

The Effect of Taurine Intake among Korean College Students: Serum Biochemistry and Blood Hematology

Woo-Soon Choi¹, Jae-Sik Lee²¹Department of Clinical Laboratory Science, Songho University, Hoengseong, Korea²Department of Clinical Laboratory Science, Hyejeon College, Hongseong, Korea

일부 대학생들의 타우린 섭취가 생화학적 및 혈액학적 검사에 미치는 영향

최우순¹, 이재식²¹송호대학교 임상병리과, ²혜전대학교 임상병리과

Taurine has been reported to prevent cardiovascular disease and improve liver function, diabetes, and platelet function. However, there are few studies on the effects of taurine in Koreans. The purpose of this study was to investigate the effect of basal doses of taurine on blood glucose, liver disease, and lipid diseases among Korean college students. The study included a taurine intake group and a control group; each group consisted of 15 students. Taurine was administered at a standard dose of 1,000 mg for 2 weeks postprandial. All subjects were excluded from medication or other food besides meals provided by the dormitory. The liver test gamma-glutamyl transferase (GGT) in the taurine group decreased to 23.53 ± 25.73 IU/L before intake and to 15.15 ± 4.91 IU/L after intake ($P=0.186$). Lipid metabolite triglyceride (TG) was 100.42 ± 28.33 mg/dL before intake and 80.22 ± 17.08 mg/dL after intake ($P<0.05$). Total cholesterol (T-Cho), low density cholesterol (LDL-C), and high density lipoprotein cholesterol (HDL-C). Consequently, taurine improved liver function and lipid metabolism. Hematologic tests showed a decrease in segmented neutrophil percentage and an increase in lymphocyte percentage. Thus, taurine also seems to be related to immunological function.

Key words: Gamma-Glutamyltransferase, Low density lipoprotein cholesterol, Taurine, Total cholesterol, Triglyceride

Corresponding author: Woo-Soon Choi
Department of Clinical Laboratory Science,
Songho University, 210 Namsan-ro,
Hoengseong 25242, Korea
Tel: 82-33-340-1141
Fax: 82-33-340-1127
E-mail: woojung211@songho.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2018 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

Received: August 12, 2018
Revised 1st: August 23, 2018
Revised 2nd: September 3, 2018
Accepted: September 6, 2018

서론

타우린(taurine)은 대부분의 포유동물 조직에 풍부하게 존재하는 아미노산 중 하나이며, 많은 생리 기능에 중요한 역할을 한다. 인간의 뇌, 망막, 심장, 간, 근육, 신장, 췌장, 비장, 소장, 폐 및 생식 기관에 존재한다. 타우린의 유래는 시스테인(cysteine)이다. 포유동물의 타우린 합성은 시스테인술폰산(cystein-

sulfonic acid) 경로를 통해 췌장에서 일어난다. 시스테인은 효소 시스테인디옥시게나제(cysteine dioxygenase)에 의해 술폰산(sulfonic acid)으로 산화된다. 이어서, 시스테인 술폰산은 술폰노알라닌탈카복시화(sulfinoalanine decarboxylase) 효소에 의해 탈 카복시 되어 하이포타우린(hypotaurine)을 형성한다. 하이포타우린은 하이포타우린탈수효소(hypotaurine dehydrogenase)에 의해 산화되어 타우린을 생성한다[1].

타우린은 사람에서 메티오닌과 시스테인으로부터의 타우린의 내인성 합성이 낮기 때문에 주요 공급원은 식이를 통해 이루어진다. 타우린은 생선과 해산물에 풍부하며 담즙산과 접합, 삼투압 조절, 항산화 작용, 세포 내 이온 조절 및 면역 조절, 심혈관 기능, 골격근, 망막 및 중추 신경계의 발달과 기능을 포함한 많은 생물학적 및 생리학적 작용에 관여한다[2, 3].

동물실험에서 타우린 섭취가 뇌졸중과 심혈관 질환 예방에 효과적이며 혈압을 조절하기도 한다. 식이성 타우린 섭취가 고혈압, 고콜레스테롤 혈증 및 비만을 예방하고 심혈 관계 질환의 위험을 줄이는 데 유의한 결과를 보였다. 타우린은 담즙산의 결합에 관여하기 때문에 담즙산 생산의 증가는 타우린의 콜레스테롤 저하 작용에 중요한 기전으로 작용한다[4, 5].

타우린은 생쥐, 토끼 및 메추라기 연구에서 타우린은 아포지질단백질 B-100 (Apo B-100)과 지질, 콜레스테롤의 분비를 감소시켜 고지방과 고콜레스테롤 식이 섭취에 의한 동맥 지질 축적을 방지하고, 저밀도 지단백 콜레스테롤(low density lipoprotein, LDL-C) 및 초 저밀도 지단백 콜레스테롤(very low density lipoprotein, VLDL-C)의 혈장 수치를 감소시킨다고 보고되었다. 죽상 동맥 경화증을 동반한 동물 모델인 마우스에서 타우린이 혈청 총 콜레스테롤, 초 저밀도 지단백 콜레스테롤(VLDL-C)과 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL-C)이 증가하였지만 타우린은 동맥 경화의 지표로서 정량적으로 측정된 동맥 지질 축적 면적을 28% 감소시켜 타우린은 이러한 세포에 영향을 미치고 콜레스테롤 대사의 개선을 통해 죽상 동맥 경화증의 발병을 예방하는 것으로 나타났다[6-10].

타우린은 당뇨병과 혈소판과도 관계가 있는 것으로 나타났다. 당뇨병 환자는 정상군보다 타우린 농도가 유의하게 낮았고, 당뇨병 환자에서 혈소판 함량이 감소하였고 타우린 섭취 시 혈소판이 증가한 결과를 보였으며 혈소판 형태의 변화를 감소시킨다. 혈소판의 응집력은 건강한 정상군 수준으로 되돌아갔다고 보고 하였다[11, 12]. 심혈관질환과 관계가 있는 내피세포에는 백혈구, 단구 및 혈소판을 포함한 염증에 반응하는 세포에는 타우린이 포함되어 있어 타우린이 혈관 기능의 조절에 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다[13, 14].

또한 타우린은 IL-6, IL-1 β , TNF- α 및 IL-8을 포함한 전체 염증성 사이토카인의 분비를 억제하는 생체 내 타우린 클로라민(TauCl)으로 변하고 간 조직에서 타우린이 lipopolysaccharide (LPS)에 의한 간 손상을 경감시킨다[15, 16]. 만성 알코올 중독 환자를 대상으로 타우린 섭취군과 대조군을 실험한 결과에서 Aspartate transferase (AST), Alanine transferase (ALT), 중성 지방(triglyceride, TG), 빌리루빈(Bilirubin) 및 간 손상 인자인

thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 성분이 타우린 섭취군에서 감소하여 간 기능 개선에 도움을 주는 것으로 나타났다[17]. 타우린은 지방 변성과 알코올에 의한 간세포 침착을 현저하게 감소시킬 수 있음을 보여 주었고, 간의 알코올과 지방의 신진 대사를 촉진하여 쥐의 간 지방 변성을 억제하여 간 기능을 개선하는 효과가 있다고 보고 하였다[18, 19].

특히 사람의 호중구에는 20~50 mM의 타우린이 함유되어 있으며, 염증이 생기면 그 부위의 타우린 농도가 증가한다. 호중구는 염증 부위에서 외부 균을 방어하는 과정에서 활성산소를 생성하며 염증에 의해 생성된 hypochlorous acid (HOCl)와 반응하여 독성이 덜한 물질인 타우린 클로라민을 형성하여 해독한다. 따라서 타우린이 HOCl을 중화시켜 HOCl과 LDL 및 다른 분자의 수준을 감소시켜 염증 반응과 지질 축적을 억제하여 죽상 동맥 경화증을 예방하는데 관여하고 있다[20].

타우린은 대사 증후군에 대한 효과적인 작용을 한다. 즉, 비만을 예방하기 위해 중성 지방(TG)을 감소시키고, 포도당 대사를 조절하는 인슐린 저항성을 개선하고, 콜레스테롤을 낮추고, 수면에도 도움을 주는 것으로 알려졌다. 또한 타우린은 카페인 의 심장 질환을 감소시킬 수 있다[21, 22].

타우린에 대한 부작용은 보고되고 있지는 않다. 필요 이상의 성분은 소변으로 배출된다. 하지만 타우린 합성이 미숙한 신생아나 미숙아, 또는 장관 외 영양을 하는 환자, 만성 신부전, 고혈압이 있는 환자에게서도 타우린 결핍이 유발될 수 있다[23, 24].

타우린은 신경 조절, 항산화 작용, 혈당 강하 및 지질 저하, 간 기능 개선, 삼투압 조절, 간질예방 효과와 같은 다양한 생물학적 활성을 갖고 있어 정량 섭취가 필수적이다. 건강 기능 식품에 건강 유지 또는 개선에 도움이 되는 식품으로 타우린이 포함되어 있는 경우가 많다[25]. 최근에는 타우린이 풍부한 에너지 드링크가 젊은 성인들에게 인기를 얻고 있지만 타우린이 젊은 성인의 혈청 지질에 미치는 영향은 알려져 있지 않다[26]. 타우린은 에너지 음료의 주요 성분으로 1,000 mg에서 2,000 mg 정도를 함유하고 있으며 식품의약품안전청 의하면 일일 정상 섭취량은 200~1,000 mg/day으로 권장하고 있다.

타우린은 피로회복, 간 기능 개선, 순환기질환 개선으로 일반 의약품 및 건강보조식품으로 약국, 편의점, 마트 등 대중화되어 접근하기 쉽고 섭취가 많이 이루어지고 있다[27-32]. 서구화된 식사로 지방의 섭취가 많아지고, 스트레스 및 음주 등으로 간 기능에 영향을 줄 수 있다. 이에 우리나라에서 타우린의 인체 영향에 대하여 정확한 보고가 미미한 실정으로 타우린 섭취가 인체에 미치는 영향을 일부 건강한 대학생을 대상으로 시행하였다. 대중화된 식음료에 포함된 타우린이 건강한 생활에 도움이 되

는지 기본 용량을 복용 후 기초대사 질환 검사인 간 기능 검사, 심혈관 질환과 관계있는 지질검사, 당뇨 질환 검사와 혈액학적 검사를 통하여 임상적 의의가 있는지 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상

연구 대상은 2017년 10월부터 11월까지 대학생을 대상으로 하였다. 연구 대상의 채택 기준은 사전 인터뷰를 통하여 질환이 있고 약을 복용하는 경우와 기숙사 생활을 하지 않는 경우는 제외하였으며, 실험 검사 항목을 사전에 확인한 후 이상이 있는 경우는 투약 여부와 현재 질병에 의한 진료 여부 등을 확인하여 제외하였다. 실험기간 중 음주, 야식, 어류, 육식, 해산물 등 타우린에 영향을 주는 음식은 절제하도록 하였으며, 모든 대상자에게 연구윤리위원 규정에 맞게 설명서를 확인하였는지, 담당연구원과 의논하였는지, 자발적인 참여 여부, 정보에 대한 현행 법률과 의료기기 임상시험심사위원회 규정 내 이용에 동의, 실태조사시 열람, 자발적인 참여 철회 가능에 대한 서면동의를 받았고, 관련 법률이나 지침에 저촉되지 않았다. 대상자는 연구 대상 채택 기준에 맞고 식생활이 규칙적인 실험군 15명과 대조군 15명을 대상으로 하였고 모두 평균연령은 21세였으며, 신체적으로 외관상 상처가 없고, 면담을 통해 건강에 이상이 없으며, 혈압이 80~130 mmHg 범위 내를 대상으로 하였다. 실험의 객관성을 위해 실험군과 대조군 모두 남자 5명, 여자 10명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

건강보조식품 thiotaurin 형태의 타우린 제품(Jarrow Formulas, LA, CA, USA) 1,000 mg을 1일 1회 섭취하도록 하였다. 실험군에게는 실험관리자가 매일 아침 식후 8시에 1캡슐을 나누어 주고 복용을 확인하였다. 타우린 나누어 줄 때 식사에 대한 내용을 체크하였으며, 2주간 섭취하도록 하였다. 검사를 위한 채혈은 실험 전 8시간 공복 후 아침 8시에 채혈하였고, 2주 후 8시간 공복 후 아침 9시에 채혈하였다. 대조군도 음식 섭취 관계, 투약 여부, 질병 여부를 매일 체크하였고, 실험군과 같은 시간에 채혈하였다.

타우린 반감기는 hypochlorite와 잘 반응하는 아민으로 반응 시 비교적 안정적인 N-chlorotaurine을 형성한 후 2.5일의 반감기를 거치며, 염소이온과 타우린으로 환원된다. 이러한 과정을 통해 타우린이 영향을 주는 것으로 추정되고 있다[33]. 검사 종목은 혈당(glucose), AST, ALT, TG, HDL-C, LDL-C,

gamma (γ)-glutamyl transferase (GGT), 총 콜레스테롤 (total cholesterol, T-cho)을 측정하였다. 검사 진행은 공복 시 혈액을 SST (serum separate tube)에 5 mL 채혈하여 1시간 방치 후 3,000 rpm (1,000 G)에서 10분간 원심분리기(LABOGENE 1580R, BMS, Daejeon, Korea)로 상층액을 분리하였다. 분리한 상층액을 생화학 자동분석장치(Respons 920, Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Germany)를 이용하여 자동분석 검사를 시행하였다. 혈액학적 검사는 적혈구 수(red blood cell, RBC), 백혈구 수(white blood cell, WBC) 혈소판 수(platelet, PLT), 혈색소(hemoglobin, Hb), 적혈구용적률(hematocrit, HCT), 혈소판 분포폭(platelet distribution width, PDW), 혈소판 거대세포 비율(platelet-large cell ratio, P-LCR)을 혈액학 자동분석기(Sysmex XP-300, Sysmex, Kobe, Japan)로 측정하였다. 백혈구 백분율(WBC differential count)은 도말하여 wright stain 후 현미경으로 2회 측정하여 평균치로 하였다. 타우린 실험군은 1차로 타우린 복용 전 채혈 후, 타우린(1,000 mg) 제품을 1일 1개씩 식 후 2주 동안 복용한 후 2차 채혈을 하여 실험을 진행하였다. 2주 기간은 타우린 연구에서 당뇨질환에서 2주 후 혈관기능이 복원되었다고 하였으며, 타우린의 항고혈압 작용, 산화스트레스 감소, 타우린 섭취와 비만 및 수면과의 관계, 타우린의 심혈관 질환 개선 등[34-38]에 대한 연구 등이 최소 2주 동안 진행하여 이를 기반으로 진행하였다.

3. 통계분석

통계분석은 대응표본 T검정(paired t-test)을 이용하였다 (SPSS version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). 타우린의 섭취 전과 섭취 후를 *P*-value를 통하여 비교 분석하였고, 유의성은 0.05 이하를 유의한 결과로 판정하였다. 그래프는 막대도표 단순 개별 변수값으로 측정하였다.

결 과

1. 생화학적 검사 결과

실험군을 대상으로 타우린 섭취 전과 2주 동안 섭취 후 결과에서 공복혈당은 섭취 전 85.91 ± 6.80 mg/dL, 섭취 후 85.35 ± 13.51 mg/dL로 변화를 보이지 않았다($P=0.823$). AST는 섭취 전 18.02 ± 10.01 IU/L, 섭취 후 18.32 ± 7.99 IU/L로 나타났으며($P=0.805$), ALT는 섭취 전 14.00 ± 7.93 IU/L, 섭취 후 13.61 ± 5.57 IU/L의 결과($P=0.842$)로 AST는 감소하였고 ALT는 증가하였으나 유의성을 보이지는 않았다. GGT는 섭취 전 23.53 ± 25.73 IU/L, 섭취 후 15.15 ± 4.91 IU/L로 유의성을 보

이지는 않았지만 섭취 후 감소하였다($P=0.186$). TG는 섭취 전 100.42 ± 28.33 mg/dL, 섭취 후 80.22 ± 17.08 mg/dL로 유의성을 보였다($P<0.05$). 총 콜레스테롤은 섭취 전 180.82 ± 23.08 mg/dL, 섭취 후 176.51 ± 20.01 mg/dL로 섭취 후 감소를 보였으나 통계적으로 유의성을 보이지 않았다($P=0.546$). HDL-C은 섭취 전 66.33 ± 9.72 mg/dL, 섭취 후 68.91 ± 9.63 mg/dL로 섭취 후 증가하였다($P=0.444$). LDL-C은 섭취 전 94.35 ± 30.2 mg/dL 섭취 후 91.63 ± 19.12 mg/dL로 섭취 후 감소하였다($P=0.777$). 결과적으로 TG에서 유의성을 보였고, GGT는 통계적으로 유의성을 나타내지 않았지만 유의성에 가까운 결과를 보였다. ALT, T-cho, LDL-C이 감소를 나타냈고, HDL-C은 증가를 보여주었다. 혈당과 AST는 변화가 없었다 (Table 1, Figure 1).

대조군을 대상으로 실험군과 같은 시기에 처음 시작 전과 2주 후의 결과에서는 공복혈당은 시작 전 89.62 ± 6.64 mg/dL, 2주 후 89.32 ± 8.97 mg/dL로 유의성을 보이지 않았다($P=0.875$). AST는 시작 전 18.90 ± 3.67 IU/L, 2주 후 17.45 ± 3.54 IU/L로 약간 낮게 나타났으며($P=0.051$), ALT는 시작 전 16.10 ± 9.56 IU/L, 시작 후 16.36 ± 9.82 IU/L 결과($P=0.842$)로 약간 증가하였으며 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. GGT는 시작 전 16.82 ± 5.72 IU/L, 2주 후 17.12 ± 6.45 IU/L로 증가하였다($P=0.500$). TG는 시작 전 99.53 ± 30.0 mg/dL, 2주 후 91.12 ± 17.70 mg/dL ($P=0.256$) 약간 감소하였으나 유의성을 보이지 않았다. T-Cho은 시작 전 187.81 ± 28.2 mg/dL, 2주 후 195.91 ± 31.21 mg/dL로 증가를 보였고($P=0.114$). HDL-C은 시작 전 66.32 ± 9.72 mg/dL, 2주 후 68.92 ± 9.63 mg/dL로 약

Table 1. Biochemical test results of taurine intake experiment group and control group

Variable	Experiment group (N=15)			Control group (N=15)		
	Before	After	P-value	Before	After	P-value
Glucose (mg/dL)	85.91±6.80	85.35±13.51	0.823	89.62±6.64	89.32±8.97	0.875
AST (IU/L)	18.02±10.01	18.32±7.99	0.805	18.90±3.67	17.45±3.54	0.051
ALT (IU/L)	14.00±7.93	13.61±5.57	0.842	16.10±9.56	16.36±9.82	0.842
GGT (IU/L)	23.53±25.73	15.15±4.91	0.186	16.82±5.72	17.12±6.45	0.500
TG (mg/dL)	100.42±28.33	80.22±17.08	0.021*	99.53±30.0	91.12±17.70	0.256
T-cho (mg/dL)	180.82±23.08	176.51±20.01	0.546	187.81±28.2	195.91±31.21	0.114
HDL-C (mg/dL)	66.33±9.72	68.91±9.63	0.444	66.32±9.72	68.92±9.63	0.591
LDL-C (mg/dL)	94.35±30.2	91.63±19.12	0.777	99.66±26.1	106.32±36.00	0.394

* $P<0.05$: significance.

Abbreviations: AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; GGT, gamma (γ)-glutamyl transpeptidase; T-cho, total cholesterol; TG, triglyceride; HDL-C, High density lipoprotein cholesterol; LDL-C, Low density lipoprotein cholesterol.

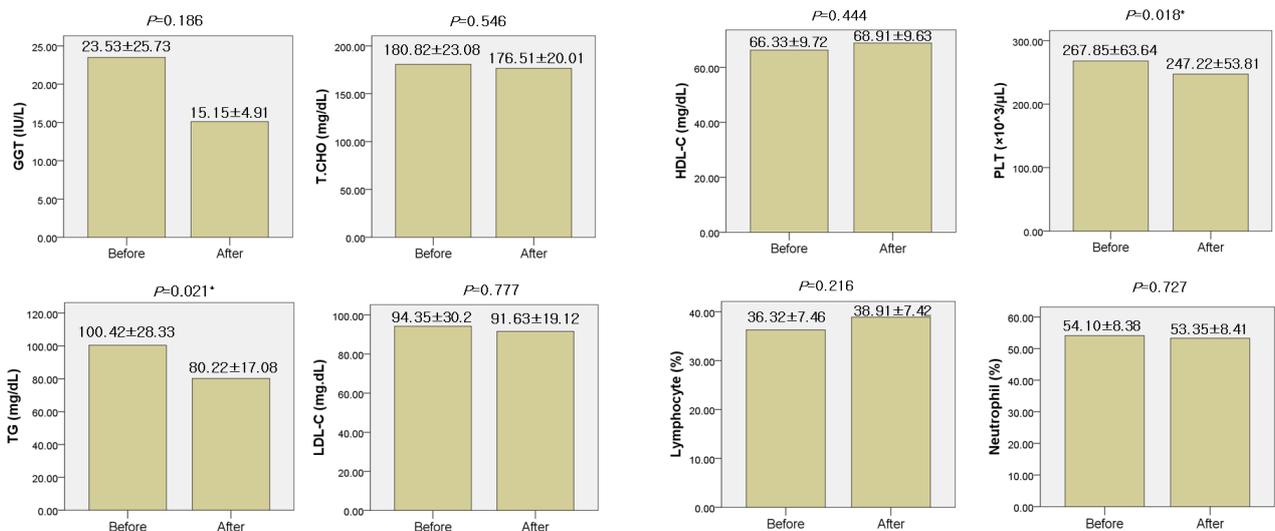


Figure 1. This graph shows the distribution before and after taurine intake. The results of GGT, T-cho, TG, LDL-C, HDL-C, PLT, segmented neutrophil and lymphocyte. * $P<0.05$: significance.

간 증가하였다($P=0.591$). 모두 유의성을 보이지 않았다. LDL-C은 시작 전 99.66 ± 26.1 mg/dL 2주 후 106.32 ± 36.00 mg/dL로 증가를 보였다($P=0.394$).

실험군과 대조군을 비교한 결과, 실험군에서 간 기능 검사와 관련이 있는 ALT가 감소하였고, GGT가 유의성을 나타내지는 않았지만 감소하는 결과를 보였다. 지질대사와 관련이 있는 TG, HDL-C, LDL-C에서는 실험군에서 TG가 매우 낮은 결과를 보여 유의성을 보였고, T-cho과 LDL-C은 유의성을 보이지는 않았지만 낮은 결과를 보였으며, HDL-C이 약간 증가를 보였다(Table 1).

2. 혈액학적 검사 결과

타우린 섭취 전과 섭취 후의 실험군을 대상으로 혈액학적 검사에서 RBC는 섭취 전 $4.77 \pm 0.51 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $4.82 \pm 1.00 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 로 약간 증가하였다($P=0.149$), WBC는 섭취 전 $6.49 \pm 1.40 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $6.01 \pm 1.44 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 약간 감소하였다($P=0.758$). Hb은 섭취 전 14.32 ± 1.49 g/dL 섭취 후 15.12 ± 3.06 g/dL로 약간 증가하였다($P=0.197$). HCT는 섭취 전 $42.93 \pm 4.01\%$ 섭취 후 $43.02 \pm 7.98\%$ 로($P=0.949$) 변화가 없었으며, PLT는 섭취 전 $267.85 \pm 63.64 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $247.22 \pm 53.81 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 유의성을 나타냈다($P<0.05$). Segmented neutrophil 백분율은 섭취 전 $54.10 \pm 8.38\%$ 섭취 후 $53.35 \pm 8.41\%$ 로 약간 감소하였으며($P=0.727$), lymphocyte 백분율은 섭취 전 $36.32 \pm 7.46\%$ 섭취 후 $38.91 \pm 7.42\%$ 로 약간 증가하였다($P=0.216$). PDW는 섭취 전 11.85 ± 1.20 fL 섭취 후 11.46 ± 1.39 fL로 감소하였으며 유의성을 보였다($P<0.05$). P-LCR은 섭취 전 $24.32 \pm 5.90\%$ 섭취 후 $22.67 \pm 6.53\%$ 로 감

소하였으며 유의성을 나타냈다($P<0.05$). 결과적으로 RBC, Hb, HCT, lymphocyte 백분율이 증가하였고, WBC, PLT, PDW, P-LCR이 감소를 보였다(Table 2).

대조군 결과에서 RBC는 시작 전 $4.77 \pm 0.51 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 2주 후 $4.80 \pm 1.00 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 로 약간 증가하였다($P=0.873$). WBC는 시작 전 $6.35 \pm 1.35 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 2주 후 $6.00 \pm 1.43 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 약간 감소하였다($P=0.307$). Hb은 시작 전 14.31 ± 1.49 g/dL 2주 후 15.00 ± 3.06 g/dL로 약간 증가 하였으며($P=0.249$) 모두 유의성은 보이지 않았다. HCT는 시작 전 $42.93 \pm 4.01\%$ 2주 후 $42.87 \pm 8.01\%$ 로 변화가 없었으며, PLT는 시작 전 $258.15 \pm 63.64 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 2주 후 $245.42 \pm 54.52 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 유의성을 나타냈다($P=0.560$). Neutrophil 백분율은 시작 전 $54.63 \pm 7.95\%$ 2주 후 $53.73 \pm 8.24\%$ 로 약간 감소하였으며($P=0.210$), lymphocyte 백분율은 시작 전 $35.91 \pm 7.13\%$ 시작 후 $38.53 \pm 7.32\%$ 로 약간 증가하였다($P=0.692$). PDW는 시작 전 12.22 ± 1.80 fL 2주 후 11.61 ± 1.51 fL로 감소하였으며 유의성을 보였다($P<0.05$). P-LCR은 시작 전 $25.43 \pm 7.09\%$ 2주 후 $23.53 \pm 7.09\%$ 로 감소하였으며 유의성을 나타냈다($P<0.05$). 결과적으로 RBC, Hb, RBC, Lymphocyte 백분율이 증가하였고, WBC, PLT, segmented neutrophil 백분율, PDW, P-LCR 비율이 감소를 보였다(Table 3).

실험군과 대조군의 혈액학적 검사를 비교한 결과 RBC, Hb, PLT, PDW, P-LCR이 같은 결과를 보였다. 실험군에서 WBC는 증가하고 대조군에서 감소를 보였다. 실험군에서 segmented neutrophil 백분율은 감소하고 lymphocyte 백분율이 증가를 보였으며, 대조군은 상반된 결과를 보였다.

Table 2. Comparison of taurine before and after intake in hematology test of experiment group (N=15)

Variable	Mean±SD		P-value
	Before	After	
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	4.77±0.51	4.82±1.00	0.149
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	6.49±1.40	6.01±1.44	0.758
Hb (g/dL)	14.32±1.49	15.12±3.06	0.197
HCT (%)	42.93±4.01	43.02±7.98	0.949
PLT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	267.85±63.64	247.22±53.81	0.018*
Neutrophil (%)	54.10±8.38	53.35±8.41	0.727
Lymphocyte (%)	36.32±7.46	38.91±7.42	0.216
PDW (fL) 14~17	11.85±1.20	11.46±1.39	0.024*
P-LCR (%) 13~43	24.32±5.90	22.67±6.53	0.006*

* $P<0.05$: significance.

Abbreviations: RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; PLT, platelet; PDW, platelet distribution width; P-LCR, platelet large cell ratio.

Table 3. Comparison of taurine before and after intake in hematology test of control group (N=15)

Variable	Mean±SD		P-value
	Before	After	
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	4.77±0.51	4.80±1.00	0.873
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	6.35±1.35	6.00±1.43	0.307
Hb (g/dL)	14.31±1.49	15.00±3.06	0.249
Hct (%)	42.93±4.01	42.87±8.01	0.939
PLT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	258.15±63.64	245.42±54.52	0.560
Neutrophil (%)	54.63±7.95	53.73±8.24	0.210
Lymphocyte (%)	35.91±7.13	38.53±7.32	0.692
PDW (fL)	12.22±1.80	11.61±1.51	0.040*
P-LCR (%)	25.43±7.09	23.53±7.09	0.006*

* $P<0.05$: significance.

Abbreviations: See Table 2.

고 찰

타우린은 신경계와 근육에서 널리 발견되는 아미노산의 한 종류로서, 세포막의 기능을 유지하는 데 있어서 필수적인 물질이며 또한 간장 및 심장의 기능을 조절하고 신경전달물질의 분비에도 영향을 주는 등 매우 다양한 생리 향상을 지니고 있다 [26-28]. 이런 이유로 인하여 타우린은 피로회복, 간 기능 회복, 순환기 질환 치료의 보조, 심혈관 질환 개선 등의 목적으로 일반 의약품 또는 건강기능식품의 형태로 널리 사용되고 있다 [31].

타우린은 동물실험에서 심장 질환, 간 질환, 당뇨 질환, 혈소판 기능 향상, 죽상 동맥증 등 심혈관 질환 예방에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이에 대해 사람을 대상으로 실험군 15명에는 기본 용량인 1,000 mg을 복용하게 하여 변화를 확인하였고 비교분석을 위해 대조군 15명은 같이 시행 하였다. 두 군 모두 기속사에서 제공하는 식사 외 약이나 기타 타우린 함유 음식을 절제하도록 권유하여 시행하였다. 생화학적 검사와 혈액학적 검사를 통해 혈당질환과 간질환, 지질 질환에 대한 영향을 알아보고, 혈액학적 검사를 통하여 타우린의 영향을 확인하고자 하였다.

생화학적 검사 결과, 혈당은 실험군에서 섭취 전 85.91 ± 6.80 mg/dL, 섭취 후 85.35 ± 13.51 mg/dL로 섭취 후 변화가 없었으며 ($P=0.451$), 대조군은 시작 전 89.62 ± 6.64 mg/dL, 2주 후 89.32 ± 8.97 mg/dL로 변화가 없었다 ($P=0.875$). 실험군과 대조군을 비교한 결과 두 군 모두에서 변화가 없었다. Franconi 등 [11]과 De Luca 등 [12]은 당뇨병 환자가 타우린의 농도가 낮게 나타나 타우린이 당뇨 질환과 관계가 있다고 보고하였고, Chen 등 [21]은 포도당 대사를 조절하는 인슐린 저항성을 개선한다고 하였지만 본 결과에서 타우린이 혈당에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

간 기능 검사에서 AST는 섭취 전 18.02 ± 10.01 IU/L, 섭취 후 18.35 ± 7.99 IU/L로 나타났으며 ($P=0.805$), ALT는 섭취 전 14.00 ± 7.93 IU/L, 섭취 후 13.61 ± 5.57 IU/L 결과 ($P=0.842$)로 AST는 섭취 후 감소하였고 ALT는 증가하였다. GGT는 섭취 전 23.53 ± 25.73 IU/L, 섭취 후 15.15 ± 4.91 IU/L로 감소하였다 ($P=0.186$). 대조군에서는 AST는 시작 전 18.90 ± 3.67 IU/L, 2주 후 17.45 ± 3.54 IU/L로 약간 낮게 나타났으며 ($P=0.051$), ALT는 시작 전 16.10 ± 9.56 IU/L, 시작 후 16.36 ± 9.82 IU/L 결과 ($P=0.842$)로 약간 증가하였다. GGT는 시작 전 16.82 ± 5.72 IU/L, 2주 후 17.12 ± 6.45 IU/L로 증가하였다 ($P=0.500$). 실험군과 대조군을 비교한 결과 실험군은 AST가 약간 높고 ALT가 감소하였고 GGT가 유의성을 나타내지는 않았지만 낮을 결과를 보였다, 대조군은 AST가 약간 높고 ALT와 GGT가 약간 증

가를 보였다. 결과적으로 타우린 복용자군에서 통계적으로 유의성은 없었으나 간 기능 개선에 도움을 주는 것으로 나타났다. Hsieh 등 [17]이 알코올 중독자를 대상으로 타우린 섭취군이 유의하게 감소를 보여 타우린이 항산화의 속성에 중요한 역할을 하며 만성 알코올 환자의 간 기능 개선이 있다고 하였고, Wu 등 [18]은 쥐를 통해 실험한 결과에서 감소를 보여 타우린 간장의 알코올과 지방의 신진대사를 촉진하고 간 지방 변성을 억제한다는 내용과 같은 결과를 보였다.

심혈관 질환과 관계가 있는 지질 검사 결과, 실험군에서 TG는 섭취 전 100.42 ± 28.33 mg/dL, 섭취 후 80.22 ± 17.08 mg/dL ($P<0.05$), T-cho는 섭취 전 180.82 ± 23.08 mg/dL, 섭취 후 176.51 ± 20.01 mg/dL로 감소를 보였으나 통계적으로 유의성을 보이지 않았다 ($P=0.546$). HDL-C은 섭취 전 66.33 ± 9.72 mg/dL, 섭취 후 68.91 ± 9.63 mg/dL로 증가하였다 ($P=0.444$). LDL-C은 섭취 전 94.35 ± 30.2 mg/dL 섭취 후 91.63 ± 19.12 mg/dL로 섭취 후 감소하였다 ($P=0.777$). 결과적으로 TG에서 유의성을 보였다. 대조군에서 TG는 시작 전 99.53 ± 30.0 mg/dL, 2주 후 91.12 ± 17.70 mg/dL ($P=0.256$), T-cho는 시작 전 187.81 ± 28.2 mg/dL, 2주 후 195.91 ± 31.21 mg/dL로 증가를 보였다 ($P=0.114$). HDL-C은 시작 전 66.32 ± 9.72 mg/dL, 2주 후 68.92 ± 9.63 mg/dL로 증가하였다 ($P=0.591$). LDL-C은 시작 전 99.66 ± 26.1 mg/dL 2주 후 106.32 ± 36.00 mg/dL로 2주 후 증가하였다 ($P=0.394$). Wu 등 [18]은 T-cho, LDL-C, TG가 감소하였고. Chen 등 [21]은 타우린 섭취군이 TG, VLDL-C과 LDL-C을 감소시키고, HDL-C도 감소한다고 보고하였다. Matsui 등 [25]은 건강한 여성 10명을 대상으로 1,000 mg을 3일간 섭취 후 검사한 결과에서 T-cho, LDL-C, TG이 증가하여 혈청 지질과 상관관계가 없다고 보고하기도 하였다. 본 결과에서는 Wu 등 [18]과. Chen 등 [21]의 내용과 동일한 결과를 보이지 않았지만 T-cho과 LDL-C이 감소를 보였으며, HDL-C이 약간 증가를 보였고, TG가 통계적으로 유의성을 보여 지질 대사에 도움을 주는 것으로 나타났다. 생화학적 검사에서 간 기능 검사와 지질 대사 개선에 도움을 주는 것으로 나타났으며 혈당에는 영향을 미치지 않는 결과를 보였다.

혈액학적 검사 결과에서 RBC는 실험군은 섭취 전 $4.77 \pm 0.51 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $4.82 \pm 1.00 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 로 약간 증가하였고 ($P=0.149$), 대조군은 시작 전 $4.77 \pm 0.51 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 2주 후 $4.80 \pm 1.00 (\times 10^6)/\mu\text{L}$ 로 약간 증가하여 ($P=0.873$) 비슷한 결과로 유의성은 두 군 모두 없었다. Hb은 실험군은 섭취 전 14.3 ± 1.49 g/dL 섭취 후 15.1 ± 3.06 g/dL로 ($P=0.197$) 나타났으며, 대조군은 시작 전 14.32 ± 1.49 g/dL 2주 후 15.12 ± 3.06

g/dL로($P=0.249$) 두 군 모두 비슷한 결과로 유의성은 없었다. HCT는 실험군은 섭취 전 $42.93 \pm 4.01\%$ 섭취 후 $43.02 \pm 7.98\%$ 로($P=0.949$), 대조군은 시작 전 $42.93 \pm 4.01\%$ 2주 후 $42.8 \pm 7.81\%$ 로($P=0.949$)로 변화가 없었다. RBC, Hb, HCT 모두 유의성은 없었다. WBC는 실험군에서 섭취 전 $6.49 \pm 1.40 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $6.01 \pm 1.44 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 약간 감소하였고($P=0.758$). 대조군에서도 시작 전 6.35 ± 1.35 2주 후 $6.00 \pm 1.43 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 약간 감소하여($P=0.307$) 유의성은 없었다. Segmented neutrophil 백분율은 실험군은 섭취 전 $54.10 \pm 8.38\%$ 섭취 후 $53.35 \pm 8.41\%$ 로 약간 감소하였으며($P=0.727$), lymphocyte 백분율은 섭취 전 36.32 ± 7.46 섭취 후 38.91 ± 7.42 로 약간 증가하였다($P=0.216$). 대조군에서 segmented neutrophil 백분율은 시작 전 $54.63 \pm 7.95\%$ 2주 후 $53.73 \pm 8.24\%$ 로 약간 감소하였으며($P=0.210$), lymphocyte 백분율은 시작 전 35.91 ± 7.13 시작 후 38.53 ± 7.32 로 약간 증가하였다($P=0.692$). 실험군과 대조군에서 상반된 결과를 보였다. 타우린 섭취군에서 염증 질환과 관계가 있는 호중구 백분율이 감소하였고 면역 질환과 관계가 있는 lymphocyte 백분율이 약간 증가를 보였다. Ito 등[14]과 Marcinkiewicz 와 Kontny[16]는 타우린이 백혈구에 고농도로 가지고 있어 염산화 산화제를 제거하는 역할을 하며 monocyte, lymphocyte 백분율, segmented neutrophil 백분율, eosinophil을 포함한 PLT 및 모든 백혈구가 고농도로 가지고 있어 혈액의 독성 산화제로부터 백혈구를 보호하고 염증을 억제하는데 중요 역할을 한다고 보고 한 내용과 유사한 결과를 보였다. Schuller-Leviser Park[20]은 담즙산 결합, 칼슘 항산성 유지, 삼투압 조절 및 막 안정화와 같은 중요 역할을 하며 세포 사멸 방지, 항산화에 의한 세포 보호 효과를 결정한다고 하여 타우린 복용군의 림프구가 유의성을 보이지는 않았지만 항산화 작용 및 항염증 작용과 관계된 면역기능에 관여하는 것으로 생각된다.

PLT는 실험군에서 섭취 전 $267.85 \pm 63.64 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 섭취 후 $247.22 \pm 53.81 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 유의하게 감소하였다($P < 0.05$). 대조군은 시작 전 $258.15 \pm 63.64 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 2주 후 $245.42 \pm 54.52 (\times 10^3)/\mu\text{L}$ 로 감소를 보여($P=0.560$) 두 군 다 감소를 보였지만 실험군에서 유의성을 보였다. PDW은 실험군에서 시작 전 11.85 ± 1.20 2주 후 11.46 ± 1.39 fL로 감소하였고($P=0.024$). 대조군은 시작 전 12.22 ± 1.80 fL 2주 후 11.61 ± 1.51 fL로 감소하였다($P=0.04$). P-LCR은 실험군에서 섭취 전 $24.32 \pm 5.90\%$ 섭취 후 $22.67 \pm 6.53\%$ 로 감소하였으며($P < 0.05$), 대조군은 시작 전 $25.43 \pm 7.09\%$ 2주 후 $23.53 \pm 7.09\%$ 로 감소하였다($P < 0.05$). 실험군과 대조군 모두 비슷한

결과로 유의성은 없었다. Franconi 등[11]은 타우린 복용군에서 혈소판 변형을 감소시킨다고 하였다. 본 실험에서는 PDW과 P-LCR이 두 군 모두 비슷한 결과로 유의성을 확인하지는 못했다.

결과적으로 타우린 복용군에서 간 기능 검사인 ALT, GGT가 감소하여 간질환 개선에 도움을 주는 것으로 나타났다. T-cho, LDL-C이 감소를 보였고, HDL-C이 약간 증가를 보였으며, TG가 유의하게 감소를 보여($P < 0.05$) 지질대사 개선에도 도움을 주는 것으로 나타났다. 혈액학적 검사에서는 segmented neutrophil 백분율이 감소하고 lymphocyte 백분율이 증가를 보여 면역학적 기능과 관계가 있으리라 생각된다. 타우린 섭취군에서 혈당에 대한 개선이 나타나지 않았으며, 혈액학적 검사로 항염과 항산화 작용을 설명하기에 부족함이 있어 추후 염증 질환과 관계된 면역학적 검사를 추가로 진행한다면 좀 더 유의성 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 생각되며 PLT가 유의하게 감소를 보여 이에 대한 연구가 추가로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 실험군과 대조군 비교에서 특징은 실험군이 TG에서 유의성을 보이고 T-cho, LDL-C, ALT, GGT가 감소를 보였고, 대조군은 T-cho, LDL-C, GGT가 증가를 보여 상반된 결과를 보였다. 본 연구에서 선행되어야 할 사항으로 타우린의 다양한 기능 중 목적하는 질환에 대한 선정과 대상자에 대한 정확한 관리 및 기준설정 그리고 해당하는 검사가 추가되어야 될 것으로 보인다. 부족한 점은 TG검사가 CLIA88 기준 허용범위 $\pm 25\%$, 유럽 TEa 27.9% 허용범위에 validation으로 정확성이 부족하였으며, PLT, PDW은 더 허용범위가 넓었다. 이는 빈도수가 적은 결과로 편차가 비교적 넓어서 추후 보완해야 될 것으로 생각된다.

요 약

타우린은 심혈관 질환을 예방하고 간 기능 개선 및 당뇨병 및 혈소판 기능을 향상시키는 여러 작용을 보고하고 있다. 하지만, 타우린이 인체에 미치는 영향에 대하여 우리나라에서 연구된 결과가 많지 않다. 이에 기본 용량을 복용 후 혈당질환과 간질환, 지질 질환에 대한 영향을 알아보려고 하였다. 대상자는 타우린 복용군 15명과 대조군 15명을 대상으로 시행하였다. 타우린은 기본 용량인 1,000 mg을 식후에 2주 동안 복용 후 변화를 확인하였다. 대상자 모두 기숙사에서 제공하는 식사 외에 약이나 기타 음식을 절제하도록 하였다. 그 결과 타우린 복용군에서 간 기능 검사인 GGT는 섭취 전 23.53 ± 25.73 IU/L, 섭취 후 15.15 ± 4.91 IU/L로 감소하였다($P=0.186$). 지질 대사인 TG는

섭취 전 100.4 ± 28.33 mg/dL, 섭취 후 80.2 ± 17.08 mg/dL로 유의한 결과를 보였다($P < 0.05$). T-cho, LDL-C이 감소를 보였고, HDL-C이 약간 증가를 보였다. 결과적으로 간 기능과 지질 대사 개선에 도움을 주는 것으로 나타났다. 혈액학적 검사에서는 segmented neutrophil 백분율이 감소하고, lymphocyte 백분율이 증가를 보였다. 결과적으로 면역학적 기능과 관계가 있으리라 사료된다.

Acknowledgements: None

Conflict of interest: None

REFERENCES

- Sumizu K. Oxidation of hypotaurine in rat liver. *BBA*. 1962;63:210-212. [https://doi.org/10.1016/0006-3002\(62\)90357-8](https://doi.org/10.1016/0006-3002(62)90357-8).
- Kibayashi E, Yokogoshi H, Mizue H, Miura K, Yoshita K, Nakagawa H, et al. Daily dietary taurine intake in Japan. *Taurine*. 2002;4:137-142. https://doi.org/10.1007/0-306-46838-7_13.
- Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Am Physiological Soc*. 1992;72:101-163. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.1.101>.
- Yamori Y, Liu L, Mori M, Sagara M, Murakami S, Nara Y, et al. Taurine as the nutritional factor for the longevity of the Japanese revealed by a world-wide epidemiological survey. *Adv Exp Med Biol*. 2009;643:13-25. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-75681-3_2.
- Chen W, Guo JX, Chang P. The effect of taurine on cholesterol metabolism. *Mol Nutr Food Res*. 2012;56:681-690. doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100799>.
- Kondo Y, Toda Y, Kitajima H, Oda H, Nagate T, Kameo K, et al. Taurine inhibits development of atherosclerotic lesions in apolipoprotein E-deficient mice. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2001;28:809-815. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2001.03527.x>.
- Matsushima Y, Sekine T, Kondo Y, Sakurai T, Kameo K, Tachibana M, et al. Effects of taurine on serum cholesterol levels and development of atherosclerosis in spontaneously hyperlipidaemic mice. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2003;30:295-299. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2003.03828.x>.
- Zulli A, Lau E, Wijaya BP, Jin X, Sutarga K, Schwartz GD, et al. High dietary taurine reduces apoptosis and atherosclerosis in the left main coronary artery: association with reduced CCAAT/enhancer binding protein homologous protein and total plasma homocysteine but not lipidemia. *J Am Heart Assoc*. 2009; 53:1017-1022. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONA.2009.53.1017-1022>.
- Murakami S, Kondo Y, Toda Y, Kitajima H, Kameo K, Sakono M, et al. Effect of taurine on cholesterol metabolism in hamsters: up-regulation of low density lipoprotein (LDL) receptor by taurine. *Life Sci*. 2002;70:2355-2366. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(02\)01507-2](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(02)01507-2).
- Wójcik OP, Koenig KL, Zeleniuch-Jacquotte A, Costa M, Chen Y. The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. *Atherosclerosis*. 2010;208:19-25. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.06.002>.
- Franconi F, Bennardini F, Mattana A, Miceli M, Ciuti M, Mian M, et al. Plasma and platelet taurine are reduced in subjects with insulin-dependent diabetes mellitus: effects of taurine supplementation. *Am J Clin Nutr*. 1995;61:1115-1119. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.5.1115>.
- De Luca G, Calpona PR, Caponetti A, Romano G, Di Benedetto A, Cucinotta D, et al. Taurine and osmoregulation: platelet taurine content, uptake, and release in type 2 diabetic patients. *Metabolism*. 2001;50:60-64. <https://doi.org/10.1053/meta.2001.19432>.
- Learn DB, Fried VA, Thomas EL. Taurine and hypotaurine content of human leukocytes. *J Leukoc Biol*. 1990;48:174-182. <https://doi.org/10.1002/jlb.48.2.174>.
- Ito T, Schaffer SW, Azuma J. The potential usefulness of taurine on diabetes mellitus and its complications. *Amino Acids*. 2002;42:1529-1539. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0883-5>.
- Kontry E, Plebanczyk M, Lisowska B, Olszewska M, Maldyk P, Maslinski W. Comparison of rheumatoid articular adipose and synovial tissue reactivity to proinflammatory stimuli: contribution to adipocytokine network. *Ann Rheum Dis*. 2012;71:262-267. <http://dx.doi.org/10.1136/annrheumdis-2011-200123>.
- Marcinkiewicz J, Kontry E. Taurine and inflammatory diseases. *Amino Acids*. 2014;46:7-20. <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1361-4>.
- Hsieh YL, Yeh YH, Leed YT, Huang CY. Effect of taurine in chronic alcoholic patients. *Food Func*. 2014;5:1529-1535.
- Wu G, Tang R, Yang J, Tao Y, Liu Z, Feng Y et al. Taurine accelerates alcohol and fat metabolism of rats with alcoholic fatty liver disease. *Taurine*. 2018;9:793-805. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15126-7_64.
- Liu Y, Li F, Zhang L, Wu J, Wang Y, Yu H. Taurine alleviates lipopolysaccharide-induced liver injury by anti-inflammation and antioxidants in rats. *Mol Med Rep*. 2017;16:6512-6517. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.7414>.
- Schuller-Levis GB, Park E. Taurine and its chloramine: modulators of immunity. *Neurochem Res*. 2004;29:117-126. <https://doi.org/10.1023/B:NERE.0000010440.37629.17>.
- Chen W, Guo J, Zhanga Y, Zhang J. The beneficial effects of taurine in preventing metabolic syndrome. *Food Funct*. 2016;7:1849-1863.
- Ha CR, Kim SH, Na SB, You JS, Chang KJ. The association among dietary taurine Intake, obesity and quality of sleep in Korean women. *Taurine*. 2015;9:725-733. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15126-7_58.
- Cooper A, Betts JM, Pereira GR, Ziegler MM. Taurine deficiency in the severe hepatic dysfunction complicating total parenteral nutrition. *J Ped Surg*. 1984;19:462-466. [https://doi.org/10.1016/S0022-3468\(84\)80276-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3468(84)80276-6).
- Geggel HS, Ament ME, Heckenlively JR, Martin DA, Kopple JD. Nutritional requirement for taurine in patients receiving long-term parenteral nutrition. *N Engl J Med*. 1985;312:142-146.
- Na SB, Ha CR, Kim SH, You JS, Kim SY, Chang KJ. Needs assessment for development of health functional taurine-containing

- food for Korean college students. *Taurine*. 2015;9:785-791. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15126-7_63.
26. Matsui S, Maruyama C, Arai H, Hashimoto S, Asakusa T, Yoshida H, et al. Effects of taurine intake on serum lipids in young women. *Journal of FFHD*. 2015;5: 2160-3855.
 27. Azuma J, Sawamura A, Awata N. Usefulness of taurine in chronic congestive heart failure and its prospective application. *Jpn Circ J*. 1992;56:95-99. <https://doi.org/10.1253/jcj.56.95>.
 28. Matsuyama Y, Morita T, Higuchi M. The effect of taurine administration on patients with acute hepatitis. *Prog Clin Biol Res*. 1983;125:461-468.
 29. Franconi F, Bennardini F, Mattana A. Plasma and platelet taurine are reduced in subjects with insulindependent diabetes mellitus: Effects of taurine supplementation. *Am J Clin Nutr*. 1995;61:1115-1119. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.5.1115>.
 30. Sved DW, Godsey JL, Ledyard SL. Absorption, tissue distribution, metabolism and elimination of taurine given orally to rats. *Amino Acids*. 2007;32:459-466.
 31. Choi MJ, Kim MJ, Chang KJ. The effect of dietary taurine supplementation on plasma and liver lipid concentrations and mineral metabolism in rats fed alcohol. *Taurine* 32. 2006; 583:243-250.
 32. Lee HS, Shanmugamb S, Yooc DJ, Leeb JY, Yong CS, Choi HG, et al. Analysis of pharmacist's role and consumer behavior in the purchase of taurine-containing health supplements. *Kor J Clin Pharm*. 2007;17:123-129.
 33. Wright E, Tallan E, Lin Y. Taurine: biological update. *Am Rev Biochem*. 1986;55:427-453.
 34. Moloney MA, Casey RG, Donnell DG, Fitzgerald P, Thompson C, Bouchier-Hayes DJ. Two weeks taurine supplementation reverses endothelial dysfunction in young male type 1 diabetics. *Diab Vasc Dis Res*. 2010;7:300-310. <https://doi.org/10.1177/1479164110375971>.
 35. Sato Y, Ogata E, Fujita T. Hypotensive action of taurine in do-ca-salt rats-Involvement of sympathoadrenal inhibition and endogenous opiate. *Japanese Circ J*. 1991;55:500-508. <https://doi.org/10.1253/jcj.55.500>.
 36. De Carvalho FG, Galan BSM, Santos PC, Pritchett K, Pfrimer K, Ferriolli E, et al. Taurine: a potential ergogenic aid for preventing muscle damage and protein catabolism and decreasing oxidative stress produced by endurance exercise. *Front Physiol*. 2017;8:1-8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00710>.
 37. Ha CR, Kim SH, Na SB, You JS, Chang KJ. The association among dietary taurine intake, obesity and quality of sleep in Korean women. *Taurine*. 2015;9:725-733.
 38. Schaffer SW, Shimada K, Ju Jong CJ, Ito T, Azuma J, Takahashi K. Effect of taurine and potential interactions with caffeine on cardiovascular function. *J Amino Acids*. 2014;46:1147-1157.