

과량의 비타민 E 첨가 및 다불포화지방 식이가 Age가 다른 Chick의 혈청과 조직 비타민 E 농도에 미치는 영향*

정은정 · 박연희 · 이양자
연세대학교 가정대학 식생활학과

Effects of Dietary Polyunsaturated Fatty Acids and Vitamin E Supplementation on Vitamin E Levels of Serum, Liver and Brain in Chicks at Different Ages

Eun Jung Chung, Yeon Hee Park and Yang Cha Lee(Kim)

Dept. of Food & Nutrition, College of Home Economics,
Yonsei University

= ABSTRACT =

The present study examined the effects of dietary PUFA and vitamin E supplementation(2,000 I.U. / Kg diet) on vitamin E levels of serum, liver and brain in chicks aged one week(younger chick) and four weeks(older chick).

1) Younger chicks showed more sensitive response to vitamin E supplementation in the diet than older chicks in their serum levels, but not in liver levels. 2) Chicks fed excess vitamin E showed significantly higher levels of vitamin E in both serum and liver than unsupplemented groups. 3) PUFA diet lowered serum and liver vitamin E levels especially for vitamin E supplemented groups except for older chick liver at 3 weeks of the experimental period. 4) Vitamin E levels of brain were relatively lower than those of serum and liver and showed little change according either to the dietary PUFA or to vitamin E supplementation.

서 론

비타민 E는 체내에서 합성되지 않는 지용성의 필수 영양소로서 가장 잘 알려진 기능은 polyunsaturated fatty acid(PUFA)에 대한 항산화작용이다¹⁾⁵⁾. 쥐의 간세포와 뇌세포의 세포분

획 중 microsome과 mitochondria에 비타민 E가 가장 많이 분포되어 있고 microsome과 mitochondrial membrane에는 PUFA가 많이 함유되어 있으므로, 비타민 E는 세포의 막조직에 있는 PUFA의 산패를 방지하여 세포의 기능을 정상적으로 유지시키는 중요한 역할을 담당하는 것

*본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원으로 이루어졌음.

접수일자: 1989년 5월 11일

으로 보고 있다⁶⁾. 특히 닭과 같은 조류에서는 뇌연화증^{7,8)}이나 근육약화증⁹⁾ 방지를 위해 비타민 E가 필요하다고 알려져 있다. 사람과 흰쥐의 경우 다른 조직에 비해 간과 지방조직에 비타민 E가 가장 빨리 축적되며, 비타민 E의 섭취가 불충분한 경우에는 혈액의 비타민 E 농도를 유지하기 위해 간에서 비타민 E를 방출하므로 간은 비타민 E의 주요 저장 장소로 알려져 있다^{10,11)}. 반면에 뇌조직은 blood brain barrier에 의해 외부환경으로부터 보호 받기 때문에 비타민 E 결핍시에도 혈청이나 간조직에 비해 비타민 E의 함량 변화가 작다고 보고된 바 있다^{12,13)}.

비타민 E는 비타민 A나 D에 비하면 과량섭취에 의한 독성효과가 많이 보고되지 않고 있다¹⁴⁾. 일반적으로 흰쥐와 닭의 비타민 E 필요량은 30 I.U./Kg diet이며^{4,15)}, 흰쥐의 경우, 250 I.U./Kg diet 이상을 과량이라고 하지만¹⁶⁾ 10,000 I.U./Kg diet를 준 경우도 독성이 나타나지 않았다고 한다¹⁷⁾. 닭의 경우, 2,200 I.U./Kg diet의 비타민 E를 함유한 식이를 50일동안 섭취한 결과 내분비선 기능장애와 성장률 감소를 일으켰다는 보고도 있다¹⁸⁾.

비타민 E의 필요량은 식이내 PUFA 함량에 따라 달라지는 데, 보통 비타민 E(mg)/PUFA(g) 비율이 0.6이면 적절하다고 알려져 있으며¹⁹⁾, 김¹⁹⁾은 한국인의 식사패턴에서는 이 비율이 약 0.4정도라고 보고한 바 있다.

들깨기름(perilla seed oil)은 linolenic acid(C18:3 ω-3계 지방산) 함량이 총지방산의 약 60%나 되어 필수 지방산의 좋은 공급원이지만 P/S(polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids) 비율이 약 6.8-9.2로 불포화도가 매우 높아, 과량섭취시 비타민 E의 요구량을 증가시키므로, 비타민 E의 결핍을 유도하기가 쉽다고 알려져 있다^{20,21)}.

본 연구는, 부화 후 1주된 chick와 부화 후 4주된 chick를 PUFA(들깨기름)와 과량의 비타민 E가 함유된 식이로 일정기간 사육하여 혈청과 간 및 뇌조직의 비타민 E 함량을 측정하

로 age와 조직에 따른 비타민 E 함량변화를 알아보기 위하여 시도되었다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물

부화후 1주된 체중 40~50g의 수컷 chick(younger chick) 74마리와 부화후 4주된 체중 600~700g의 수컷 chick(older chick) 62마리를 3일간 배합사료를 주어 환경에 적응시킨 후, 이 중에서 부화후 1주된 것에서 8마리와 부화후 4주된 것에서 6마리를 희생시켜 실험식이 공급 전의 혈청, 간 및 뇌조직의 비타민 E농도 측정에 사용하였고, 남은 chick들을 각각 임의로 선정하여 4군으로 나누어(younger chick는 8마리씩, older chick는 7마리씩 분리) 각 군의 실험식으로 3주간(9월13일부터 10월4일까지) 사육하였다. 실험식이 공급후 1½주와 3주에 각군의 실험동물을 희생시켜 혈청, 간 및 뇌조직을 얻어 비타민 E를 분석하였다.

2. 식이조성

실험식은 지방의 급원과 비타민 E의 첨가량을 달리하여 4군으로 분류하였다(Table 1).

지방의 수준은 15%(wt%)로서 I(C, Control diet)군과 II(CE, Control diet+Vitamin E supplementation) 군은 지방의 급원으로 옥수수기름과 소기름의 비를 1:1로하여 P/S 비율이 약 1이 되도록 조절하였으며, II(CE)군에는 식이 1Kg당 2,000 I.U.의 dl-α-tocopherol acetate를 더 첨가하였다.

III(P, Polyunsaturated fat diet)군과 IV(PE, Polyunsaturated fat diet+Vitamin E supplementation) 군은 PUFA군으로 들깨기름(P/S 비율 약 6.8-9.2)만을 지방급원으로 사용하였으며 IV(PE)군에는 식이 1Kg당 2,000 I.U.의 dl-α-tocopherol acetate를 더 첨가하였다.

단백질원으로는 casein을 18% 수준으로 배합하였으며 casein의 제한 아미노산인 methionine

-과량의 비타민 E 첨가 및 다불포화지방산이 Age가 다른 chick의 혈청과 조직 비타민 E 농도에 미치는 영향-

Table 1. Composition of Experimental diets(Wt %)

	Experimental Animal Group			
	I	II	III	IV
Carbohydrate ¹	60	60	60	60
Protein : Casein	18	18	18	18
Dl-Met.	0.1	0.1	0.1	0.1
Fat : Corn oil	7.5	7.5	-	-
Tallow	7.5	7.5	-	-
Perilla oil	-	-	15	15
Salt Mixture ²	4	4	4	4
Vitamin Mixture ³	1	1	1	1
CelufLOUR	2	2	2	2
Vitamin E Supplement	-	0.2	-	0.2

1. Starch : Glucose : Sucrose=70 : 20 : 10
2. Salt mixture(g per 100g salt mixture):
CaCO₃ 29.29 ; CaHPO₄ · 2H₂O 0.43 ; KH₂PO₄ 34.31 ; NaCl 25.06 ; MgSO₄ · 7H₂O 9.98 ; Fe(C₆H₅O₇) · 6H₂O 0.623 ; CuSO₄ · 5H₂O 0.156 ; MnSO₄ · H₂O 0.121 ; ZnCl₂ 0.02 ; KI 0.0005 ; Na₂SeO₃ · H₂O 0.00015 ; (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O 0.0025.
3. Vitamin mixture(mg per Kg diet):
Thiamin HCl 5 ; Riboflavin 5 ; Nicotinamide 25 ; Ca-Pantothenate 20 ; Pyridoxine HCl 5 ; Folic acid 0.5 ; Biotin 0.2 ; Vitamin B₁₂ 0.03 ; DL- α -tocopherol acetate 100 ; Retinyl palmitate (in I.U.) 4000 ; Cholecalciferol (in I.U.) 400 ; Choline chloride 2000 ; Ascorbic acid 50 ; Mena-dione 0.5 ; Inositol 100.

을 0.1% 첨가하였다.

3. 분석방법

A. 체중 측정

실험식이 공급전과 실험식이 공급후 1½주와 3주에 각군 실험동물의 체중을 측정하였다.

B. 생화학적 분석

1) 동물의 희생 및 혈액 채취 방법

실험동물 12시간 금식시킨후 마취없이 목부위를 절단하여 희생시켰다. 목부위에서 혈액을

채취하고, 실온에서 40분간 방치한 후, 원심분리(5,000 rpm, 8분)하여 혈청을 얻었다.

Younger chick의 경우, 혈청의 양이 적으므로, 실험 1½주에는 각군별로, 실험 3주에는 각군별로 2개의 시료로 모아서 비타민 E분석에 사용하였다.

2) 혈청, 간 및 뇌조직에서의 지용성 비타민 추출²³⁾

혈청이나 간 및 뇌조직 균질액(20%) 0.8ml에 methanol 2ml과 chloroform 1ml을 가하여 잘 섞은후 2시간동안 얼음속에 방치하였다. 혼합액을 원심분리(3,500rpm, 10분)하여 불용성 물질을 제거하고 다시 증류수와 chloroform을 가하여 (균질액 : methanol : chloroform=0.9:1:1)

1) 잘 섞어준 후 원심분리하여 하층액(chloroform 층)을 모았다. 하층액을 취하고 남은 것에 다시 소량의 chloroform을 가하여 섞고 원심분리한 후 하층액을 취하여 먼저의 하층액에 합하였다. 이를 30°C 정도의 water bath에서 N₂기체로 건조시켰다.

3) 지용성 비타민 추출액내의 비타민 E정량²⁴⁾

N₂기체로 건조시킨 각 시료에 0.8ml의 ferric chloride시약(0.5% in absolute ethanol)과 0.8ml의 dipyrityl 시약(0.5% in absolute ethanol)을 넣어 세계 흔들어 잘 섞은 후, 2ml의 absolute ethanol을 가하였다. Ferric chloride시약을 넣은 지 10분에 후에 spectrophotometer(Spectronic 20)를 사용하여 파장 520nm에서 optical density를 측정하였다. 표준 비타민 E로는 dl- α -tocopherol (Merck Co., U.S.A.)을 사용하였다.

4. 통계처리

과량의 비타민 E 보충 및 불포화도가 다른 지방산의 효과를 알아보기 위하여 각군간의 유의성 검정은 Student's t-test법을 사용하였다.

실험결과 및 고찰

1. 체중의 변화

3주간의 실험기간 동안 부화후 1주된 군과 4주된 군의 체중의 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다.

부화후 1주된 군의 경우, 각 군간의 체중에는 유의적인 차이가 없었으나, III(P)군이 가장 낮은 경향을 보였다. 부화후 4주된 군의 경우에는 비타민 E를 더 첨가해 준 II(CE)군과 IV(PE)군의 체중 증가량이 I(C)군과 III(P)군보다 큰 경향을 보였으나 유의적인 차이는 아니었다.

실험 3주동안 부화후 1주된 군이 4주된 군보다 체중증가율이 더 작은 것으로 나타났는데 이는 어려서 환경에 잘 적응하지 못했기 때문인 것으로 생각된다.

성장중인 닭의 적절한 질소 평형을 위해서 이상적인 Se과 비타민 E의 양은 Se이 0.1mg / Kg diet, 비타민 E는 15 I.U. / Kg diet라고 보고된 바 있다²⁰. 본 실험에서 I군과 III군의 식이내 Se 함량은 0.25mg / Kg diet, 비타민 E는 100 I.U. / Kg diet로 비교적 충분한 양이었다고 사료된다. McCuaig와 Motzok²⁰ 과량의 비타민 E(10,000 I.U. / Kg diet)를 첨가하여도 흰쥐의 성장율에 영향을 주지 않았다고 보고하였으며, 일반적으로 과량의 비타민 E보다는 비타민 E 결핍이 성장에 보다 나쁜 영향을 준다고 알려져 있다^{20,21}

2. 혈청내의 비타민 E 농도 변화

실험식으로 3주간 사육한 각 실험군의 혈청내 비타민 E 농도 변화는 Fig. 2와 3에 나타난 바와 같다.

부화후 1주된 군의 경우, Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 실험 1½주에는 비타민 E를 더 첨가해 준 II(CE)군(112.8µg / ml)과 IV(PE)군(108.7µg / ml)의 혈청 비타민 E농도가 비슷하였으나, 비타민 E를 더 첨가하지 않은 1군(22.3 µg / ml) 과 III군(30.5µg / ml)보다 각각 더 높아(혈청의 양이 적어서 각 군별로 혈청을 모아

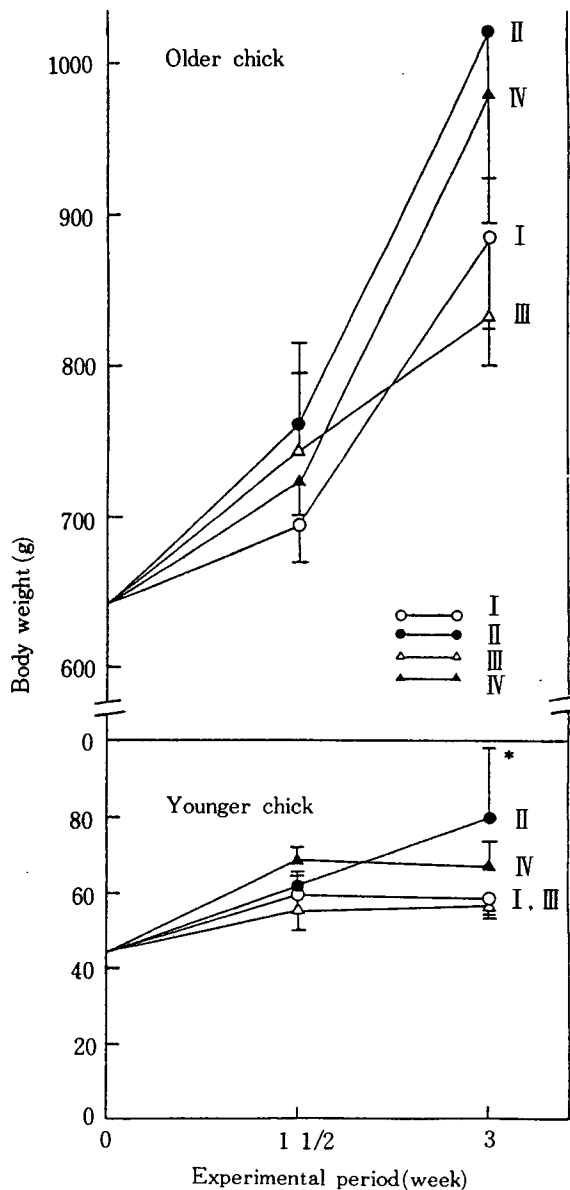


Fig. 1. Changes of body weight during the experimental period.

*Mean ± SEM

서 비타민 E 분석에 사용했기 때문에 유의성을 검정할 수는 없었음) 식이내 PUFA함량에 관계없이 식이내 비타민 E함량이 높은 군이 혈청 비타민 E농도도 높은 것으로 나타났다. 실험 3주에도 비타민 E를 더 첨가해 준 II군과 IV군의

-과량의 비타민 E 첨가 및 다불포화지방식이가 Age가 다른 chick의 혈청과 조직 비타민 E 농도에 미치는 영향-

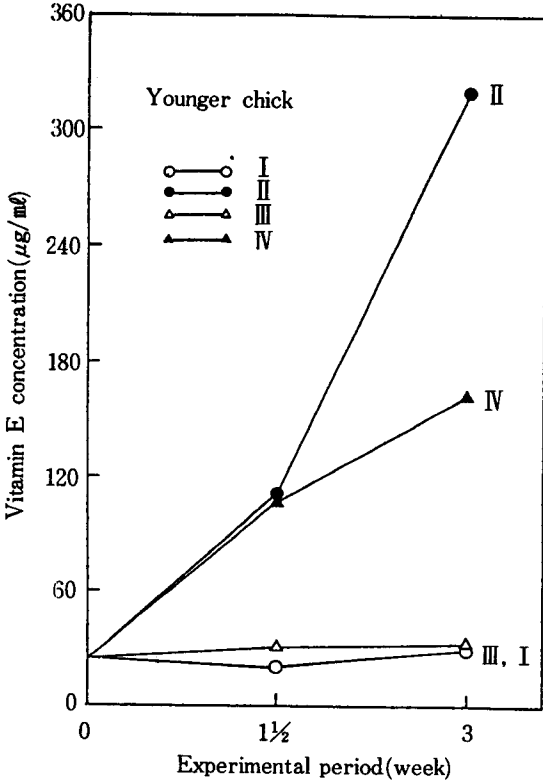


Fig. 2. Vitamin E concentration in the serum of younger chick.

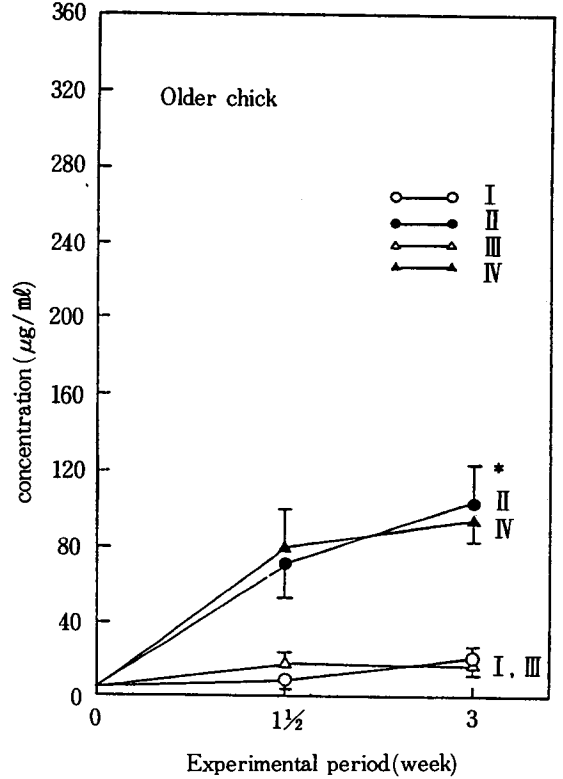


Fig. 3. Vitamin E concentration in the serum of older chick.

*Mean \pm SEM

혈청 비타민 E 농도가 I군과 III군보다 높았으나 PUFA군인 IV군(165.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$)이 II군(322.6 $\mu\text{g}/\text{ml}$)보다 낮게 나타나 비타민 E를 많이 준 경우에는 PUFA에 의한 혈청 비타민 E 농도 감소 효과가 현저히 나타났다.

부화후 4주된 군의 경우에도(Fig. 3) 실험 1½주와 3주에 비타민 E를 더 첨가해준 II군과 IV군의 혈청 비타민 E 농도가 I군과 III군보다 유의적으로 높았으나($p < 0.05$), 식이내 PUFA가 혈청 비타민 E 농도를 감소시키는 효과는 뚜렷하게 나타나지 않았다.

결론적으로 부화후 1주된 군과 4주된 군 모두에서 식이에 비타민 E를 더 첨가해준 II(CE)군과 IV(PE)군이 I(C)군과 III(P)군보다 혈청 비타민 E 농도가 높았으며 PUFA에 의한 혈청 비타민 E 감소효과는 실험 3주에 부화후 1주된

군에서만 뚜렷하게 나타났고, 전 실험기간 동안 부화후 1주된 군(younger chick)의 혈청 비타민 E 농도가 부화후 4주된 군(older chick)보다 높았다.

일반적으로 포유동물에서는 비타민 E가 주로 림프관을 통해서 흡수되나, 조류에서는 이와 달리 지방유사물질이 간문맥과 림프관을 통해서 흡수되는 것으로 알려져 있다^{27,28}. 또한 닭과 칠면조에 같은 양의 α -tocopherol을 공급하고 일정 시간 지난 후에 장내에서 없어진 α -tocopherol의 양은 닭과 칠면조에서 같았으나 tocopherol glucuronide로 배설되는 양이 칠면조가 닭보다 많기 때문에 혈청내 비타민 E 농도는 칠면조가 닭보다 더 낮다는 보고도 있다²⁹. 이처럼 포유류와 조류의 장내 비타민 E 흡수 경로가 다르고 같은 조류라도 닭과 칠면조에서 비타민 E의 배

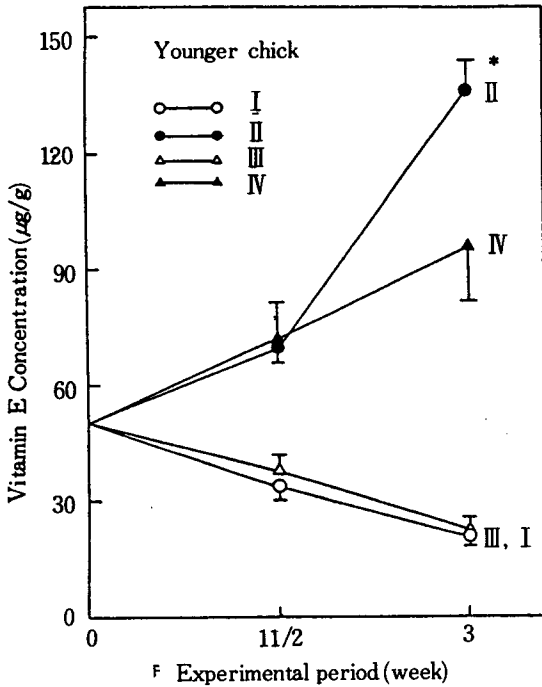


Fig. 4. Vitamin E concentration in the liver of younger chick.
*Mean \pm SEM

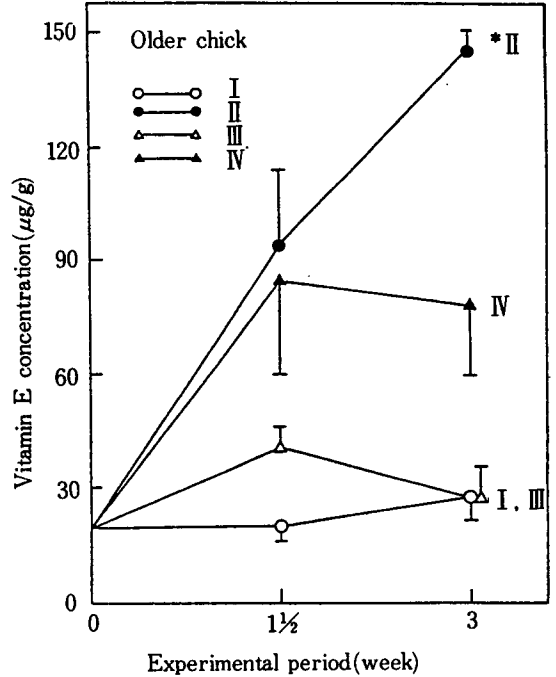


Fig. 5. Vitamin E concentration in the liver of older chick.
*Mean \pm SEM

설기전이 다르므로, 본 실험에서 부화후 1주된 군이 4주된 군보다 식이내 비타민 E의 혈중 반영도가 더 높은 것이, 발육정도가 다른데서 초래되는 비타민 E의 흡수경로나 배설기전의 차이 때문인지, 혈액에서 조직으로 비타민 E가 들어가는 속도가 다르기 때문인지 또는 어떤 다른 요인들에 의한 것인지 연구되어야 하겠다.

3. 간조직내의 비타민 E 농도 변화

실험식이로 3주간 사육한 각 실험군의 간조직내 비타민 E 농도 변화는 Fig. 4와 5에 나타난 바와 같다.

부화후 1주된 군과 4주된 군 모두에서 비타민 E를 더 첨가해준 II군과 IV군이 그렇지 않은 I군과 III군보다 실험 1 1/2주와 3주에 간조직내의 비타민 E 농도가 유의적으로 높아($p < 0.05$), 비

타민 E의 섭취량이 많으면 간조직내에 축적되는 비타민 E의 양도 증가 됨을 확인할 수 있었다.

식이내 비타민 E 함량은 식이 1Kg 당 100 I.U.로 같지만 P/S 비율이 약 1인 I군과, PUFA 함량이 높은 들깨 기름을 공급받은 III군의 경우에 간조직내 비타민 E 농도가 비슷하여 PUFA에 의한 간조직내 비타민 E 농도 감소는 본 연구의 실험기간 동안에는 관찰할 수 없었다. 그러나 실험 3주에 식이 1Kg당 2000 I.U.의 비타민 E를 더 첨가해준 II군과 IV군의 간조직내 비타민 E 농도는 PUFA군인 IV군이 II군보다 부화후 4주된군에서는 유의적으로($p < 0.05$) 낮았고 부화후 1주된 군에서는 유의적은 아니나 낮은 경향을 보여 과량의 PUFA에 의해 간조직내 비타민 E 농도가 감소됨을 보여주었다. 따라

-과량의 비타민 E 첨가 및 다불포화지방식이 Age가 다른 chick의 혈청과 조직 비타민 E 농도에 미치는 영향-

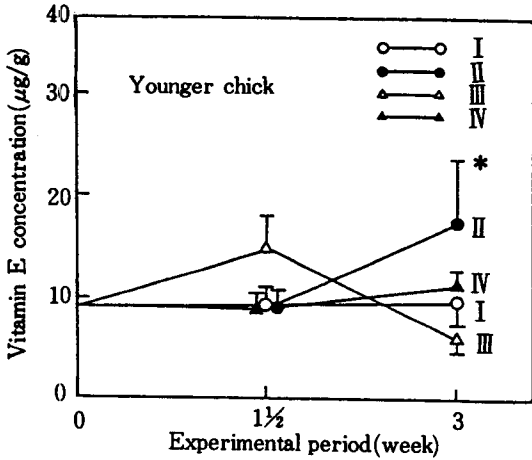


Fig. 6. Vitamin E concentration in the brain of younger chick.

*Mean ± SEM

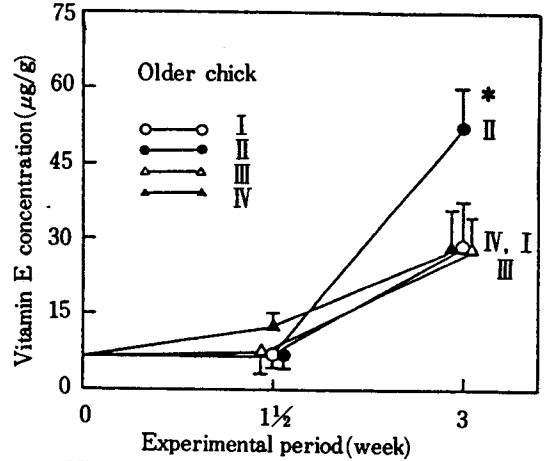


Fig. 7. Vitamin E concentration in the brain of older chick.

*Mean ± SEM

서 혈청의 비타민 E 농도 변화(Fig. 2와 3)와 종합해 보면 식이내 비타민 E 함량이 높을 경우에 PUFA가 혈청과 간조직내 비타민 E 농도를 감소시키는 것으로 나타났다.

PUFA에 의해 비타민 E 감소 효과가 나타난 것은 PUFA에 의해 체내 비타민 E 요구량 및 파괴량이 증가되었거나, 비타민 E의 장내 흡수가 PUFA에 의해 방해로 받았거나, 그 외에도 여러 요인들에 의한 것이라고 사료된다. 최근에는 불포화도가 높은 PUFA 식이로 사육한 쥐의 경우 정상식을 준 쥐의 경우 보다 α -tocopherol의 장내 흡수가 감소되었다는 Meydani 등³⁰⁾의 연구가 있으며, PUFA가 비타민 E의 흡수를 방해하는 또 다른 기전으로 PUFA로 인해 장내 micelle의 크기가 커지므로 micelle의 확산 속도가 감소되고, PUFA가 micelle로부터 장점막으로 비타민 E가 이동되는 것을 어렵게 한다는 가설, PUFA가 장점막세포에서 chylomicron의 합성에 영향을 주어 림프관으로 비타민 E가 운반되는 것을 어렵게 한다는 가설 등이 제시된 바 있다³¹⁾

4. 뇌조직내의 비타민 E 농도 변화

실험식으로 3주간 사육한 각 실험군의 뇌조

조직내 비타민 E 농도 변화는 Fig. 5와 6에 나타난 바와 같다.

뇌조직내 비타민 E 농도는 혈청이나 간조직내의 비타민 E 농도보다 낮고, 식이내 비타민 E 함량에 따라 큰 변화를 보이지 않아 뇌조직이 혈청이나 간조직보다 식이내 비타민 E의 반영이 작음을 알 수 있었다.

일반적으로 뇌는 blood brain barrier에 의해 외부 환경 변화에서 보호되므로¹²⁾ 비타민 E의 결핍에 다른 말초조직보다 덜 예민하고 α -tocopherol 투여시에도 blood brain barrier를 통한 지방의 uptake가 늦으므로 간이나 혈청에서보다 비타민 E가 더 늦게 축적되는 것으로 알려져 있다.^{32,33)} 그러나 뇌에는 긴사슬이고 불포화도가 높은 지방산인 DHA(Docosahexaenoic acid) 등이 다른 어느 조직보다 많이 함유되어 있으므로^{34,35)} 이들의 산패를 방지하기 위해서 비타민 E가 중요한 역할을 할 것이므로 뇌조직내 비타민 E의 존재형태, turnover 등에 관한 보다 세심한 연구가 필요하다고 본다. 또한 Meydani 등은¹⁵⁾

흰 쥐에서 비타민 E 결핍과 보충시 두뇌 부위별로 비타민 E 농도 변화를 측정한 결과 대뇌보다 소뇌에서 turnover가 더 크다고 보고하였다. Vatassery 등도¹³⁾ 흰 쥐의 두뇌 부위별로 비

타민 E uptake를 측정하고 소뇌에서 비타민 E 대사가 특히 활발하므로 다른 부위보다 소뇌가 비타민 E 결핍시 더 예민 할 것이라는 결론을 내렸다. 따라서 두뇌 부위별로 비타민 E 함량을 측정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

본 실험에서 부화후 1주된 군의 경우 실험 3주 동안 각 실험군의 뇌조직내 비타민 E 농도는 큰 변화 없이 비슷하였으나, 부화후 4주된 군에서는 실험 3주에 뇌조직내 비타민 E 농도가 증가하는 경향을 보였다. 또한 혈청과 간조직내 비타민 E 농도는 부화후 1주된 군이 4주된 군보다 전반적으로 더 높은 반면에, 뇌조직에서는 이와는 달리 실험 3주에 부화후 4주된 군이 1주된 군보다 비타민 E 농도가 더 높은 경향으로 나타난 점이 다르다.

요 약

1. 혈청내 비타민 E 농도는 부화후 1주된 군과 4주된 군 모두에서 비타민 E를 첨가해 준 II(CE)군과 IV(PE)군이 그렇지 않은 I(C)군과 III(P)군보다 각각 더 높았고, 식이내 비타민 E의 혈중 비타민 E 농도에 대한 반영은 부화후 1주된 군이 부화후 4주된 군보다 더 컸다.

2. 부화후 1주된 군의 경우 실험 3주에 비타민 E를 더 첨가해준 군(II군과 IV군)에서 PUFA에 의한 혈청 비타민 E 감소 효과가 나타났다.

3. 간조직내 비타민 E 농도는 혈청에서와 마찬가지로 부화후 1주된 군과 4주된 군 모두에서 II(CE)군과 IV(PE)군이 I(C)군과 III(P)군보다 높았고 ($p < 0.05$), 실험 3주에 부화후 1주된 군과 4주된 군에서 비타민 E를 더 첨가해 준 경우에 과량의 PUFA에 의한 간조직내 비타민 E 농도 감소를 보였다.

4. 실험 3주에 부화후 4주된 군의 뇌조직내 비타민 E 농도가 실험 초기에 비해 증가하는 경향을 보인것 이외에는 식이에 따라 뇌조직내 비타민 E 농도에 큰 변화가 없었고, 모든 실험군에서 뇌조직의 비타민 E 농도는 혈청과 간조

직내의 비타민 E 농도에 비해 전반적으로 변화가 적으므로 혈청이나 간조직보다는 식이내의 비타민 E의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

References

- 1) Tappel AL. *Vitamin E as the biological lipid antioxidant. Vitamins and Hormones* 20 : 493, 1962
- 2) Witting LA. *The effect of antioxidant deficiency on tissue lipid composition in the rat. Lipids* 2 : 109, 1967
- 3) Bieri JG. *Kinetics of tissue α -tocopherol depletion and repletion. Ann NY Acad Sci* 203 : 181-191, 1972
- 4) Scoot ML. *Advances in our understanding of vitamin E. Fed Proc* 39 : 2736-2739, 1980
- 5) Bieri JG. *Vitamin E. In : Present Knowledge in Nutrition. 5th ed. Olson RE, ed. The Nutrition Foundation, Inc. Washington DC* 1984
- 6) Vatassery GT, Angerhofer CK, Knox CA, Deshmusk DS. *Concentrations of vitamin E in various neuroanatomical regions and subcellular fractionations, and the uptake of vitamin E by specific areas of rat brain. Biochem Biophys Acta* 792 : 118-122, 1984
- 7) Singsen EP, Bunnell RH, Kozeff A, Matterson LD, Jungherr EL. *Studies on encephalomalacia in chincks: the protective action of diphenylamine against encephalomalacia. Poultry Sci* 32 : 924-925, 1953
- 8) Bunnell RH, Ringer ED, Rubin SH. *Effect of feeding polyunsaturated fatty acids with a low vitamin E diet on blood levels of tocopherol in men performing hard physical labor. Am J Clin Nutr* 28 : 706-711, 1975
- 9) Papeenheimer AM, Goettsch MA. *Cerebellar disorder in chicks, apparently of nutritional origin. J Exp Med* 53 : 11-16, 1931
- 10) March BE, Wong E, Seier L, Sim J, Biely J.

-과량의 비타민 E 첨가 및 다불포화지방식이 Age가 다른 chick의 혈청과 조직 비타민 E 농도에 미치는 영향-

- Hypervitaminosis E in the chick. J Nutr* 103 : 371-377, 1973
- 11) Machlin LJ, Gabriel E. *Kinetics of tissue α -tocopherol uptake and depletion following administration high levels of vitamin E. Ann NY Acad Sci* 393 : 48-60, 1982
 - 12) Heistad DD. *The blood-brain barrier(Introduction). Fed Proc* 43 : 185, 1984
 - 13) Vatassery GT, Angerhofer CK, Peterson FJ. *Vitamin E concentrations in the brains and some selected peripheral tissues of selenium-deficient and vitamin E deficient mice. J Neurochem* 42 : 554-557, 1984
 - 14) Losowsky MS. *Intake and absorption of tocopherol. Ann NY Acad Sci* 203 : 212-222, 1972
 - 15) Meydani M, Macauley JB, Blumberg JB. *Influence of dietary vitamin E, selenium and age on regional distribution of α -tocopherol in the rat brain. Lipids* 21(12): 686-791, 1986
 - 16) Yang NYJ, Desai ID. *Effect of high dietary levels of vitamin E on liver and plasma lipids and fat soluble vitamins in rats. J Nutr* 107 : 1418-1426, 1977
 - 17) Vitamin E. *Nutr Rev* 35 : 57-62, 1977
 - 18) 한국인구보건원. *한국인 영양 권장량. 고문사* 1985
 - 19) 김천호. *한국인 영양 섭취상황에 관한 연구(제1보). -지방과 비타민 E-. 한국영양학회지* 19(5): 289-295, 1986
 - 20) 이양자, 광동경, 이기열. *비타민 E와 불포화지방과의 관계. 한국영양학회지* 9:283-291, 1976
 - 21) 이양자, 김혜영, 조혜영, 김정숙, 한성수. *Polyunsaturated fat 및 간세포의 형태에 미치는 영향. 한국영양학회지* 17(3): 224-235, 1984
 - 22) Roger QR, Harper AE. *Amino acid diets and maximal growth in rat. J Nutr* 87:267-273, 1965
 - 23) 전영운. *인삼 Saponin이 지용성 Vitamin 흡수에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문* 1978
 - 24) Hawk PB, Oser BL, Summerson WH. *Ferric chloride-dipyridyl method(Emmerie-Engel reaction). In : Fractional physiological chemistry. 13th ed, LA Churchill, LTD pp1272-1273, 1956*
 - 25) Horwitt MK. *Vitamin E. Abstracts. Henkel Corporation* 1982
 - 26) McCuaig LW, Motzok I. *Excessive dietary vitamin E: Its alleviations of hypervitaminosis A and Lack of toxicity. Poultry Sci* 49:1050-1052, 1970
 - 27) Gallo-Torres H. *Absorption. In: Vitamin E, A comprehensive treatise. Machlin LJ, ed. Marcel Dekker, New York* 1980
 - 28) Krogdall A. *Digestion and absorption of lipids in poultry. J Nutr* 115:675-685, 1985
 - 29) Sklan D, Bartov I, Hurwitz S. *Tocopherol absorption and metabolism in the chick and turkey. J Nutr* 12:1394-1400, 1982
 - 30) Meydani M. *(Unpublished data)* 1989
 - 31) Weber F. *Absorption mechanisma for fat-soluble vitamins and the effect of other food constituents. Nutrition in health and disease and international Development. Symposia from the XII International Congress of Nutrition. pp119-135, 1981*
 - 32) Krishnamurthy S, Bieri JG. *The absorption, storage and metabolism of α -tocopherol-C¹⁴ in the rat and chicken. J Lipid Res* 4:330-335, 1963
 - 33) Elmadfa I, Walter A. *How high is accumulation capacity of tocopherol in rats and guinea pigs. Int J Vitam Nutr* 51:284-292, 1981
 - 34) 이양자. *ω -3계 지방산의 영양생화학적 의의. 식용유지와 영양. 한국식품과학회* 1988
 - 35) Neuringer M, Connor WE. *ω -3 fatty acid in the brain and retina : Evidence for their essentiality. Nutr Rev* 44(9):285-294, 1986