assoc* 32(4): 209-215, 1994
- 27) Kim JY, Paik HY. Nutritional status and requirements of protein and energy in female Korean college students maintaining their usual diet and activity(1): energy intake and balance. *Kor J Nutr* 27(4): 336-346, 1994
- 28) Hong SM, Bak KJ, Jung SH, Oh KW, Hong YA. A study on nutrient intakes and hematological status of female college students of Ulsan City-1. Emphasis on serum lipids-. *Kor J Nutr* 26(3): 338-346, 1993
- 29) Kim SH. Dietary patterns of university female students in Kongju City: comparisons among subgroups divided by residence type. *Kor J Nutr* 28(7): 654-674, 1995
- 30) Nam HS, Ly SY. A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Kor J Nutr* 25(5): 404-412, 1992
- 31) '95 National Nutrition Survey Report, The Ministry of Health and Welfare, Seoul, 1997
- 32) Kang NE. A nutrition survey of urban elderly in Seoul with the an-

- alysis of dietary attitude after retirement. *Kor J Nutr* 19(1): 52-65, 1986
- 33) 김숙희. 한국인의 Ca 영양과 골다공증. *한국영양학회지* 26(2): 203-212, 1993
- 34) Kye SH, Paik HY. Iron nutriture and related dietary factors in apparently healthy young Korean women(2): analysis of iron in major food items and assessment of intake and availability of dietary iron. *Kor J Nutr* 26(6): 703-714, 1993
- 35) Park TS, Lee KY. A study on the sodium and potassium intakes and their metabolism of university students in Korea. *Kor J Nutr* 18(3): 201-208, 1985
- 36) Nam HW, Lee KY. A study on the sodium and potassium intakes and their metabolism of the pregnant women in Korea. *Kor J Nutr* 18(3): 194-200, 1985
- 37) Roe DA. Taurine intolerance in Psoriasis. *J Invest Dermatol* 46: 420-430, 1966
- 38) Zhao XH, Jia JB. Taurine content in Chinese Foods. '97 *International Taurine Symposium*. Tucson, Arizona, July, pp.15-19, 1997
- 39) Kibayashi E, Yokogoshi H, Mizue H, Miura K, Yoshita K, Nakagawa H, Naruse Y, Sokejima S, Kagamimori S. Daily dietary intake of taurine in Japan. *International Taurine Symposium*, pp.26-27, Siena, Italy, Aug. 4-8, 1999
- 40) 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
- 41) Park T, Chung EJ, Um YS, Moon SJ, Lee YC. Taurine concentrations are closely associated with fatty acid concentrations in breast milk from Koreans. *Kor J Nutr* 31(1): 88-95, 1998
- 42) Svanberg UIF, Gebre-Medhin M, Ljungqvist B, Olsson M. Breast milk composition in Ethiopian and Swedish mother. III. Amino acids and other nitrogenous substances. *Am J Clin Nutr* 30: 499-507, 1977
- 43) 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
- 44) Folin O. Laws governing the chemical composition of urine. *Am J Physiol* 13: 66-115, 1905
- 45) Cha HS, Oh JY, Park T. Effects of oral taurine supplementation on plasma concentration and urinary excretion of free amino acids in healthy female adults. *Kor J Nutr* 32(2): 158-165, 1999
- 46) Emery AEH, Burt D. Amino acid, creatine and creatinine studies in myotonic dystrophy. *Clin Chim Acta* 39:361-365, 1972
- 47) Ackermann PG, Kheim T. Plasma amino acids in young and adult human subjects. *Clin Chem* 10: 32-40, 1964
- 48) Christensen DJ, Date JW, Schnheyder F, Volqvartz K. Amino acids in blood, plasma and urine during pregnancy. *Scand J Clin Lab Invest* 9: 54-61, 1957
- 49) Stein WH, Moore S. The free amino acids of human blood plasma. *J Biol Chem* 211: 915-926, 1954
- 50) Wehr RF, Lewis GT. Amino acids in blood plasma of young and aged adults. *Proc Soc Exptl Biol Med* 121: 349-351, 1966
- 51) Zinneman HH, Johnson JJ, Seal US. Effect of short-term therapy with cortisol on the urinary excretion of free amino acids. *J Clin Endocrinol Metab* 23: 996-1000, 1963
- 52) Zinneman HH, Musa BU, Doe RP. Changes in plasma and urinary amino acids following estrogen administration to males. *Metabolism* 14: 1214-1219, 1965
- 53) Zinneman HH, Seal US, Doe RP. Urinary amino acids in pregnancy, following pro-gesterone and estrogen-progesterone administration. *J Clin Endocrinol Metab* 27: 397-405, 1967
- 54) Frame G. The levels of individual free amino acids in the plasma of normal man at various intervals after a high-protein meal. *J Clin Invest* 37: 1710-1723, 1958
- 55) Rouser G, Kelly K, Jelinek B, Heller D. Free amino acids in the blood of man and animals. V. Effects of myleran, dimethylmyleran, and related compounds in chronic granulocytic leukemia. In: Holden JT, ed. *Amino Acid Pools*, pp.413-430, Elsevier, Amsterdam, 1962
- 56) Wu C, Bollman JL, Butt HR. Changes in free amino acids in the plasma during hepatic coma. *J Clin Invest* 34: 845-849, 1955
- 57) Soupart P. Urinary excretion of free amino acids in normal adult men and women. *Clin Chim Acta* 4: 265-271, 1959
- 58) Scriver CR. Hereditary aminoaciduria. In: Steinberg AG, Bern AG, eds. *Progress in Medical Genetics*, pp.83-186, Grune & Stratton, New York, 1962