

CLA와 selenium의 투여가 닭의 체구성과 혈중 콜레스테롤 수준에 미치는 영향

전호진 · 김진영 · 임좌진 · 이수한 · 이병한 · 정순욱 · 박희명 · 정병현*

건국대학교 수의과대학
(게재승인: 2005년 8월 17일)

Effects of conjugated linoleic acid and selenium on body composition and serum cholesterol concentration in broiler chickens

Ho-Jin Jun, Jin-Young Kim, Joa-Jin Lim, Soo-Han Lee, Byeong-Han Lee, Soon-Wuk Jeong, Hee-Myung Park, Byung-Hyun Chung*

College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
(Accepted: August 22, 2005)

Abstract : The purpose of this study was to examine whether conjugated linoleic acid and selenium supplementation in broiler chicken diets would be effective, enhance indices of immune status and body weight, and modulate serum lipid concentration. Forty Hyline brown chickens, 1 weeks of age, were divided into 5 groups of 8 chickens. Chickens were fed the experimental diets supplemented with 1% CLA (conjugated linoleic acid; Group 1), 1% CLA + selenium (Group 2), 1% safflower-seed-oil as LA (Group 3), 1% safflower-seed-oil as LA + selenium (Group 4) or nothing (Control) for 4 weeks. After 4 weeks, serum, liver, spleen and abdominal fat were taken. Measurement of total immunoglobulin were executed using sandwich ELISA. Weight ratio of liver to body showed that the group fed with CLA were significantly higher than the group fed with CLA + selenium. Weight ratios of spleen and fat to body showed no significant differences. In concentrations of serum total cholesterol and HDL-cholesterol, the group fed with CLA showed significantly higher values than that fed with CLA + selenium. In concentrations of serum triglyceride and LDL-cholesterol there were no significant differences between the treatment groups. In conclusion, supplementation of CLA with selenium protected hepatomegaly and reduced level of serum total cholesterol and HDL-cholesterol in chickens.

Key words : CLA, selenium, cholesterol, chickens

서 론

CLA(conjugated linoleic acid)는 오래전부터 자연계에 존재하는 것으로 알려져 왔으나, 1978년 Wisconsin 대학의 Dr. Pariza에 의해 우연히 발견되었으며 [36], 항암효과가 있다는 것을 알게 된 1987년 이 물질이 CLA임을 확인하였다 [15~36]. 이후 여러 연구진에 의해 항암성 [15, 16, 21, 27, 36], 항 동맥경화 [26], 당뇨병 치료 [19],

체지방감소 [11, 32, 43, 45], 면역증강 [8] 등의 생리활성을 갖는 물질로 확인되었다 [31,36].

CLA는 반추동물의 제1위에 서식하는 미생물인 *Butyrivibrio fibrisolvens*에 의해 linoleic acid로부터 소량 합성되며 [20, 28], 우유로 배설되어 유지방 1g당 2.9~11.3 mg이 함유되어 있고, 그 외의 식품에서도 미량으로 존재한다 [10].

Selenium은 1817년 Jons Jacob Berzelius에 의해 발견

이 논문은 2003년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임

*Corresponding author: Byung-Hyun Chung

College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
[Tel: +82-2-450-3717, Fax: +82-2-444-4524, E-mail: chungbh@konkuk.ac.kr]

되었다. 반도체, 사진복사기, 스테인레스 스틸 그리고 비듬삼푸의 제조 등 공업용으로 광범위하게 사용되던 독성 금속이었으나, 1957년 rat의 비타민 부족성 간괴사를 예방하는 필수 미량원소인 것이 알려졌다. Selenium은 토양과 식물에 존재하는 미량원소이나 각 나라와 지역에 따라 다른 분포를 나타낸다 [34].

Selenium은 glutathione peroxidase(GSH-PX)의 구성성분으로 세포의 변성 또는 괴사를 유발하는 과산화수소와 과산화지방을 파괴시켜 세포를 보호하고 비타민 E의 유효도를 강화시킨다 [38]. 대표적인 항산화물질로 면역기능 [35], 바이러스 감염 [42], 가축의 생산성 [44], 두뇌활동 [4, 14, 17], 감상선기능 [30], 심혈관계질환 [29], 항암 효과 [7] 등이 알려져 있다.

CLA는 닭에서 콜레스테롤 함량을 낮춘 달걀의 생산을 위한 사료 첨가제로 사용되고 있고, selenium 또한 달걀의 신선도 향상 또는 계육의 질 향상을 위한 사료첨가제로 이미 사용되고 있다. CLA와 selenium 모두 면역성 향상에 대한 연구결과가 있고 서로 다른 기전으로 작용하는 것으로 밝혀져 있으나 혼합투여에 관한 연구는 활발하지 않다.

본 실험에서는 CLA와 selenium의 혼합 투여가 닭에서 육질과 증체 및 혈중 콜레스테롤 농도에 미치는 효과를 확인하고자 실험하였다.

재료 및 방법

공시동물과 사육환경

실험동물로 1일령의 Hyline Brown종 병아리 40마리를 분양받아 일주일 간의 적응사육 후, 실험에 사용하였다. 각 군은 집단사육 형태로 양계용 사육장에서 사육했으며, 스트레스로 인한 면역 반응을 줄이기 위해 부리와 발톱을 자르지 않았다. 5주간의 실험사육기간 동안 백신접종은 하지 않았다.

실험동물실의 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지되었으며, 12시간의 명암주기를 유지하였다.

사료는 산란계 병아리용 분말사료(Purina, Korea)를 물과 함께 자유 급여하였고 사료와 물은 하루에 한번씩 보충해주었다. 체중측정은 9일령부터 실험 종료까지 3일간격으로 실시하였으며 사료의 조성 및 첨가제는 Table 1과 같다.

실험에 사용한 CLA는 c9,t11-CLA와 t10,c12-CLA의 비율이 2:3인 순도 90%로, 실험에 필요한 사료 첨가 농도인 1%를 만들기 위해 [19] w/w 퍼센트 비율로서 분말형 사료 98.9 g에 CLA 1.1 g을 혼합하였고, selenium은 양계사료의 첨가제로 이용되는 Sel-Plex(Alltech)을 분말사료에 3 ppm이 되도록 혼합하였다. CLA의 대조군으

Table 1. Composition and nutrient content of standard experimental diets

Protein	18.00 %
Fat	2.50 %
Crude Fiber	6.00 %
Ash	9.00 %
Calcium	0.85 %
Phosphate	0.60 %
Methionine + Cystein	0.70 %
Metabolizable energy	2.80 Mcal

로 처방된 LA(linoleic acid)는 홍화씨유를 사용하였으며, LA의 첨가 농도는 CLA와 동일한 방법으로 혼합하여 사용하였다.

실험군의 분류와 처치

본 실험은 4개의 실험군과 1개의 대조군으로 나누었다. CLA가 첨가된 사료를 먹인 실험군(Group 1, n=8), CLA와 selenium이 첨가된 사료를 먹인 실험군(Group 2, n=8), 홍화씨유가 함유된 사료를 먹인 실험군(Group 3, n=8), 그리고 LA와 selenium이 첨가된 사료를 먹인 실험군(Group 4, n=8)으로 나누고, 일반 사료만을 먹인 대조군(Control, n=8)을 두었다.

혈청 분리 및 시료분석

4주간의 실험사육기간이 지난 후 12시간 절식시킨 다음 경정맥에서 채혈하였다. 혈액은 total cholesterol(TC), triglyceride(TG), high-density lipoprotein cholesterol(HDL) 그리고 low-density lipoprotein cholesterol(LDL)의 측정을 위하여 vacutainer tube(BD, USA)에 담아 37°C 에서 1시간 동안 보관한 다음 4°C 에서 3000 rpm으로 20분간 원심분리 시킨 후 -80°C 에서 냉동보관 하였다가 TC와 TG는 혈청자동분석기(HITACHI-7600; ROCHE, Swiss)를 사용하였고, HDL과 LDL은 혈청자동분석기(COBAS INTEGRA-700; ROCHE, Swiss)를 이용하여 Enzymatic colorimetric assay 법으로 분석하였다.

복부장기(간, 비장)와 복부지방의 분리

간과 비장은 적출한 뒤 무게를 측정하여 기록하였다. 복부지방은 총배설강으로부터 근위까지의 지방을 분리한 뒤 무게를 측정하여 기록하였다.

통계처리

실험결과와 통계처리 및 유의성 검정은 SPSS (버전 10.0 for windows)를 이용하여 일원배치 분산분석을 하였고, 사후검정으로는 Scheffe's test와 Dunnett's test를 이용하였다.

결 과

증체량

실험기간 4주간 각 군의 체중 증가량은 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control 군이 각각 380±40g, 370±28 g, 350±23 g, 382±18 g, 그리고 392±30 g으로 나타났다(Fig. 1).

대조군이 가장 높은 체중 증가를 보였고, Group 4, Group 1, Group 2, Group 3의 순서로 낮은 증가량을 보였지만 Group 3을 제외하면 각 군 간의 유의성은 인정되지 않았다. Group 3의 경우 대조군에 비해 유의적인 감소를 보였다.

체중에 대한 간, 비장, 지방 무게 비율

(1) 체중에 대한 간장무게 비율

각 군에서 체중에 대한 간장무게의 백분율은 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control 군이 각각 2.78±0.32%, 2.45±0.22%, 2.65±0.21%, 2.42±0.17%, 그리고 2.31±0.16%로 나타났다(Fig. 2).

CLA 단독 투여군인 Group 1과 LA 단독 투여군인 Group 3은 대조군에 비해서 각각 유의적인 증가를 보였으나, Group 1과 Group 3과의 상호간에는 차이가 인정되지 않았다. Selenium과 CLA를 혼합 투여한 Group 2는 Group 1 및 Group 2에 비해 감소를 보였으나, CLA 단독 투여군인 Group 1에서만 유의성이 인정되었다.

(2) 체중에 대한 비장무게비율

각 군에서 체중에 대한 비장무게의 백분율은 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control 군이 각각 0.23±0.05%, 0.31±0.09%, 0.27±0.05%, 0.26±0.04% 그리고 0.28±0.07%로 나타났다(Fig. 3).

Group 1에서 다른 군에 비해 큰 감소를 보였고, Group 2는 반대로 증가를 보였지만, 각 군 간의 차이에는 유의성이 인정되지 않았다.

(3) 체중에 대한 지방무게 비율

각 군에서 체중에 대한 지방무게의 백분율은 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control 군이 각각 0.51±0.16%, 0.42±0.22%, 0.59±0.27%, 0.32±0.12% 그리고 0.36±0.18%로 나타났다(Fig. 4).

LA 단독 투여군인 Group 3은 대조군에 비해 두드러진 증가가 보였고, CLA 및 LA 단독 투여군인 Group 1과 Group 3에 비해 selenium 혼합 투여군인 Group 2와 Group 3에서는 감소가 보였으나, 각 군 간의 차이에는 유의성이 인정되지 않았다.

혈청 콜레스테롤

(1) TC

각 군의 TC 농도는 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 대조군이 각각 164±15 mg/dl, 135±10 mg/dl, 172±14 mg, 138±10 mg/dl 그리고 132±15 mg/dl로 나타났다(Fig. 5).

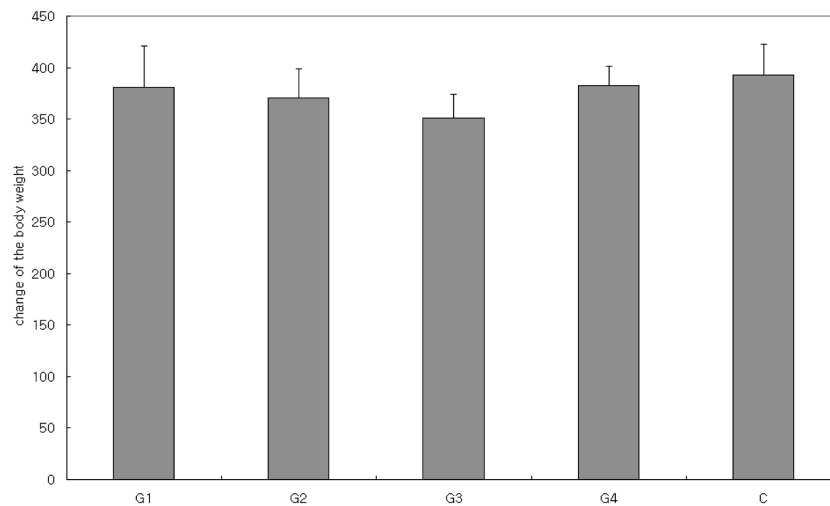


Fig. 1. Changes of the body weights. G1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, G2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, G3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, G4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean change of the body weight and Y error bar is expressed as means±SE (n=8).

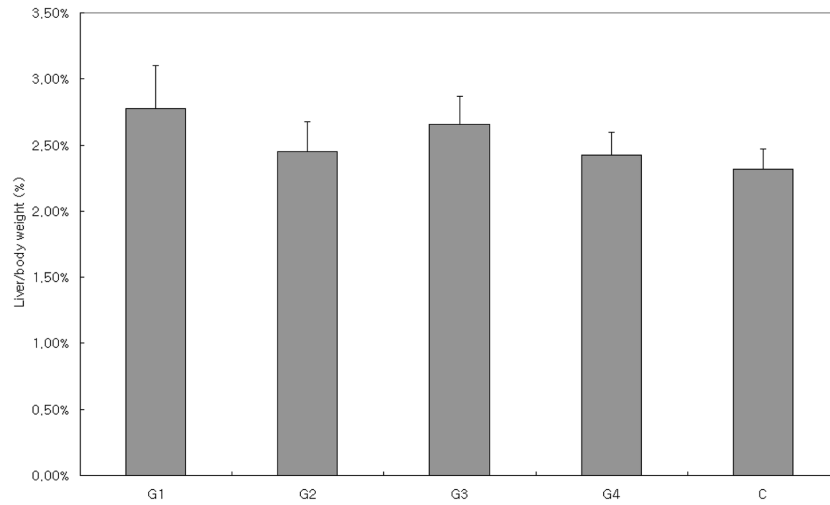


Fig. 2. Weight ratios of liver to body. Group 1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, Group 2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, Group 3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, Group 4: group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean weight ratio of liver to body and Y error bar is expressed as means±SE (n=8).

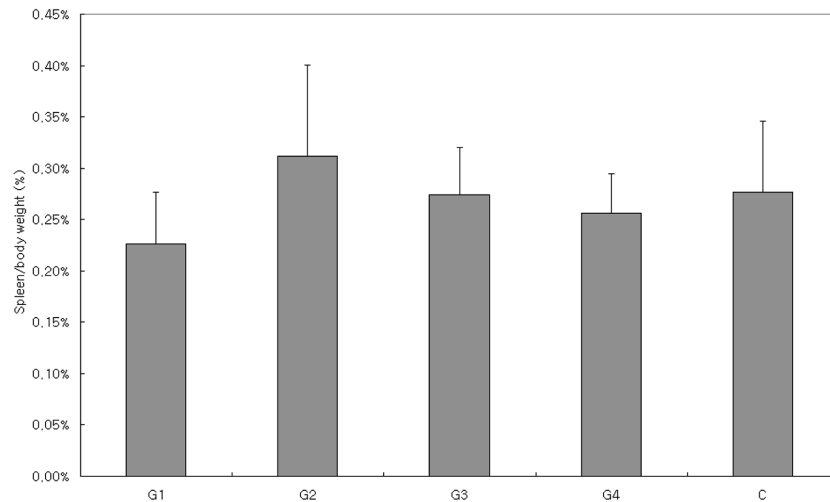


Fig. 3. Weight ratios of spleen to body. Group 1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, Group 2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, Group 3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, Group 4 group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean weight ratio of spleen to body and Y error bar is expressed as means±SE (n=8).

CLA 단독 투여군인 Group 1과 LA 단독 투여군인 Group 3은 selenium 혼합 투여군 및 대조군에 대해 유의적인 증가를 보였다. 그러나 CLA 투여군과 LA 투여군 간의 유의성은 인정되지 않았다.

(2) TG

각 군의 triglyceride는 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control 군이 각각 20±2 mg/dl, 20±2 mg/dl, 22±4 mg/dl, 18±1 mg/dl 그리고 18±3 mg/dl로 나타났다(Fig. 6).

LA 단독 투여군인 Group 3이 대조군에 비해 두드러진 증가를 보였고, CLA 단독 투여군인 Group 1은 CLA

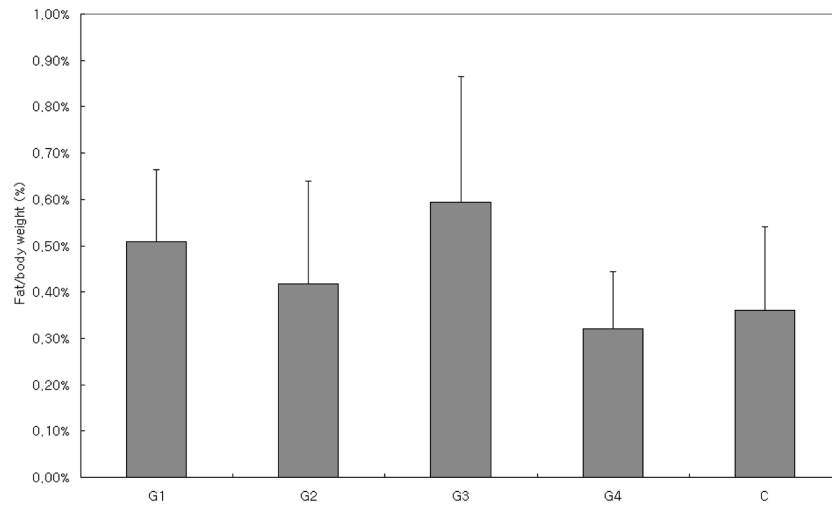


Fig. 4. Weight ratios of fat to body. Group 1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, Group 2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, Group 3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, Group 4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean weight ratio of fat to body and Y error bar is expressed as means \pm SE (n=8).

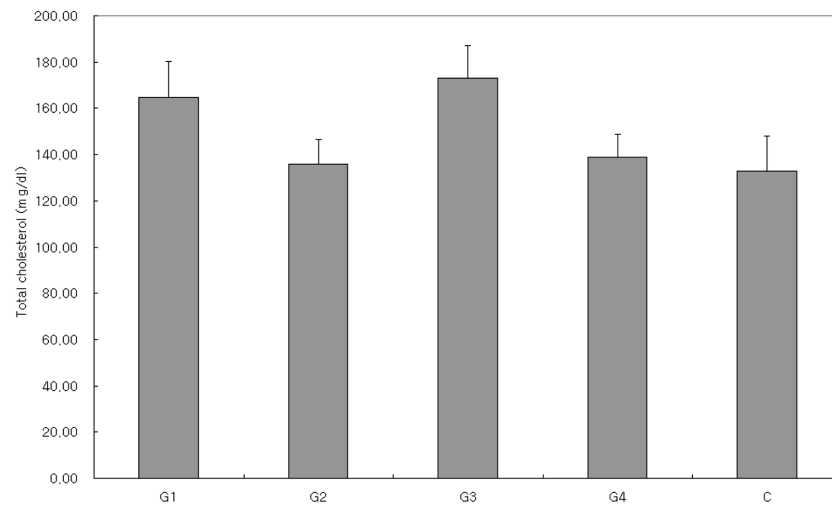


Fig. 5. Total Cholesterol. G1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, G2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, G3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, G4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean serum total cholesterol concentration and Y error bar is expressed as means \pm SE (n=8).

와 selenium 혼합 투여군인 Group 4 및 대조군에 비해 약간의 증가를 보였지만, 각 군 간의 차이는 유의성이 인정되지 않았다.

(3) HDL

각 군의 HDL 농도는 Group 1, Group 2, Group 3,

Group 4, 그리고 Control 군이 각각 110 \pm 11 mg/dl, 86 \pm 11 mg/dl, 117.13 mg/dl, 86 \pm 9 mg/dl 그리고 83 \pm 10 mg/dl로 나타났다(Fig. 7).

각 군 간의 차이는 유의성이 인정되었으며, CLA 및 LA 단독 투여군인 Group 1과 Group 3은 selenium 혼합 투여군인 Group 2와 Group 4에 대해 유의적인 증가를

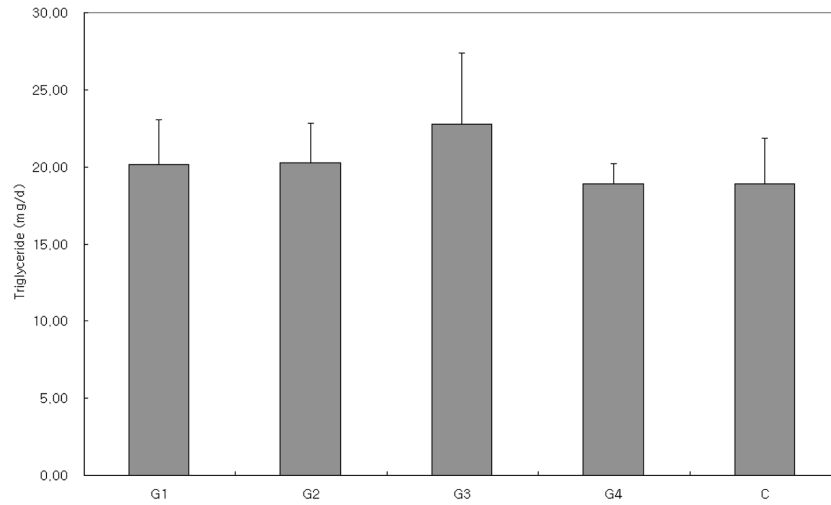


Fig. 6. Serum triglyceride(TG) concentrations. G1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, G2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, G3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, G4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean serum triglyceride concentration and Y error bar is expressed as means±SE (n=8).

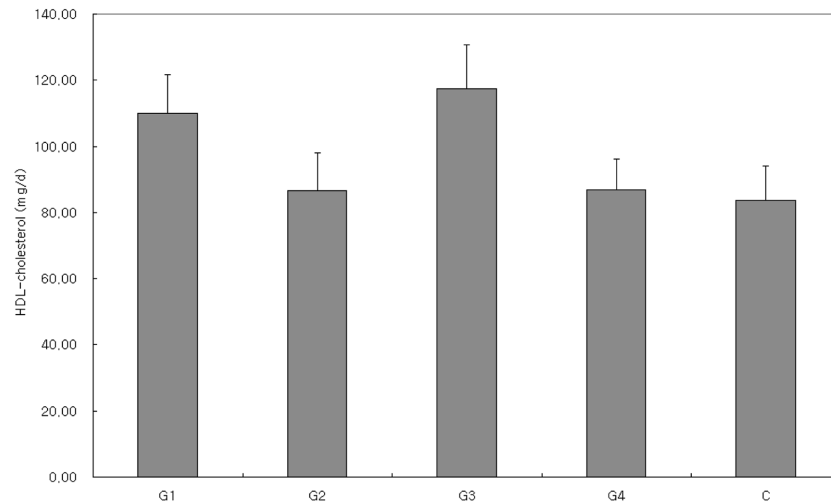


Fig. 7. Serum HDL-cholesterol concentrations. G1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, G2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, G3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, G4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean serum HDL-cholesterol concentration and Y error bar is expressed as means±SE (n=8).

보였다. 그러나 Group 1과 Group 3의 상호간의 유의성은 인정되지 않았다.

(4) LDL

각 군의 LDL 농도는 Group 1, Group 2, Group 3, Group 4, 그리고 Control군이 각각 40 ± 6 mg/dl, 32 ± 3 mg/dl, 51 ± 30 mg/dl, 34 ± 3 mg/dl 그리고 31 ± 7 mg/dl로 나타났

(Fig. 8).

CLA 및 LA 단독 투여군인 Group 1 및 Group 3에 비해 selenium 혼합 투여군인 Group 2 및 Group 4에서는 감소를 보였지만, 각 군 간의 차이는 유의성이 인정되지 않았고, Group 3만이 대조군에 비해 유의적인 증가를 보였다.

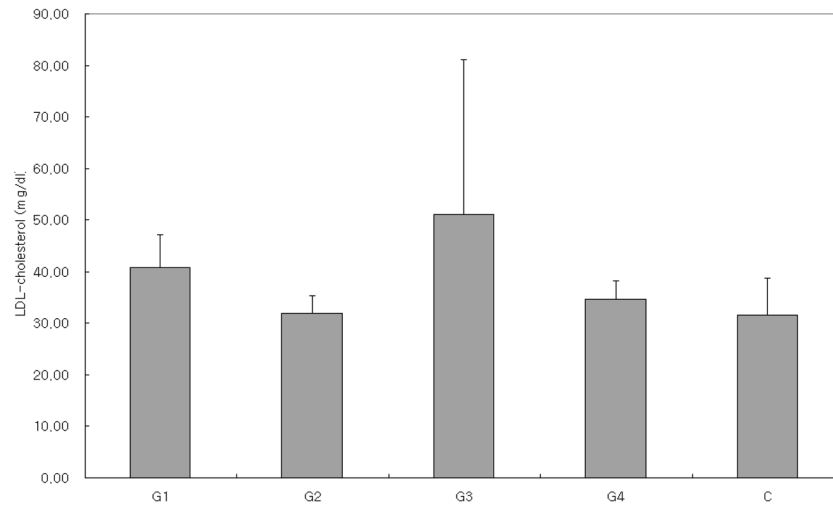


Fig. 8. Serum LDL-cholesterol concentrations. G1 : group fed diet supplemented with 1% CLA, G2 : group fed diet supplemented with 1% CLA + Selenium, G3 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil, G4 : group fed diet supplemented with 1% safflower-seed-oil + Selenium, C : group fed diet supplemented with nothing. Each bar represents the mean serum LDL-cholesterol concentration and Y error bar is expressed as means \pm SE (n=8).

고 찰

CLA는 닭에서 농도에 비례하는 체중감소 효과를 나타내고 [12], 생쥐에서도 체중감소 효과를 나타낸다 [22]. 한편, selenium의 투여로 닭에서 체중의 감소가 야기되었다는 보고가 있다 [25]. 본 실험에서는 전 군에서 대조군보다 낮은 체중증가를 보였으나, 유의성은 인정되지 않았다. 다만 LA만을 투여한 군에서 체중에 대한 지방의 비율은 가장 높았으나, 증체율은 현저히 낮은 현상을 보였다.

CLA는 지방의 간 대사를 촉진시키는 결과 체지방 감소를 나타내며 [2], CLA에 의해 야기된 간에서의 지방 축적은 축중에 따라 차이가 있다. CLA가 보충된 사료를 섭취한 생쥐는 지질 축적으로 인해 명백하게 간이 중대 된다 [3, 43]. 반면에 햄스터에서는 간비대가 지질 축적에 의한 것이 아닌 것으로 보고하였고 [9], 랫트나 돼지는 지질 축적이나 간 무게의 증가가 없다 [31]. 닭에서는 CLA의 급여가 간에서의 지방 축적을 감소시킨다는 결과 [1]와 간조직의 지질 함량을 증가시킨다는 보고가 있다 [5]. 또한 selenium은 조류에서 간의 무게를 증가시킨다는 보고가 있다 [25].

본 실험에서는 체중에 대한 간의 무게 비율을 볼 때, CLA와 LA 투여군에서 증가를 나타내는 것을 볼 수 있다. 반면에 selenium의 혼합 투여군에서는 증가가 일어나지 않은 것을 볼 수 있었는데, CLA 단독 투여군에 비

해 CLA와 selenium의 혼합 투여군에서는 감소를 나타낸 것으로 보아, selenium의 투여가 CLA 및 LA의 섭취에 의한 간의 비대를 완화시키는 것으로 생각되어진다.

1% CLA를 투여했을 때, 랫트에서 비장의 무게가 증가한다고 알려져 있지만 [37], 본 실험에서 체중에 대한 비장 무게의 변화는 유의성을 나타내지 않았다. CLA는 닭 [42], 생쥐 [32-45], 랫트 [19] 및 돼지 [13]에서 체지방 감소 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 비록 사료 섭취량의 감소에 중요한 역할을 하지만, 지방저장소인 adipocytes와 주요 지방연소 기관인 골격근세포에 직접적으로 큰 영향을 준다고 한다 [33]. 이와 같이 서로 다른 요인들과의 관계는 명확하지 않지만, CLA가 지방대사에 영향을 미치고 [33], 세포소멸에 의한 지방조직의 감소와 지방이영양증을 일으키기도 한다 [43].

본 실험에서는 LA 단독 투여군에 비해 CLA 단독 투여군의 복강 지방의 비율이 낮고, selenium 혼합 투여군의 경우, 단독 투여군에 비해서 추가적인 지방의 감소를 볼 수 있었으나, 각 군 간의 차이에서 유의성은 인정되지 않았다. 이는 1% 농도의 CLA 투여시 대조군에 비해 복강 지방의 감소가 없었다는 실험 결과와 일치했으며 [12], selenium의 투여로 고지방 식이에 의한 atheroma를 예방한다는 결과 [23]와 연관이 있는 것으로 보인다.

CLA는 혈중 지질과 콜레스테롤 농도를 감소시키는데 [23] 이는, 소장의 acyl coA : cholesterol acyltransferase 활동도를 감소시켜, 그 결과 콜레스테롤의 에스테르화

가 감소되어 혈액내 콜레스테롤의 흡수가 감소되고, 분변내 콜레스테롤의 배출 증가에 의해 혈중 콜레스테롤이 감소된다는 것이라 한다 [6]. 또 다른 설명으로 t10, c12-CLA 이성질체에 의해 TG를 LDL로 전환시키는 세포내 lipoprotein lipase 활성도의 억제에 의해 LDL가 감소한다고 하였다 [46].

본 실험에서는 CLA와 LA의 단독 투여군에서 대조군에 비해 뚜렷한 TC와 HDL의 상승을 보였다. 이는 혈중 TC와 HDL이 1% 농도의 CLA를 급여했을 때 최고 수준에 도달했다는 실험 결과와 일치했다 [41]. 또한 selenium의 혼합 투여군에서는 대조군과 비슷한 수준의 TC와 HDL 농도를 보였는데, selenium이 CLA와 LA에 의한 콜레스테롤의 증가를 억제하는 것으로 생각된다. TG의 농도 변화는 유의성이 인정되지 않았다. 본 실험에서의 LDL의 농도 변화를 살펴보면, LA 단독 투여군에서 눈에 띄는 증가를 보였고, CLA 단독 투여군에서도 증가된 것을 볼 수 있었다. 또한 selenium 혼합 투여군에서는 상대적인 감소를 나타내어 HDL에서와 비슷한 결과가 나타났으나 LA 단독 투여군을 제외하면 각 군간의 유의성은 인정되지 않았다.

닭에서 CLA에 의한 간 비대와 복강 지방의 증가 및 콜레스테롤 농도의 상승을 selenium이 감소시키는 것으로 생각되어, 사료첨가제로서 CLA와 selenium의 혼합 투여는 긍정적인 것으로 생각된다.

결 론

체지방 감소 및 콜레스테롤 저 함량 계란의 생산을 위해 사료첨가제로 급여하는 CLA와 계란 및 계육의 품질향상을 위해 사료첨가제로 이용되는 selenium의 혼합 투여에 대한 영향을 알아보기 위하여 CLA 또는 LA가 첨가된 사료, CLA 또는 LA와 selenium이 첨가된 사료 그리고 일반 사료를 4주간 닭에게 자유 급여시킨 후 체중 변화와 각 장기의 무게를 측정하고, 혈청 콜레스테롤과 TG의 농도변화를 확인한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) CLA와 LA 투여군은 간의 무게가 증가했다 ($P<0.05$).
- (2) Selenium 혼합 투여군은 CLA 및 LA 투여군에 비해 간의 무게가 감소했다($P<0.05$).
- (3) CLA와 LA 투여군은 혈청 TG 및 HDL농도가 증가했다($P<0.05$).
- (4) Selenium 혼합 투여군은 CLA 및 LA 투여군에 비해 혈청 TC 및 HDL의 농도가 감소했다($P<0.05$).
- (5) CLA와 LA 및 selenium 투여군은 대조군에 비해 TG는 약간 증가하였으나 각 군간의 유의성은 인

정되지 않았다($P>0.05$).

이상의 결과로 보아 닭에서의 CLA의 투여는 체중에 대한 간과 복강 지방의 비율 및 콜레스테롤의 증가를 유발하며, selenium의 혼합 투여는 이러한 CLA에 의한 변화를 감소시키는 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. **Badinga L, Selberg KT, Dinges AC, Corner CW, Miles RD.** Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. *Poult Sci* 2003, **82**, 111-116.
2. **Belury MA, Kempa-Steczko A.** Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice. *Lipids* 1997, **32**, 199-204.
3. **Belury MA, Moya-Camarena SY, Liu K, Heuvel JPV.** Dietary conjugated linoleic acid induces peroxisome specific enzyme accumulation and ornithine decarboxylase activity in mouse liver. *J Nutr Biochem* 1997, **8**, 579-584.
4. **Benton D, Cook R.** Selenium supplementation improves mood in a double-blind crossover trial. *Biol Psychiatry* 1991, **29**, 1092-1098.
5. **Cherian G, Holsonbake TB, Goeger MP, Bildfell R.** Dietary CLA alters yolk and tissue FA composition and hepatic histopathology of laying hens. *Lipids* 2002, **37**, 751-757.
6. **Chi H, Thomas Y, Lin Y, Yu H, Jun W, Zhen-Yu C.** Dietary conjugated linoleic acid mixture affects the activity of intestinal acyl coenzyme A: cholesterol acyltransferase in hamsters. *Br J Nutr* 2000, **84**, 935-941.
7. **Clark LC, Combs GF Jr, Turnbull BW.** Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial. *Nutritional Prevention of Cancer Study Group, JAMA* 1996, **276**, 1957-1963 Erratum in: *JAMA* 1997, **277**, 1520.
8. **Cook ME, Miller CC, Pariza MW.** Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Sci.* 1993, **72**, 1301-1305.
9. **de Deckere EAM, van Amelsvoort JMM, McNeil GP, Jones P.** Effects of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster. *Br J Nutr* 1999, **82**, 309-317.
10. **Decker EA.** The Pole of phenolics, conjugated linoleic

- acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary Antioxidants. *Nutr Rev* 1995, **53**, 49-58.
11. **Delany JP, Blohm F, Truett AA, Scimeca JA, West DB.** Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am J Physiol* 1999, **276**, R1172-R1179.
 12. **Du M, Ahn DU.** Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live birds and on the abdominal fat content and quality of broiler meat. *Poult Sci* 2002, **81**, 428-433.
 13. **Dugan ME, Aalhus, JL, Schaefer AL, Kramer JKG.** The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Can J Ani Sci* 1997, **77**, 723-725.
 14. **Finley JW, Penland JG.** Adequacy or deprivation of dietary selenium in healthy men: clinical and psychological findings. *J Trace Elem Exp Med* 1998, **11**, 11-27.
 15. **Ha YL, Grimm NK, Pariza MW.** Anticarcinogens from fried ground beef : hear-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 1987, **8**, 1881-1887.
 16. **Ha YL, Storkson J, Pariza MW.** Inhibition of benzo(a)pyrene - induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res* 1990, **50**, 1097-1101.
 17. **Hawkes WC, Hornbosterl L.** Effects of dietary selenium on mood in healthy men living in a metabolic research unit. *Biol Psychiatry* 1996, **39**, 121-128.
 18. **Hayek MG, Han SN, Wu D, Watkins BA, Meydani M, Dorsey JL, Smith DE, Meydani SN.** Dietary conjugated linoleic acid influences the immune response of young and old C57BL/6NCrIBR mice. *J Nutr* 1999, **129**, 32-38.
 19. **Houseknecht KL, Vanden Heuvel JP, Moya-Camarena SY, Portocarrero CP, Peck LW, Nickel KP, Belury MA.** Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in Zucker diabetic fatty fa/fa Rat. *Biochem Biophys Res Comm* 1998, **244**, 678-682.
 20. **Hughes PE, Hunter WJ, Tove SB.** Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J Biol Chem* 1982, **257**, 3643-3649.
 21. **Ip C, Chin SF, Scimeca JA, Pariza MW.** Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res* 1991, **51**, 6118-6124.
 22. **Peters JM, Park YH, Gonzalez FJ, Pariza MW.** Influence of conjugated linoleic acid on body composition and target gene expression in peroxisome proliferator-activated receptor α -null mice. *Biochim Biophys Acta.* 1533. 2001, 233-242.
 23. **Kang BP, Mehta U, Bansal MP.** Selenium supplementation protects from high fat diet-induced atherogenesis in rats: role of mitogen stimulated lymphocytes and macrophage NO production. *Indian J Exp Biol* 2001, **39**, 793-797.
 24. **Kelley DS, Taylor PC, Rudolph IL, Benito P, Nelson GJ, Mackery BE, Erickson KL.** Daitary conjugated linoleic acid did not alter immune status in young healthy women. *Lipids* 2000, **35**, 1065-1071
 25. **Khan MZ, Szarek J, Markiewicz K.** Effects of oral administration of toxic levels of lead and selenium upon concentration of different elements in the liver of broiler chicks. *Zentralbl Veterinarmed* 1993, **40**, 652-664.
 26. **Lee KN, Kritchevsky D, Pariza MW.** Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis.* 1994, **108**, 19-25.
 27. **Liew C, Schut HA, Chin SF, Pariza MW, Dashwood RH.** Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis* 1995, **16**, 3037-3043.
 28. **Mir Z, Rushfeldt ML, Mir PS, Paterson LJ, Weselake RJ.** Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissue. *Small Rumin Res* 2000, **36**, 25-31.
 29. **Néve J.** Selenium as a risk factor for cardiovascular diseases. *J Cardiovasc Risk* 1996, **3**, 42-47.
 30. **Olivieri O, Girelli D, Azzini M.** Low selenium status in the elderly influences thyroid hormones. *Clin Sci.* 1995, **89**, 637-642.
 31. **Pariza MW, Park Y, Cook ME.** The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog Lipid Res* 2001, **40**, 283-298.
 32. **Park Y, Albright KJ, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW.** Effect of conjugated linoleic acid on body composition changes in mice. *Lipids* 1997, **32**, 853-858.
 33. **Park Y, Storkson JM, Albright KJ, Liu W, Pariza MW.** Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes on mice. *Lipids* 1999, **34**, 235-241.

34. **Roderick CM, Teresa SR, Geoffrey JB.** Selenium : an essential element for immune function. *Immunol Today* 1998, **19**, 342-345.
35. **Roy M, Kiremidjian-Schumacher L, Wishe HI.** Supplementation with selenium restores age-related decline in immune cell function. *Proc Soc Exp Biol Med* 1995, **209**, 369-375.
36. **Scimeca JA, Miller GD.** Potential health benefits of conjugated linoleic acid. *J Am Coll Nutr* 2000, **19**, 470S-471S.
37. **Sugano M, Tsujita A, Yamasaki M, Noguchi M, Yamada K.** Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. *Lipids* 1998, **33**, 521-527.
38. **Swain BK, Johri TS, Majumdar S.** Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers. *Br Poult Sci* 2000, **41**, 287-292.
39. **Swecker WS, Thatcher CD, Eversole DE, Blodgett DJ, Schurig GG.** Effect of selenium supplementation on colostral IgG concentration in their calves. *Am J Vet Res* 1995, **56** 450-453.
40. **Swecker WS, Eversole DE, Thatcher CD, Blodgett DJ, Schurig GG, Meldrum JB.** Influence of supplemental selenium on humoral immune responses in weaned beef calves. *Am J Vet Res* 1989, **50**, 1760-1763.
41. **Szymczyk B, Pisulewski PM, Szczurek W, Hanczakowski P.** Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Br J Nutr* 2001, **85**, 465-473.
42. **Taylor EW, Nadimpalli RG, Ramanathan CS.** Genomic structures of viral agents in relation to the biosynthesis of selenoproteins. *Biol Trace Elem Res* 1997, **56**, 63-91.
43. **Tsuboyama-Kasaoka N, Takahashi M, Tanemura K, Kim H, Tange T, Okauyama H, Kasai M, Ikemoto S, Ezaki O.** Conjugated linoleic acid supplementation reduce adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes* 2000, **49**, 1534-1542.
44. **Underwood EJ.** Trace elements in human and animal nutrition, 4th ed, pp. 303-345, Academic Press, New York, 1977.
45. **West DB, Delany JP, Camet PM, Blohm F, Truett AA, Scimeca J.** Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am J Physiol* 1998, **275**, R667-R672.
46. **Yuguang L, Arja K, Johan AE, Schuurbiers RD.** Different effects of conjugated linoleic acid isomers on lipoprotein lipase activity in 3T3 - 11 adipocytes, *J Nutr Biochem* 2001, **12**, 183-189.