

출생전후의 식이 필수 지방산의 수준이 흰쥐의 혈청 및 뇌와 간세포의 Vitamin E 농도에 미치는 효과*

최민숙·송지현*·최혜미*·박현서**·이양자

연세대학교 가정대학 식생활학과

* 서울대학교 가정대학 식품영양학과

** 경희대학교 문리과대학 식품영양학과

Effect of Pre—and Postnatal Feeding of Different Fats on Vitamin E Levels in Serum, Brain, and Liver of Rats

Min Sook Choi, Ji Hyun Song,* Haymie Choi*, Hyun Suh Park,**
and Yang—Cha Lee (Kim)

Dept. of Food & Nutrition, Yonsei University

* *Dept. of Food & Nutrition, Seoul National University*

** *Dept. of Food & Nutrition, Kyung Hee University*

= ABSTRACT =

Sprague Dawley pregnant rats were fed the hydrogenated coconut oil (P/S 0.02), corn-oil plus beef tallow (P/S 1.0), and corn-oil (P/S 4.0) diet during the 14 days of gestation and through lactation. At weaning, offsprings from each group were divided into two and corn-oil diet was switched to coconut and vice versa, while the other corresponding groups continued the same diet. Body, brain, and liver weights were measured on pups and the brains were analyzed for DNA and vitamin E. Serum and liver vitamin E levels were also measured.

Body weight of coconut group was significantly low throughout the 7 week period, but brain weight was significantly depressed before weaning. Liver weight showed similar pattern with the body weight. Serum vitamin levels increased before weaning, while tissue vitamin E increased after weaning. Serum vitamin E levels of switched groups were similar to that of P/S 1.0 group. Brain vitamin E levels per DNA of switched groups were also similar to that of P/S 1.0 group. And the effect of different dietary essential fatty acid levels on vitamin E in the brain during lactation found to be insignificant.

* 한국과학재단연구비의 일부로 이루어짐.

접수일자 : 1983. 10. 31.

서 론

필수 지방산은 정상적인 성장에 필요 불가결한 물질로¹⁾, 조직에 따라 자기 다른 생리적 역할을 하고 있다고 알려져 있다. 필수 지방산은 체내에서 phospholipids (PLs)의 β 위치에 esterify 되어 biomembrane의 한 부분으로서 작용하며, 이것의 섭취가 부족하게 되면, 필수 지방산대신 eicosatrienoic acid가 esterify 되어²⁾⁴⁾, membrane의 투과성이 소실되고⁵⁾ biomembrane의 기능을 상실하게 되어 두뇌의 성장은 물론 여러 생체 조직에 해를 미치게 된다고 한다²⁾. 그러나, 식이 필수 지방산의 결핍이 두뇌에 미치는 영향은 blood brain barrier의 보호 작용으로 인하여, 다른 조직에 비해 가장 적게 나타나는 것으로 알려져 있으며⁶⁾, 태아기 동안의 두뇌성장은 모체로부터 보호를 받을지도 모른다는 연구보고도 있다⁷⁾. 즉, 흰 쥐가 필수 지방산이 결핍될 경우에 간의 w-6 fatty acid가 감소되면서 뇌의 w-6 long fatty acid가 증가하여 두뇌의 기능을 보호하려 한다는 보고도 있다⁸⁾.

한편, vitamin E도 생체내의 망 조직에 존재하면서, membrane PLs의 lipid peroxidation을 방지하는⁹⁾ 지용성 항 산화제로서 작용하며¹⁰⁾, 부분적으로는 α -tocopherol의 side chain과 PLs의 arachidonyl residue가 incorporation되어 있다고 알려져 있다⁹⁾.

일반적으로, 생체조직내에 polyunsaturated fatty acid (PUFA) : vitamin E의 비율이 1000 : 1로 존재하며, 생체조직에서 PUFA가 증가하게 되면 lipid peroxidation이 증가하게 되고 지방산의 방출이 증가하는데, vitamin E는 지방산의 방출과 lipid peroxidation을 억제한다고 한다¹¹⁾.

본 연구는 임신기와 수유기동안의 식이 필수 지방산의 충분 여부가 흰 쥐의 혈청 및 뇌와 간 조직의 vitamin E 농도에 미치는 영향을 알아보고, 이유후의 식이 변화 (corn oil에서 hydrogenated coconut oil, hydrogenated coconut oil에서 corn oil)에 따른 조직의 vitamin E 농도의 변화를 알아보고자 시도되었다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 실험식이

180 ~ 200 g 정도되는 Sprague - Dawley strain (virgin female)을 교배전에 일주일간 control diet

으로 적응시킨 후, 임신 일주일째 부터 3군으로 나누어 실험 식이로 사육하였는데, 그 방법은 Fig. 1과 같다. Table 1과 같이, 실험식이의 지방수준은 10% (W/W)로서, I군은 대조군으로 P/S 비율을 1로 조절하였고 (CO), II군은 P/S 비율 4인 옥수수 기름만을 지방원으로 하였으며 (C), III군은 야자 경화유 (P/S = 0.02)를 사용하였다. (D). 각 군의 마리수는 I군이 11마리, II군은 15마리, III군은 25마리로 조정하였다. II, III군은 대조군 I군보다 마리수를 증가하여 sample의 양을 충분히 얻을수 있게 하였다. 분만시 새끼쥐의 수는 8 ~ 14마리까지 되므로 정상적 영양공급을 위해 8마리로 조정하여 수유케 하였다. 분만 후 3주까지 계속해서 같은 식이로 사육한 어미쥐로 새끼쥐를 수유하게 하였다. 이유후에 II와 III군은 다시 두개의 소그룹으로 나누어, 각 군에서 한 그룹은 계속해서 어미에게 먹인 같은 식이를 주었으며 다른 한 그룹은 변경된 식이를 주어 (즉 CO식이군의 새끼에게는 D식이를, 또 D식이군의 새끼에게는 C O식이를 각각 먹여) 생후 7주까지 사육하였다. 분만 직후, 생후 1주, 2주, 3주, 5주 및 7주에 각 군에서 무작위 추출하여 decapitation으로 희생시켰다.

2. 분석방법

A) 성장율 (Growth rate)

흰 쥐의 분만직후, 출생 1주, 2주, 3주, 5주 및 7주에 같은 시점에 체중을 측정하였고, 희생 직후에 간과 뇌의 무게를 측정하였다.

B) 생화학적 분석 (Biochemical analysis)

혈 액 (Serum)

① 혈청에서의 지용성 vitamins의 추출¹²⁾¹³⁾

각 group의 혈액 채취는 0 day의 경우는 각각 2마리의 어미쥐로부터 5 ~ 6마리를 pooling하며, 1주의 경우는 2마리 어미쥐로부터 4마리를 pooling, 2주의 경우는 1마리의 어미쥐로부터 2마리를 pooling하는 방식으로 혈액을 모았다. 5, 7주의 경우는 각각에서 혈액을 모았다.

혈액을 실온에서 40분간 방치한 후 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈청 0.5 ml에 5 ml의 2% pyrogallol을 서서히 가하면서 섞은후, 70℃와 중탕기에서 2분간 가온한다. 포화 KOH 용액을 0.3 ml가하고 완전히 섞은 뒤에 30분간 70℃의 중탕기에서 가열한다. 얼음속에서 냉각시킨후, 증류수 4 ml과 hexane 10 ml을 가하고 2분간 세계 흔들어서 1500 rpm에서 원심분리한다.

상층액 (hexane phase)을 7 ml 취하여 30℃ 정도

— 출생전후의 식이 필수 지방산의 수준이 흰쥐의 혈청 및 뇌와 간세포의 Vitamin E 농도에 미치는 효과 —

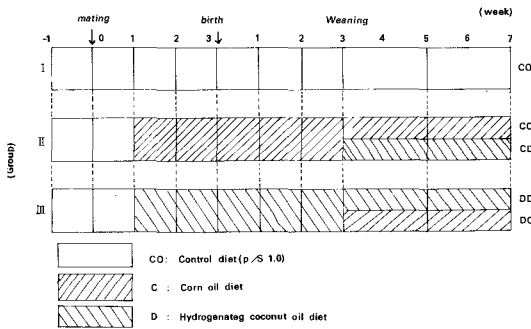


Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient	Experimental diet group		
	I (P/S 1.0)	II (Cornoil)	III (coconut oil)
Carbohydrate	59	59	59
corn starch		20	20
Protein casein	20	20	20
Fat			
Beef tallow	5	-	-
Corn oil	5	10	-
Hydrogenated coconut oil	-	-	10
Vitamin mixture ¹	1	1	1
Salt mixture ²	3.5	3.5	3.5
Cellulose	6.5	6.5	6.5

1 : Vitamin mixture : Nutritional biochemicals, ICN Life science group, Cleveland, Ohio.

2 : Salt mixture : AIN Mineral Mixture 76. ICN Nutritional biochemicals.

의 중탕기에서 N₂ 기체로 건조시켜 vitamin E 정량의 시료로 사용하였다.

② 혈청에서 vitamin E 정량¹⁴⁾

위의 ①항에서 건조시켜 얻은 시료를 ferric-chloride-dipyridyl method [Emmerie - Engel reaction]에 의하여 직사광선을 피한 상태에서 0.8 ml의 ferric chloride reagent (0.5% in absolute ethanol)와 0.8 ml의 dipyridyl reagent (0.5% in absolute ethanol)를 가한후 세계흔들어 잘 섞어주고, 2 ml의 absolute ethanol을 가한후, ferric chloride reagent를 넣은 10분

후에 spectrophotometer (Spectronic 20)를 사용하여 520 nm에서 optical density를 측정하였다. 표준 vitamin E로는 Merk제품의 dl- α -tocopherol을 사용하였다.

ii) 뇌 (Brain)

① 뇌에서의 지용성 vitamin의 추출 및 vitamin E 정량¹²⁾⁻¹⁴⁾

뇌 전체를 saline 용액에 넣어 homogenize하여 용액 (0.2 g tissue/ml saline)으로 만든다. 이중 0.5 ml를 취하여 혈청에서와 동일한 방법으로 하였다.

② 뇌에서의 DNA 정량¹⁵⁾¹⁶⁾

위의 ①항에서 준비한 균질액 1 ml를 취한 뒤, 10% trichloro acetic acid (TCA) Solution 1 ml를 가하여 최종 5% 용액으로 한다. cold 상태에서 원심분리하여 상층액을 제거하고, 10% TCA 용액으로 두 번 재침시킨다음, 5% TCA 용액으로 한번 씻어낸다. 여기에 5% TCA 용액 2.5 ml를 정확하게 가하고, tight 하게 씌운 후, 90℃로 유지되는 중탕기에서 가끔 흔들어 주면서 10분간 가열한다. 얼음 속에서 냉각시켜 원심분리한 후에 상층액을 다른 시험관에 옮긴 후 2.5 ml의 5% TCA 용액을 가하고 원심분리하여 먼저의 상층액과 합하여 핵산 정량액으로 사용하였고 표준 DNA 용액도 위와 같은 조건으로 hydrolysis시켜 사용하였다.

핵산 정량액 1 ml과 5% TCA 용액 1 ml에 diphenylamine (DPA) reagent 2 ml를 가하고, 0.1 ml의 acetaldehyde 용액을 가한뒤에 tight하게 씌우고 30℃의 중탕기에서 16~18시간 방치한다. Spectrophotometer (Spectronic 20)를 사용하여 520 nm에서 optical density를 측정하였다. 표준 DNA로는 Sigma사의 calf thymus DNA를 사용하였다.

iii) 간 (Liver)

① 간에서의 지용성 vitamin 추출 및 vitamin E 정량¹²⁾⁻¹⁴⁾

간 조직 0.4 g 정도를 정확히 평량하여, 3 ml의 saline 용액에 넣어 homogenize하여 용액으로 만든다. 이중 1 ml를 취하여 뇌에서와 같은 방법으로 하였다.

② 간에서의 DNA 정량¹⁵⁾¹⁶⁾

간 조직 0.2 g 정도를 정확히 평량하여 5 ml의 saline 용액에 넣어 homogenize하여 용액으로 만든다. 이중 2 ml를 취하고 10% TCA 용액 2 ml를 가한 뒤, 뇌에서와 같은 방법으로 핵산추출액을 준비하였다. 이 핵산 추출액중 2 ml를 취하고 2 ml의 DPA reagent를 가한 뒤 뇌에서와 같은 방법으로 하였다.

C) 통계처리방법
 위의 분석결과들은 student's t-test 로 유의수준을
 검정하였다.

실험결과 및 고찰

1. 성장율 및 체중 증가량

실험기간 동안 체중의 변화는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 계속해서 야자 경화유를 공급한 DD group 의 체중이 생후 7주에서 대조군보다 감소하였으나, 유의적인 차이는 아니었다. 또한, 생후 7주에서 CC group 의 체중보다 유의적으로 낮았다. 이유 후 식이를 변경시켜 줌으로써, 유의적인 차이는 아니나, group 간의 차이가 감소하는 경향을 보였다. 즉, corn oil 에서 cocount oil 로 바꾸어준 CD group 의 체중은 CC group 보다 감소하였으며, coconut oil에서 corn oil 로 바꾸어 준 DC group 의 체중은 DD group 보다 증가하는 경향을 보였다. Lamptey¹⁷⁾ 등에 의하면, 임신 2 주째 부터 실험식으로 흰 쥐를 생후 6 주까지 사육 하였을 경우, 필수 지방산이 부족된 야자 경화유를 공급한 군의 체중 증가량이 가장 적게 나타났고, 옥수수

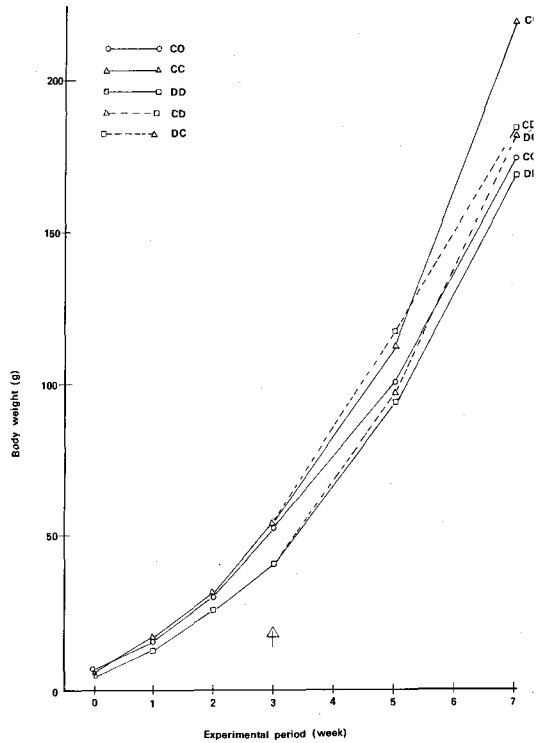


Fig. 2. Body weight during experimental period.

Table 2. Brain weight during the experimental period (g)

Diet group Age(week)	CD	CC	DD	CD	DC
0	0.20 ± 0.03 ^a (28) ^b	0.22 ± 0.03 (40)*	0.20 ± 0.04(59)		
1	0.62 ± 0.07 (23)	0.66 ± 0.09 (23)	0.59 ± 0.10(38) ⁺		
2	1.07 ± 0.14 (21)	1.12 ± 0.12(28)	1.10 ± 0.11(40)		
3	1.36 ± 0.08 (18)	1.40 ± 0.07(24)	1.33 ± 0.12(33) ⁺		
5	1.58 ± 0.10 (6)	1.63 ± 0.08 (6)	1.61 ± 0.09(6)	1.64 ± 0.11(6)	1.52 ± 0.19(6)
7	1.70 ± 0.10 (6)	1.82 ± 0.11 (6)	1.73 ± 0.08(6)	1.83 ± 0.05(6)*	1.82 ± 0.23(6)

a : Mean ± SEM
 b : Number of animals
 * : P < 0.05 : significantly different from CO
 + : P < 0.05 : significantly different from CC
 CO : P/S ratio 1.0
 CC : Corn oil diet throughout
 DD : Hydrogenated coconut oil diet throughout
 CD : Corn-oil and coconut oil
 DC : Coconut oil and corn-oil

Table 3. Liver weight during the experimental period (g)

Diet group Age(week)	CO	CC	DD	CD	DC
0	0.25 ± 0.01 ^a (5) ^b	0.29 ± 0.01 (6)	0.24 ± 0.01 (10)		
3	0.25 ± 0.16 (6)	2.22 ± 0.08 (7)	6.45 ± 0.13 (7)		
5	4.43 ± 0.21 (3)	5.51 ± 0.99 (3)	4.76 ± 0.69 (3)	4.83 ± 0.89(3)	4.65 ± 0.61 (3)
7	8.78 ± 0.56 (5)	11.33 ± 0.95 (5)	8.78 ± 1.02 (5)	9.85 ± 0.73(5)	9.13 ± 1.34(5)

a : Mean ± SEM
 b : Number of animals
 CO: P/S ratio 1.0
 CC: Corn oil diet throughout
 DD: Hydrogenated coconut oil diet throughout
 CD: Corn oil and coconut oil
 DC: Coconut oil and corn oil

기름을 공급한 군의 체중 증가가 가장 크게 나타났다고 한다. 여기서, 필수 지방 결핍시 일어나는 체중 감소는 food intake의 감소의 결과로서가 아니라, skin permeability의 증가로 초래되는 체수분의 손실을 포함할 수 많은 요인 때문이며, 감소된 feed efficiency가 mitochondrial oxidative phosphorylation의 uncoupling과 연관이 있기 때문이라 하였다¹⁷⁾. 또 Engster 등에 의해서도 아자 경화유로 사육한 흰쥐의 체중 증가량이 감소하였다고 보고된 바 있다¹⁸⁾.

2. 간과 뇌의 무게의 변화

실험기간 동안의 간과 뇌의 무게는 변화는 Table 2와 3에 나타난 바와 같다. 간의 무게도 체중과 같이 C C group이 가장 높았으며, DD group은 낮았다. 뇌의 무게는 생후 7주에서 모든 군간에 유의적인 차이가 없었으나, 역시 DD group의 무게가 가장 감소하였다. Maxwell 등은¹⁷⁾ 뇌의 무게는 식이 지방에 의해 큰 영향을 받지 않는다고 보고하였으나¹⁷⁾, Galli 등은¹¹⁾ 식이 필수 지방산이 결핍될 경우 체중과 뇌의 무게가 모두 감소하였다고 보고하였다¹¹⁾. 또, 간의 무게는 흰 쥐가 성장함에 따라 계속 증가하는 반면에, 뇌의 무게는 생후 초기에 증가하다가 이유후에 level-off 되는 경향을 보였다. 이것은 생후 초기에 흰 쥐의 두뇌의 성장이 급속하게 일어나며, 그후 성장이 거의 완성이기 때문이다¹⁶⁾.

간과 뇌의 무게를 단위 체중당으로 표시하면,

Fig. 3에 나타난 바와 같이 간의 단위 체중당 무게는 비교적 일정하여 성장과 함께 간의 무게도 증가함

을 알 수 있다. 또, 모든 stage에서, 계속해서 coconut oil 식이를 먹은군이 단위, 체중당 뇌의 무게가 높게 나타난 것은 DD group의 체중이 작았기 때문이다.

3. 혈청 vitamin E 농도의 변화

실험기간 동안 나타난 혈청 vitamin E 농도의 변

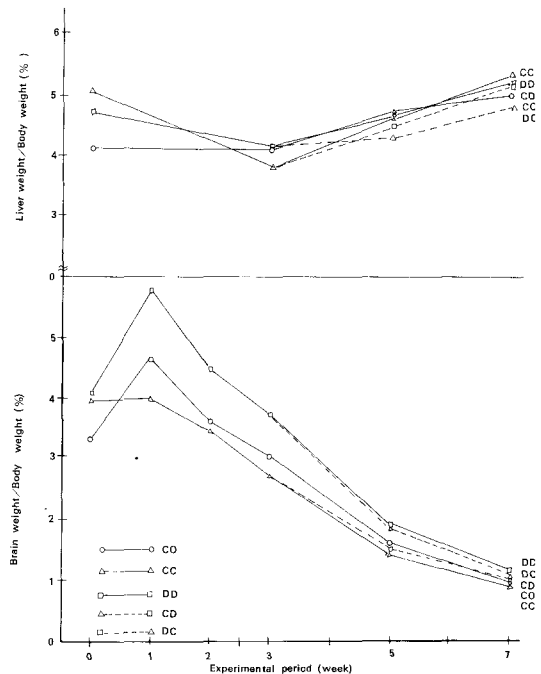


Fig. 3. Percentage of brain and liver weights per body weight.

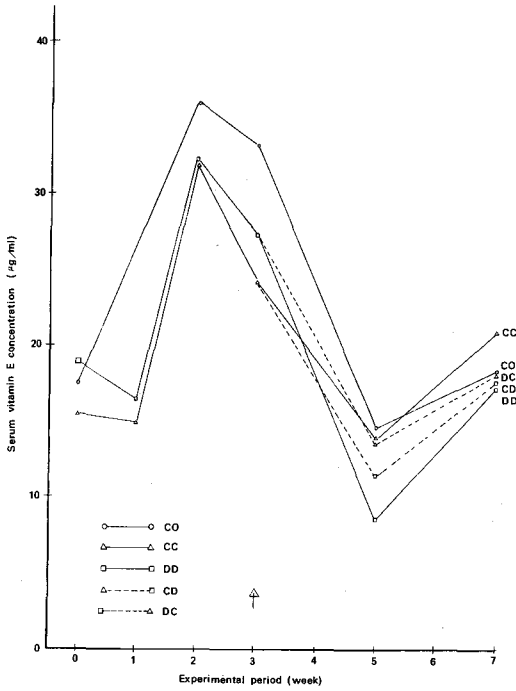


Fig. 4. Vitamin E concentrations in the serum.

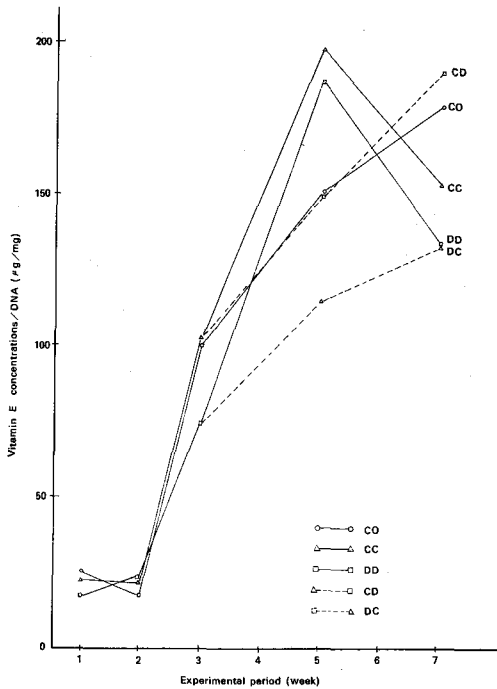


Fig. 5. Vitamin E concentrations/DNA in the brain.

화는 다음과 같다 (Fig. 4). 모든 군에서 혈청 vitamin E의 농도는 생후 2~3주에 peak를 보이다가 그 후에 감소하는 경향을 보이고 있으며, 수유기 동안 혈청 vitamin E 수준은 대조군이 II(C)와 III(D)군에 비해 높은 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 아니었다.

또, 이유후 식이 변화에 의한 혈청 vitamin E 농도는 대조군에 가까워지려는 경향을 보였다. DD group의 vitamin E 수준은 생후 5주와 7주에 이르러 다소 낮게 나타났다. 그런데, 식이 vitamin E 수준이 간과 혈청 vitamin E 농도에 반영됨은 이미 보고된 바 있다¹⁹⁾²³⁾. Silver 등에²³⁾ 의하면, vitamin E가 운반, 흡수시에는 주로 혈장 지단백질에 의해 운반되어 적혈구와 혈장 지단백질 사이에서 교환되며²³⁾, vitamin E는 체내에서 지단백질의 상대적 양에 따라, 분포하고 있다고 한다. 그런데, 필수 지방산은 지단백질의 구성요소이므로 필수 지방산 부족시는 vitamin E의 운반체인 지단백질의 형성 및 분비에 장애가 올 수도 있다.

4. 뇌에서의 vitamin E 농도의 변화

뇌에서의 vitamin E 농도는 DNA 함량을 측정하여 세포당 vitamin E 농도로 표시하였다 (Fig. 5).

Fig. 7에 나타난 바와 같이, 출생 2주후에 모든 군에서 세포당 vitamin E 농도가 급증하는 경향을 보였는데, 이것은 흰 쥐의 두뇌 성장은 생후 2주말기부터 성숙되므로, lipid content의 증가와 함께 vitamin E의 함량이 증가된 것으로 생각된다²⁴⁾.

두뇌의 vitamin E 농도는 출생 3주부터 증가하는 추세를 보이는 반면서, 혈청 vitamin E 농도는 생후 2~3주에 peak를 보이다가 그 후에 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 3주 이후에 혈청 vitamin E가 조직으로 uptake 되었다고 사료된다. 이것은, 두뇌에 의한 α -tocopherol의 uptake는, blood brain barrier (BBB)를 가로질러 lipid가 천천히 통과하기 때문에, 매우 느리게 일어난다는 Bien 등의 보고를 뒷받침해 주고 있다²⁵⁾.

수유기 동안의 vitamin E 농도는, 각군 간에 유의적인 차이가 없었는데, 이것은 모체로부터 보호를 받고 있거나, 뇌 자체의 보호작용으로 인한 것으로 사료된다. Menon 등²⁶⁾에 의하면, 교배 4개월전 부터 흰 쥐에게 필수 지방산 결핍식을 준 경우에는 태아와 그 뇌의 oleic acid의 함량이 증가하였으나, 임신 마지막 주부터 필수 지방산 결핍 식이를 준 경우에는 뇌의 oleic acid의 함량이 증가하지 않았다고 한다²⁷⁾²⁸⁾. 그

러므로, 임신 일주일 짜부터 실험식이를 먹인 본 실험의 경우에도 필수 지방산의 결핍의 증세가 뚜렷하게 관찰되지 않았다고 생각된다. 따라서, 교배전의 식이 제한의 지속정도가 뇌의 성장에 있어서 중요한 factor로 생각되고 있다²⁶⁾. 그러나, 필수 지방산의 결핍의 지표인 $n-6/n-3$ ratio가²⁹⁾ 생후 7주째에, DD group에서 CC group이나 대조군보다 낮게 나타나³⁰⁾, 식이 필수 지방산의 제한이 두뇌의 성장에 해를 미치고 있음을 보여주었다.

이유후 식이를 바꾸어줄 경우 두뇌의 세포당 vitamin E 농도는 DC가 CD보다 낮은수준이나, 대조군의 pattern에 가까워지려는 경향을 보이고 있다. 또 5주와 7주에 이르러 DC군의 세포당 vitamin E 농도가 CO나 CD군보다 감소하였는데, 실험기간이 더 지속될 경우어떻게 변화할 것인지 확인되어야 할 것이다.

5. 간에서의 vitamin E 농도의 변화

간에서의 vitamin E 농도는 Fig. 6에 나타난 바와 같이, 대조군을 제외한 모든 군에서, 단위 무게당 vitamin E 농도가 출생후 5주까지 증가하다가 생후 7주에 이르러 level-off되거나 감소되는 경향을 보였다. 전 기간에 걸쳐 계속해서 coconut oil을 공급한 D

D group의 vitamin E 함량이 유의적인 차이는 아니나, 다른 군보다 높게 나타났다. 이것은 coconut oil에 불포화 지방산이 소량 함유되어 있고³¹⁾, 필수 지방산이 결핍될 경우에 eicosatrienoic acid가 간, 신장, 적혈구등에 축적되므로³²⁾, 조직내의 arachidonic acid (20:4)나 linoleic acid (18:2)의 level이 감소하여³³⁾³⁴⁾ vitamin E의 체내 요구량이 감소되었기 때문에 DD군이 CC군보다 vitamin E 농도가 높게 나타난 것으로 설명할 수 있겠으나, 더욱 자세한 실험이 요구되어진다고 하겠다.

전반적으로 corn oil 식이를 공급한 CC군의 vitamin E 농도가 낮은 경향을 보였다. Giasudin 등³⁵⁾에 의하면, membrane이 high PUFA와 lipid peroxidation의 strong catalysis인 hemoprotein으로 구성되어 있다고 하며³⁵⁾, corn oil 식이를 공급할 경우에 조직내에 linoleate와 arachidonate의 level이 증가하게 된다고 한다³³⁾. 또한, Iritani 등에 의하면, 옥수수 기름 식이의 경우 그 양이 증가할수록 간의 과산화물의 형성이 증가됨을 보고하였다³⁶⁾. 그러므로, 과량의 PUFA를 포함하고 있는 membrane을 lipid peroxidation으로 부터 보호하기 위해서³⁵⁾, α -tocopherol이 많이 사용되었거나 turn-over rate가 변화되었기 때문인가하는 사실에 대해서는 더 많은 연구가 요구된다 하겠다.

요약 및 제언

1) 실험기간중 흰 쥐의 체중은 생후 7주에서, 계속해서 야자 경화유를 공급한 DD group의 체중이 유의적인 차이는 아니나 대조군(CO)보다 감소하게 나타났으며, 계속해서 corn oil 식이를 공급한 CC group보다는 유의적으로 낮게 나타났다. 또, 이유후에 식이를 변경시켜 줌으로써 각 군간의 차이가 감소하는 경향을 보였다.

2) 간의 무게도 체중과 같은 경향을 보여 CC group이 가장 높게 나타났다. 간의 무게는 흰 쥐가 성장함에 따라 계속증가하였으나, 뇌의 무게는 생후 초기에 증가하다가 이유후에 level-off 되는 경향을 보여, 두뇌의 성장이 생후 초기에 활발히 일어남을 재확인할 수 있었다.

3) 혈청 vitamin E 농도는 생후 2~3주에 peak를 보이다가 그후에 감소하는 경향을 보이는 반면에, 조직의 vitamin E 농도는 생후 3주부터 증가하는 추세를 나타내어, 혈청 vitamin E가 생후 3주이후에 조직으

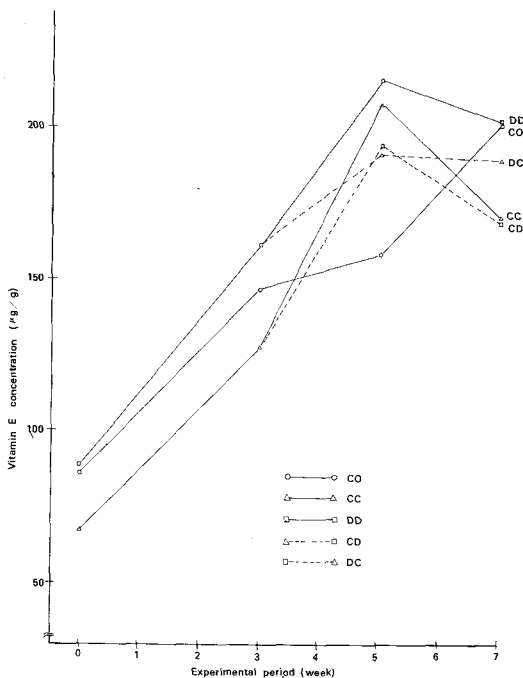


Fig. 6. Vitamin E concentrations in the liver.

로 uptake 되었다고 사료된다.

4) 이유후 식이가 변경됨에 따라 혈청 vitamin E 농도는 대조군에 가까워지려는 양상을 보였다.

5) 두뇌의 세포당 vitamin E 농도는 이유후 식이를 변경 (corn oil에서 coconut oil식이, coconut oil에서 corn oil식이) 시켜줌으로써 대조군의 양상에 가까워지려는 경향을 보였다.

6) 수유기 동안의 식이 필수 지방산의 수준이 흰 쥐의 혈액 및 뇌와 간의 vitamin E 농도에 미치는 영향은 모체로부터의 보호작용으로 인하여 매우 미약하며, 이유후 식이를 변경시켜 줌으로써 포화과 불포화 지방의 상호 보완작용에 의해 균형을 이루는 데서 오는 효과로 나타났다.

흰 쥐의 두뇌 성장의 peak는 사람의 태아기에 비해, 수유기에 존재하며, 두뇌 성장은 blood brain barrier의 보호 작용으로 인하여 식이의 영향을 비교적 적게 받는 것으로 알려졌다. 본 연구 결과 필수 지방산과 vitamin E의 기능과의 관계를 보다 근접시키기 위해, 앞으로 보다, 세포 level에서 그리고 dynamic한 면을 강조하는 세밀한 연구가 수반되어 행해져야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Galli, C., H.B. White, and R. Paoletti : *Brain lipid modifications induced by essential fatty acid deficiency in growing male and female rats*, *J. Neurochem.* 17 : 347-355, 1970.
- 2) Vergroesen, A.J. : *Physiological effects of dietary linoleic acid*, *Nutr. Rev.* 35 : 1-5, 1977.
- 3) 이양자 : 가정학 연구의 최신 정보, 1st ed, 신평출판사, 1977.
- 4) Schrimshaw, N. and J.E. Gordon : *Malnutrition Learning, and Behavior*, ed. M.I.T. Press, pp 183-195, 1968.
- 5) Editorials : *Growth of the human brain ; some further insights*, *Nutr. Rev.* 33 : 6-7, 1975.
- 6) Tahin, Q.S., M. Blum, and E. Carafoli : *The fatty acid composition of subcellular membranes of rat liver, heart, and brain : diet induced modifications*, *Br. J. Biochem.* 121 : 5-13, 1981.
- 7) Berra, B., C. Lindi, F. Omodeo-sale, D. Beltrame, and A. Cantone : *Effect of maternal diet on ganglioside distribution in fetal rat brain*, *J. Nutr.* 111 : 1980-1984, 1981.
- 8) Holman, R.T., and S.B. Johnson : *Essential fatty acid deficiencies in man*, In : *Dietary fats and health*. ed by E.G. Perkins, & W.J. Visek, Am. Oil Chemists Society, Champaign, Ill. pp 247-266, 1983.
- 9) Giasuddin, A.S.M. and A.T. Diplock : *The influence of vitamin E on membrane lipids of mouse fibroblasts in culture*, *Arch. Biochem. Biophys.* 210 : 348-362, 1981.
- 10) Massey, J.E., H.S. She, and H.J. Pownall : *Interaction of vitamin E with saturated phospholipid bilayers*, *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 106 : 842-847, 1982.
- 11) Fulco, A.J., and J.F. Mead : *Metabolism of essential fatty acids. VIII Origin of 5,8,11-eicosatrienoic acid in the fat-deficient rats*. *J. Biol. Chem.*, 234 : 1411, 1959.
- 12) Kayden, H.J., C.K. Chow, and L.K. Bjornson : *Spectrophotometric method for determination of α -tocopherol in red blood cells*, *J. Lipid Res.* 14 : 533-540, 1973.
- 13) Taylor S.L. : *Sensitive fluorometric method for tissue tocopherol analysis*, *Lipids*, 11 : 530-538, 1976.
- 14) Hawk, P.B., B.L. Oser, and W.H. Summerson : *Ferric chloridedipyridyl method (Emmenrie - Engel reaction) Practical physiological chemistry*, 13th ed., J.L.A. Churchill, LTD 1272-1273, 1956.
- 15) Giles, K.W., and A. Meyers : *Improved diphenylamine method for the estimation of DNA*, *Nature*. 206: 93, 1965.
- 16) Karlsson, I., and L. Svennerholm : *Biochemical development of rat forebrains in severe protein and essential fatty acid deficiencies*, *J. Neurochem.* 31 : 657-662, 1978.
- 17) Lamptey, M.S., and E.L. Walker : *Learning behavior and brain lipid composition in rats subjected to essential fatty acid deficiency during gestation, lactation and growth*, *J. Nutr.* 109 : 358-367, 1978.
- 18) Williams M.A., K.T. Tamai, J. Hincenbergs, and D.J. McIntosh : *Hydrogenated coconut oil*

- and tissue fatty acids in essential fatty acid - depleted and essential fatty acid-supplemented rats, *J. Nutr.* 102 : 847-852, 1972.
- 19) Combs, G.F., and M.L. Scott : *Antioxidant effects on selenium and vitamin E function in the chick*, *J. Nutr.* 104 : 1297-1303, 1974.
- 20) 이양자 · 이종호 · 김혜경 : 과불포화 지방식이가 쥐의 혈액과 간의 *vitamin E* 농도에 미치는 영향. 연세논총, 17 : 219-234, 1980.
- 21) 조혜영 : *Vitamin E*의 기능규명을 위한 영양생화적 및 병리학적 연구, 한국영양학회지. 15 : 1-9, 1982.
- 22) 김혜영 : 과량의 *polyunsaturated fatty acids* 및 *selenium* 결핍식이가 흰쥐의 간세포와 혈청 *vitamin E* 및 *creatine phosphokinase* 에 미치는 영향. 연세대학교 대학원 식생활과 석사학위논문, 1981.
- 23) Silver, R., R. Winter, and H.J. Kayden : *Tocopherol transport in rat erythrocyte*, *J. Clin. Inv.* 48 : 2089-2097, 1969.
- 24) Henning, S.J. : *Postnatal development : coordination of feeding, digestion, and metabolism*, *Am. J. Physiol.* 241 : 199-214, 1981.
- 25) Krishnamurthy, S., and J. G Bieri : *The absorption, storage, and metabolism of α -tocopherol-C¹⁴ in the rat and chicken*, *J. Lipid Res.* 4 : 330-336, 1963.
- 26) Menon, N.K., C. Moore, and G.A. Dhopeswarakar : *Effect of essential fatty acid deficiency on maternal, placental, and fetal rat tissues*, *J. Nutr.* 111 : 1602-1610, 1981.
- 27) Geison, R.L., and H.A. Waisman : *Effect of nutritional status on rat brain maturation as measured by lipid composition*, *J. Nutr.* 100 : 315-324, 1970.
- 28) Reddy, T.S., and L.A. Horrocks : *Effects of neonatal undernutrition on the lipid composition of gray matter and white matter in rat brain*. *J. Neurochem.* 38 : 601-605, 1982.
- 29) Paoletti, R., and Galli, G. : *Effects of EFA deficiency on the CNS in the growing rat*. In : *Lipids, Malnutrition and the developing brain*. Associate Scientific Publishers, Amsterdam., pp 121-140, 1972.
- 30) 최혜미 · 이양자 · 박현서 · 배희영 : *Effect of essential fatty acid deficiency on myelination of the developing brain and on blood composition*. 한국 과학재단 연구 보고서. 1983.
- 31) Lundberg, W.O. : *The significance of cis, cis, 5, 8, 11 eicosatrienoic acid in essential fatty acid deficiency*, *Nutr. Rev.* 38 : 233-235, 1980.
- 32) Mead, J.F. : *Nutrients with special functions : essential fatty acids*, In : *Human nutrition by ed. R. Alfin-Slater, and D. Kritchevsky*, Plenum press, New York and London, pp 213 - 238, 1980.
- 33) Donovan, D.H., and D.B. Menzel : *Effect of dietary fat and vitamin E on mouse lung lipids*. *J. Nutr.* 109 : 1856-1864, 1979.
- 34) Editorials : *Growth and cerebral lipid composition during maturation of rats fed varying levels of linoleate and linolenate*, *Nutr. Rev.* 33 : 278-281, 1975.
- 35) Yarrington, J.T., and C.K. Whitahair : *Ultrastructure of Gastrointestinal smooth muscle in ducks with a vitamin E-selenium deficiency*, *J. Nutr.* 105 : 782-790, 1975.
- 36) Iritani, N., E. Fukuda, and Y. Kitamura : *Effect of corn oil feeding on lipid peroxidation in rats*, *J. Nutr.* 110 : 924-930, 1980.