

단백질의 종류가 다른 식이에 L-카르니틴을 첨가했을 때 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

원 향 레

상지대학교 식품영양학과

Effects of Dietary L-Carnitine Supplementation on Lipid Metabolism in Rats fed with Different Types Protein

Won, Hyang Rye

Department of Food and Nutrition, Sangji University, Wonju, Korea

ABSTRACT

This study is to investigate the effect of dietary L-carnitine supplementation on lipid metabolism in rats fed with isolated soy protein and casein for their source of protein. Four experimental groups were organized and each group had eight Sprague-Dawley male rats with the initial weight of around 180g. The four groups were CO (casein only supplemented group); CC (casein and 3% L-carnitine supplemented group); ISO (isolated soy protein only supplemented group); ISC (isolated soy protein and 3% L-carnitine supplemented group). All groups were supplemented with the experimental diet for four weeks and carnitine comprised 3% of their diet. The results were as follows; 1. There was no significant difference in food intake among the groups. 2. Final weight gain was significantly lower in the groups supplemented with isolated soy protein than in the groups supplemented with casein ($P<0.05$). The groups with supplemented casein and carnitine showed the effect of weight reduction ($p<0.05$). 3. Food efficiency ratio was lower in the groups supplemented with isolated soy protein than in the groups supplemented with casein ($p<0.01$). The groups supplemented with casein and carnitine showed low food efficiency ratio. 4. The serum total lipid was higher in the groups supplemented with casein than in the groups supplemented with isolated soy protein ($p<0.05$). 5. Serum total cholesterol was higher in the groups supplemented with casein than in the groups supplemented with isolated soy protein. 6. There was no significant difference in triglyceride, HDL-cholesterol, and LDL-cholesterol in serum among the groups. 7. Out of the groups supplemented with isolated soy protein the total cholesterol level in liver was low in the groups to which carnitine was supplemented ($p<0.05$). However, there was no significant difference of liver total lipid and triglyceride among the groups. 8. There was no difference in TBARS levels and GSH-Px activities in liver among the groups.

Key words: L-carnitine, lipid metabolism, isolated soy protein, casein

*본 연구는 2003년도 상지대학교 교수 논문 연구비 지원에 의해 수행된 것임

접수일: 2004년 8월 18일 채택일: 2004년 9월 4일

Corresponding Author: Won, Hyang Rye Tel: 82-33-730-0496

Fax: 83-33-730-0403 E-mail: hrwon@mail.sangji.ac.kr

I. 서론

카르니틴은 포유동물의 세포내에서 장쇄 지방산이 대사되어 에너지를 생성하기 위해 세포질에 있는 장쇄지방산을 미토콘드리아로 운반하는 과정에 관여하며(Diaz et al. 2000; Evangeliou · Vassopoulos, 2000; Muller et al. 2002; Singh · Aslam, 1998), 지방과산화물의 지표로 알려진 malondialdehyde의 생성을 낮추는 것으로 알려져 있다(Loster · Bohm 2001). 따라서 동맥경화의 시발인자로 알려져 있는 지방과산화물을 감소시키는 효과도 보고되고 있다(Dayanandan et al. 2001; Singh · Aslam 1998). 혈청 콜레스테롤을 낮춘다는 연구 결과 (Arslan et al. 2003; Bell et al. 1992; Diaz et al. 2000; Maccari et al. 1987; Raymond et al. 1987)와 고콜레스테롤 식이에 카르니틴을 첨가하였을 때 지단백 성분과 apolipoprotein의 패턴을 정상으로 회복시킨다는 연구 결과도 보고되고 있다(Bell et al. 1992; Ji et al. 1996; Mondola et al. 1988; Ruggiero et al. 1990). 또한 뇌에서의 acetyl donor로서의 acetyl-L-carnitine은 노화에 의해 변화된 미토콘드리아 세포막의 인지질 성분을 교정시켜 회복시키는 효과를 지닌 phosphate carrier의 활성을 촉진하는 것이 보고되고 있고(Fernandez et al. 1989; Paradies et al. 1992), 선천

적 대사 이상인 사람에게 축적되는 화학물질들을 제거해 주는 약리작용을 하는 것으로도 알려져 있다(Shill · Young, 1994). 그 외에도 비만치료 (Brandsch · Eder, 2002; Celik · Ozturkcam, 2003; Owen et al. 2001; Xu et al. 2003), 운동효과 증진 (Bacurau et al. 2003; Song et al. 2002)에 관한 보고도 있다. 우리나라도 비만 이환율의 증가와 함께 사망원인의 주요 질병으로 알려져 있는 (Korea National Statistical Office 2002) 순환기계 질환이 특히 지방대사와 관련성이 높은 것으로 알려져 있고, 특히 혈청 콜레스테롤 농도의 과도한 증가는 관상동맥질환(coronary artery disease: CAD)과 관련된 위험요인으로 지적되어 왔다 (Khor 1997; Willet 1990). 카르니틴은 인간의 간과 신장에서 합성되기는 하나 육류 등의 동물성 식품을 통해 공급받기 때문에 채식을 하는 사람들에게는 VB₁₂의 결핍과 함께 부족 되기 쉬운 물질로 지적되고 있다 (Sachan et al. 1997). 또한 아미노산인 lysine이 합성의 재료로 쓰이므로 식이 내의 단백질이 카르니틴의 합성에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 본 연구는 식물성 단백질인 콩 단백질과 동물성 단백질인 카제인이 급여된 식이에 L-카르니틴을 공급하여 단백질의 종류가 다른 식이에 L-카르니틴을 공급하였을 때 지방대사에 미치는 영향을 보고자 하였다.

Table 1. Composition of experimental diet

Ingredients	Group ¹⁾			
	CP	CC	ISP	ISC
Starch	560.62	560.62	560.62	560.62
Casein	140.0	137.0	-	-
Isolated soyprotein	-	-	140.0	137.0
Sucrose	100.0	100.0	100.0	100.0
Beef tallow	100.0	100.0	100.0	100.0
α-Cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0
Mineral-mix(AIN-93)	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin-mix(AIN-93)	10.0	10.0	10.0	10.0
L-Cystine	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5
THBQ	0.08	0.08	0.08	0.08
L-carnitine	-	3.0	-	3.0

¹⁾ CP: Casein only supplemented group, CC : Casein and 3% L-carnitine supplemented group, ISP : Isolated soyprotein only supplemented group, ISC : Isolated soy protein and 3% L-carnitine supplemented group

II. 실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

체중 약 180g의 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐를 환경 조절된 실험동물 사육실 (온도 22±2℃, 상대습도 65±5%, 조명 06:00 Am-18:00 Pm)에서 stainless- steel wire cage 에 한 마리씩 분리 사육하였으며 실험군은 체중에 따라 완전 임의 배치하였다. 실험군은 동물성 단백질인 카제인을 공급한 군(CO), 카제인과 카르니틴을 공급한 군(CC), 식물성 단백질인 콩단백질을 공급한 군(ISO), 콩단백질과 카르니틴을 공급한 군(ISC) 등 4군으로 하였다. 카제인과 콩단백질은 ICN에서 구입하였고, L- 카르니틴은 이지바이오 주식회사에서 구입하여 사용하였다. 카르니틴 공급군은 카르니틴을 3% 함유한 실험 식이를 급여하였다. 실험식은 Table 1과 같다.

2. 시료수집 및 분석방법

4주간 실험식이를 급여하고 18시간 절식시킨 후 ether로 마취하여 경동맥혈을 채취하였고, 채취한 혈액은 냉장고에서 하룻동안 방치한 후 3000rpm에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 후 HDL-cholesterol을 즉시 분석하였고 다른 지질성분은 분석 전까지 -70℃에서 냉동 보관하였다. 혈청과 간의 총지질, 중성지질, 총콜레스테롤 농도는 Fringe와 Dunn(1970)의 방법, Biggs 등

(1975)의 방법, Zlatkis와 Zak(1969)의 방법을 사용하였고 혈청의 HDL-cholesterol 농도는 효소법을 이용한 kit(영동제약)를 사용하였다. 혈청 LDL-cholesterol은 Friedwald식(1972)을 이용하여 산출하였다. 간의 microsome에서의 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) 측정은 Ohkawa(1979)등의 방법으로 측정하였고, 간의 cytosol에서의 glutathione peroxidase(GPx)의 활성도는 Levander(1983)등의 방법으로 측정하였다.

3. 통계분석

실험분석 결과는 평균을 표준편차로 나타내었으며 SAS Program (version 6.12)을 사용하여 평균 ±오차로 나타내었으며 군 간의 차이를 ANOVA test 와 Duncan's multiple range test에 의해 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 최종 체중, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

실험식이 섭취에 따른 최종체중, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이 효율은 Table 2와 같다.

실험군에 따라 식이섭취량은 차이가 없었으나 체중증가량(P<0.05)과 식이효율P<0.01)은 차이가 있는 것으로 나타났다. 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴을 첨가하였을 때 체중이 감소하는

Table 2. Final body weight, weight gain, food intake and FER

Item \ Group	CP	CC	ISP	ISC
Final body weight(g)	339.9±5.4 ^{a*}	322.0±6.6 ^{ab}	313.8±7.1 ^b	309.3±6.6 ^b
Mean	330.9±4.8 ^{**}			
Weight gain(g/day)	4.07±0.18 ^{a*}	3.30±0.31 ^b	3.06±0.27 ^b	3.10±0.21 ^b
Mean	3.69±0.20 [*]			
Food intake(g/day)	20.71±0.50	22.03±0.55	21.44±0.84	21.50±0.86
Mean	21.39±0.40			
FER ¹⁾	0.20±0.01 ^{a*}	0.15±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b
Mean	0.17±0.01 ^{**}			

All value are mean± SE of 8 rats per groups

¹⁾ FER : weight gain / food intake

Values with different superscript are significantly different

*P<0.05 **P<0.01

것으로 나타났으나 콩 단백질을 공급한 군에서는 체중에 미치는 카르니틴 첨가효과가 없었다. 공급한 단백질의 종류에 따라서 체중차이가 유의하게 나타났다 ($P < 0.05$).

전체적으로 카제인을 공급한 군이 콩 단백질을 공급한 군보다 체중증가가 큰 것으로 나타났다. 식이효율도 체중증가와 마찬가지로 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴을 첨가첨가했을 때 식이 효율이 다르게 나타났는데, 카제인을 공급한 군이 콩 단백질을 공급한 군보다 식이 효율이 전체적으로 높게 나타났다 ($P < 0.01$).

2. 혈청 중의 지질 조성

혈청 중의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도는 Table 3과 같다.

혈청 중의 총지방, 총 콜레스테롤 농도는 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 혈청의 총지방은 공급한 단백질의 종류에 따른 유의차($P < 0.05$)는 나타났으나 카르니틴 첨가에 따른 혈청 총지방 농도의 차이는 나타나지 않았다. 카제인을 공급한 군의 혈청 총지방의 농도가 콩 단백질을 공급한 군보다 높게 나타났다($P < 0.05$).

혈청 중의 콜레스테롤은 공급한 단백질의 종류에 따라서 유의차를 ($P < 0.05$) 보였으나 카르니틴 첨가에 따른 혈청 총 콜레스테롤의 농도 차이

는 나타나지 않았다. 카제인을 공급한 군의 혈청 총 콜레스테롤 농도가 콩 단백질을 공급한 군보다 높게 나타났다 ($P < 0.05$).

혈청 중의 중성지방과 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤은 공급한 단백질의 종류, 카르니틴 첨가 여부에 따라 유의차를 보이지 않았다.

Won(2004)은 지방의 종류가 다른 식이에 카르니틴을 첨가하였을 때 혈청 중의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 농도가 유의하게 낮아진다고 하였고, Rhie와 Won은 고 콜레스테롤식에 오가피 추출물과 카르니틴을 공급하였을 때 혈청 중의 총지질과 총콜레스테롤 농도가 유의하게 낮은 것으로 보고하였다. Arsalan 등(2003)은 carnitine chlorhydrate를 오리에게 음수로 (0~200mg/L) 공급 시 혈청 콜레스테롤, 총지방, 중성지방은 변화가 없었으나 복부지방의 전체 포화지방산의 함량은 유의하게 감소했다고 하며, Xu 등(2003)은 슛컷 브로일러에 카르니틴을 식이에 공급하였을 때 총지방과 복부지방함량은 유의하게 감소하였으며 가슴근육의 중량은 증가하였다고 보고하고 있다. Lien과 Horng(2001)은 브로일러 닭에 0~16mg/kg diet을 6주간 공급한 결과 혈청 중성지방과 비에스테르화 지방산(monesterified fatty acid)는 감소했고 혈청 콜레스테롤, 인지질, 지단백페턴은 차이가 없었다고 보고하고 있다. 또한 전체적인 carnitine palmitoyl-

Table 3. Concentration of serum total lipid, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol (mg/dL)

Item \ Group	CP	CC	ISP	ISC
Total lipid	417.3±13.6 ^a	401.4±4.4 ^{ab}	398.1±11.4 ^b	308.3±14.5 ^b
Mean	409.7±6.3 [*]		389.3±10.9	
Triglyceride	60.8±2.3	58.9±1.7	60.4±0.8	57.9±2.3
Mean	59.9±1.4		58.6±1.2	
Total cholesterol	108.2±4.2	103.8±3.0	99.2±2.8	96.4±2.7
Mean	106.0±2.5 [*]		97.5±1.9	
HDL cholesterol	30.5±2.7	32.7±1.7	35.7±3.6	31.7±2.4
Mean	31.6±1.6		33.7±2.2	
LDL cholesterol ¹⁾	65.9±6.5	59.7±3.3	51.5±4.6	59.0±3.8
Mean	62.8±3.6		55.2±3.1	

All value are mean± SE of 8 rats per groups

¹⁾LDL-cholesterol : total cholesterol-HDL cholesterol-TG/5

Values with different superscript are significantly different at $P < 0.05$

transferase 활성이 카르니틴 공급군에서 높은 것은 카르니틴 공급이 지방산 이동에는 영향을 끼치나 지방산 기능, 체성분에는 영향을 끼치지 못한 결과로 해석하였다. Diaz 등 (2000)은 고지방 식에 카르니틴을 급여하였을 때의 콜레스테롤 저하효과가 있었음을 보고하면서 이는 카르니틴이 VLDL과 LDL의 phospholipid로서의 구조를 안정화시키는 콜레스테릴 에스터(cholesteryl ester)를 파괴시키는 것과 관련성이 있다고 보고하였다.

Bell 등 (1992)은 토끼에게 L-카르니틴을 공급한 결과 혈청 콜레스테롤과 VLDL이 유의하게 감소하였고 HDL과 LDL, IDL의 단백질이 증가하였다고 하였다. Raymond 등 (1987)은 고지혈증 토끼에 카르니틴을 공급하였을 때 혈청의 VLDL과 HDL이 유의하게 감소하였고 VLDL과 HDL의 중성지방은 감소하고 단백질과 인지질은 증가하였다고 하였다.

위의 연구들은 각각의 실험조건과 실험결과는 다양하나 카르니틴의 혈청 지질성분을 일반적으로 낮추는 효과가 있음을 보고하고 있다. Olson 등 (1989)은 콩단백 조제분유를 먹인 유아에 카르니틴을 첨가하였을 때 혈청 유리지방산과 중쇄 지방산의 농도가 낮아지는 것을 보고하고 콩단백 조제분유를 먹는 유아의 카르니틴 결핍증이 지방대사에 영향을 미친다고 하였다.

본 연구에서는 혈청 총지방과 총 콜레스테롤 농도는 단백질의 종류에 따라 유의한 차이를 보였고 (P<0.05) 카르니틴의 첨가는 혈청 총지방과 콜레스테롤 농도 변화에 영향을 주지 않았다.

3. 간의 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤 농도
간의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤 농도는 Table 4 와 같다.

간의 총지방, 중성지방의 농도는 실험군 간 유의차가 없었으나 콩단백질을 공급한 군 중 카르니틴을 첨가한 군에서 총 콜레스테롤이 낮게 나타났다. 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴 첨가효과를 볼 수 없었다. Owen 등(2001)은 카르니틴 첨가에 따라 간세포의 지방 산화물이 증가하여 간의 총지방의 양이 감소한다고 하였고, Bell 등(1992)는 콜레스테롤이 squalene 유도체의 합성을 위한 사용이 증가되어 카르니틴 첨가가 간지방의 합성비율을 변화시킬 수 있다고 하였다. 또한 Maccari 등(1987)은 카르니틴 첨가가 간에서 지방의 β-산화를 촉진시켜 VLDL의 생성(즉 중성지방)을 낮춘다고 보고하였다. Novak(1990)은 카르니틴 부족 시 지방산의 β-산화의 저하를 보고하고 콩단백 조제분유에 카르니틴을 첨가할 것을 주장하였다.

본 연구결과는 카르니틴을 첨가하였을 때 중성지방의 저하는 볼 수 없었고, 콩단백질을 공급한 군에서만 총 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 있었다.

4. 간의 TBARS 수준과 GSH-Px 의 활성

간의 TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) 수준과 GSH-Px (Glutathione peroxidase)의 활성은 Table5와 같다.

간의 TBARS 수준과 GSH-Px활성은 실험군 간 유의차가 없는 것으로 나타났다. Loster와 Bohm

Table 4. Concentration of liver total lipid, triglyceride and total cholesterol

(mg/g of wet liver)

Item \ Group	CP	CC	ISP	ISC
Total lipid	87.5±2.5	85.6±2.7	86.3±2.8	84.9±2.8
Mean	86.5±1.8		85.6±1.9	
Triglyceride	39.9±1.6	36.1±1.1	38.5±2.9	41.3±2.4
Mean	38.0±1.1		39.9±1.9	
Total cholesterol	26.3±1.2 ^a	24.9±0.8 ^{ab}	25.6±1.1 ^a	22.2±0.9 ^b
Mean	25.4±0.9		24.0±0.8	

All value are mean± SE of 8 rats per groups

Values with different superscript are significantly different at P<0.05

Table 5. Concentration of TBARS and GSH-Px activity in liver

Item	Group	CP	CC	ISP	ISC
TBARS (mg/g of wet liver)		6.8±0.2	7.0±0.3	7.0±0.3	6.6±0.2
	Mean	6.9±0.2		6.8±0.2	
GSH-Px (mmol/NADPH/min/mg protein)		7.2±0.2	7.1±0.3	7.3±0.1	6.8±0.1
	Mean	7.1±0.2		7.0±0.1	

All values are mean ± SE

(2000)은 카르니틴을 식이에 첨가하여 사육한 쥐의 심장에서 malondialdehyde의 형성이 낮았다고 보고하였으나 본 연구에서는 이러한 효과를 볼 수 없었다.

IV. 결론 및 요약

본 연구는 식물성 단백질인 콩단백질과 동물성 단백질인 카제인이 공급된 식이에 L-카르니틴을 첨가하여 쥐의 지질대사에 미치는 효과를 보고자 개시체중이 약 180g 되는 Spague-Dawley 중수컷 흰쥐를 8마리씩 4군으로 나누었다. 실험군은 카제인을 공급한 군 (CO), 카제인과 카르니틴을 공급한 군(CC), 콩단백질을 공급한 군 (ISO), 콩단백질과 카르니틴을 공급한 군 (ISC)이었다. 카르니틴은 식이의 3%를 공급하였다.

모든 실험군은 실험식으로 4주간 사육하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 실험군에 따라 식이섭취량은 유의차가 없었다.
2. 콩단백질을 공급한 군이 카제인을 공급한 군보다 체중증가가 유의하게 낮았다(P<0.05).
3. 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴 첨가가 체중을 감소시키는 효과가 있었으나(P<0.05), 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴 첨가가 체중을 감소시키는 효과가 없었다.
3. 식이효율은 콩단백질을 공급한 군이 카제인을 공급한 군보다 낮았고 (P<0.01), 카제인을 공급한 군에서는 카르니틴 첨가가 식이효율을 낮추는 효과가 있었다(P<0.05).
4. 혈청의 총지방은 카제인을 공급한 군이 콩단백질을 공급한 군보다 높게 나타났다(P<0.05).

5. 혈청의 총 콜레스테롤은 카제인을 공급한 군이 콩단백질을 공급한 군보다 높게 나타났다(P<0.05).

6. 혈청의 중성지방, HDL- 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤은 실험군간 유의차가 없었다.

7. 간의 총콜레스테롤은 콩단백질을 공급한 군중 카르니틴을 첨가한 군에서 낮게 나타났고(P<0.05), 간의 총지방, 중성지방의 농도는 실험군간의 유의차가 없었다.

8. 간의 TBARS수준과 GSH-Px활성은 실험군간 유의차가 없었다.

이상의 결과를 요약하면 흰쥐에게 카제인을 공급하였을 때가 콩단백질을 공급하였을 때보다 체중증가가 많았고, 카제인 군에서만 카르니틴 첨가가 체중과 식이 효율을 낮추는 효과가 있었다.

혈청의 지질성분은 카르니틴 첨가보다는 단백질의 종류에 따라 유의하게 달라졌고 간의 총콜레스테롤은 단백질의 종류보다는 카르니틴 첨가에 따라 유의하게 다른 것으로 나타났다.

카르니틴의 체중감소의 효과는 카제인 군에서 나타났고, 간의 총콜레스테롤 저하 효과는 콩단백질 군에서 나타났다.

참고문헌

Arslam C, Citi M, Saatci M(2003). Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits, blood serum parameters and abdominal fatty acid composition of ducks. Arch Tierernahr 57(5), 381-388.
Bacurau RF, Navarro F, Bassit RA, Meneguello M.O,

- Santos RV, Almeida AL, Costa Rosa LF(2003). Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation? *Nutrition* 19(4), 337-341.
- Bell FP, Vidmar TJ, Raymond T.L(1992). L-carnitine administration and withdrawal affect plasma and hepatic carnitine concentration, plasma lipid and lipoprotein composition and in vitro hepatic lipogenesis from labeled mevalonate and oleate in normal rabbits. *J Nutr* 122(4), 959-966.
- Biggs HG, Gricson MJ, Wells RM(1975). A manual colorimetric assay of triglycerides in serum. *Clin Chem* 21, 437-441.
- Brandsch C, Eder K(2002). Effect of L-carnitine on weight loss and body composition of rats fed a hypocaloric diet. *Ann Nutr Metab* 46(5), 205-210.
- Celik L, Ozturkcan O(2003). Effects of dietary supplemental L-carnitine and ascorbic acid on performance, carcass composition and plasma L-carnitine concentration of broiler chicks reared under different temperature. *Arch Tierernahr* 57(1), 27-38.
- Dayanandan, Kumar P, Panneerselvam C(2001). Protective role of L-carnitine on liver and heart lipid peroxidation in atherosclerotic rats. *J Nutr Biochem* 12(5), 254-257.
- Diaz M, Lopez F, Hernandez F, Urbina J.A(2000). L-carnitine effects on chemical composition of plasma lipoproteins of rabbits fed with normal and high cholesterol diets. *Lipids* 35(6), 627-632.
- Evangelidou A, Vlassopoulos D (2003). Carnitine metabolism and deficit-when supplementation is necessary? *Curr Pharm Biotechnol* 4(3), 211-219.
- Fernandez E, Pallini R, Gangitano C, Del Fa A, Sangiacomo CO, Sbriccoli, Ricoy JR, Rossi GF(1989). Effects of L-carnitine, L-acetylcarnitine and gangliosides on the regeneration of the transected sciatic nerve in rats. *Neurol Res* 11(1), 57-62.
- Ferrando, Vila L, Voces JA, Cabrol AC, Alvarez AI, Prieto JG(1999). Effects of ginseng extract on various haematological parameters during aerobic exercise in the rat. *Planta Med* 65, 288-290.
- Friewald Wi, Levy RI, Fredrisko DS(1972). Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol with use of the preparation ultracentrifuge. *Clin Chem* 18, 499-502.
- Fringe CS, Dunn RT(1970). A colorimetric method for determination of total serum lipids based in the sulphosovanillin reaction. *Am J Clin Pathol* 53, 89-91.
- Ji H, Bradley TM, Tremblay GC(1996). Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed L-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. *J Nutr* 126(8), 1937-1950.
- Khor GR(1997). Nutrition and cardiovascular disease. *J Clin Nutr* 6, 122-124.
- Korea National Statistical Office(2002). Annual report of the cause of death statistics, Seoul.
- Levender OA, Oeloach DP, Moppriss VC, Moser PB(1983). Platelet glutathione peroxidase activity as an index of selenium status in rats. *J Nutr* 113, 55-63.
- Lien TF, Horng YM(2001). The effect of supplementary dietary L-carnitine on the growth performance, serum components, carcass traits and enzyme activities in relation to fatty acid beta-oxidation on broiler chickens. *Br Poult Sci* 42(1), 92-95.
- Loster H, Bohm U(2001). L-carnitine reduces malondialdehyde concentrations in isolated rat hearts in dependence on perfusion conditions. *Mol Cell Biochem* 217(1-2), 83-90.
- Maccari F, Arseni A, Chiodi, Ramacci MT, Angelucci L, Hulsman WC (1987). L-carnitine effect on plasma lipoproteins of hyperlipidemic fat-loaded rats. *Lipids* 22(12), 1005-1008.
- Martinez B, Staba EJ(1984). The physiological effects of *Aralia*, *Panax* and *Eleutherococcus* on exercised rats. *Jpn J Pharmacol* 35, 79-85.
- Mondola, Belfiore A, Santangelo, Santillo M.(1988). The effect of L-carnitine on the apolipoprotein pattern of rats fed a cholesterol-rich diet. *Comp Biochem Physiol B* 89(1), 69-73
- Muller DM, Seim H, Kiess W, Loster H, Richter T (2002). Effects of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism* 51(11), 1389-1391.
- Ohkawa, Ohish, Yagi K(1979). Assay for lipid peroxide in animal tissue by thiobabutaric acid reaction. *Anal Biochem* 95, 351-353.
- Olson AL, Nelson SE, Rebouch CJ(1989). Low carnitine intake and altered lipid metabolism in infants. *Am J Clin Nutr* 49(4),624-628.
- Owen KQ, Jit H, Maxwell CV, Nelssen JL, Goodband R.D, Tokach M., Tremblay GC, Koo SI(2001). Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhance protein accretion and carcass characteristics of swine. *J Anim Sci* 79(12), 3104-3112.
- Paradies G, Ruggiero F, Gadaleta MN, Quagliariello E (1992). The effect of aging and acetyl-L-carnitine on the activity of the phosphate carrier and on the phospholipid composition in rat heart mitochondria. *Biochem Biophys Acta* 103(2), 324-326.
- Park C, Han JG, Han JA, Park YC(1994). Aspartate decreases lipid peroxidation and protein carbonylation in liver of chronic ethanol-fed rats. *Korea J Biochem* 26, 145-149.

- Raymond TL, Ryenolds A, Swanson JA, Pantnode CA, Bell FP(1987). The effect of oral L-carnitine on lipoprotein composition in the Watanabe Heritable Hyperlipidemic "Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*).” *Comp Biochem Physiol A* 88(3), 503-506.
- Rhie SG, Won HR(2004). Effects of soluble extract from *Eleutherococcus Senticosus* and dietary carnitine on the lipid metabolism and antioxidant defense system of rats on hypercholesterol diet. *Korean J Community Living Sci* 15(1), 105-113.
- Ruggiero FM, Cagagna F, Godaleta MN, Quagliariello E(1990). Effect of aging and acetyl-L-carnitine on the lipid composition of rat plasma and erythrocytes. *Biochem Biophys Res Commun* 170(2), 621-626.
- Shills ME, Young VR(1994). *Modern nutrition in health and disease* 18th ed.
- Singh RB, Aslam M(1998). L-carnitine administration in coronary artery disease and cardiomyopathy. *J Assoc Physicians India* 46(9), 801-805.
- Song YJ, Han DS, Oh SW, Paik HY, Park TS(2002). Effect of dietary supplementation of *Eleutherococcys Senticosus*, taurine and carnitine on endurance exercise performance in rats. *The Korean Nutrition Society* 35(8), 825-833.
- Willet W(1990). *Nutritional Epidemiology*, New York, Oxford University Press.
- Won HR(2004). Effect of dietary L-carnitine supplementation on serum and liver lipid composition and antioxidant defense system in rats fed with different types of fat. *Korean J Community Living Sci* 15(1), 77-83.
- Xu ZR, Wang MQ, Mao HX, Zhan XA, Hu CH(2003). Effects of L-carnitine on growth performance, carcass composition, and metabolism of lipids in male broilers. *Poult Sci* 82(3), 408-413.
- Zlatkis, Zak BA(1969). A study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29, 143-145.