

生体内過酸化脂質に及ぼすビタミン E および 不飽和脂肪酸投与の影響

赤 沢 典 子*

(1979年7月6日)

緒 言

Eは抗酸化剤として知られており、その生理作用については、Tappelら^{19),20)}は、細胞内の生体膜に存在する有害ラジカル類、特に多価不飽和脂肪酸のラジカル類の消去によって、過酸化脂質の生成を防止していると述べている。従って E 欠乏によって生体内には過酸化脂質が蓄積され^{5),11),16),18),20),22)}、これは生体に対して毒性を示し、組織の代謝機能の低下をもたらす^{21),22)}。又動物に高度不飽和脂肪酸 (PUFA**) を多く与えると、組織内の E が著しく消費され⁴⁾、組織に多量の過酸化脂質が蓄積されることも明らかにされている¹⁰⁾。一方、老化に伴って組織の過酸化脂質は増加し^{12),24)}、リポフスチンやセロイドなどの消耗性色素が組織に沈着することが知られている⁷⁾。又著者^{1),2)}は E 欠乏ラットの下垂体・性腺系の形態学的変化及び下垂体の性腺刺激ホルモンの分泌状態を検討し、老化現象に似た変化を観察している。このように、組織の過酸化脂質の蓄積は E や PUFA 及び老化と相互に密接に関連することが明らかであるが、組織の過酸化脂質に及ぼす E と PUFA の相互作用については、いまだ十分に検討されていない。今回の研究は、飼料中の E の量によって生体内の過酸化脂質の蓄積量はどのように変化するか、又それに PUFA を付加した場合に、その影響はどのように現われるかを検討するために、E の投与量を変えて PUFA を添加し、血清のトコフェロール量や血液及び組織の過酸化脂質を定量して、興味ある結果を得たので報告する。

実 験 方 法

1. 実験動物

離乳直後の体重 70g 前後の Wistar 系の幼若雄ラット 42 匹を 6 群に分け各ケージに 1 匹づつ入れて 100 日間飼育した。飼料、飲料水は自由に摂取させた。

2. 飼料配合

飼料としてはオリエンタル酵母株式会社製造の E 添加及び E 欠乏飼料を用いた。基礎飼料の組成は、コーンスターチ 34%、ビタミンフリーカゼイン 25%、アルファ小麦澱粉 10%、粉末濾紙 8%、無機塩類 6%^{a)}、グラニュー糖 5%、ビタミン類^{b)} (E を除く) 2%、分子蒸留ト

* 岩手大学教育学部

** PUFA=polyunsaturated fatty acid

a) 無機塩類 (飼料 100g 中の含量) K 692mg, P 597mg, Ca 411mg, Na 270mg, Mg 86mg, Fe 41mg, Zn 0.4mg, Mn 1.3mg, Cu 0.08mg, I 7.7mg.

b) ビタミン類 (飼料 100g 中の含量) A 1.000IU, D₂ 200IU, B₁ 2.4mg, B₂ 8.0mg, B₆ 1.6mg, B₁₂ 0.001mg, C 60.0mg, K₃ 10.4mg, Biotin 0.04mg, Folic acid 0.4mg, Ca-pantothenate 10.0mg, PABA 10.0mg, Niacin 12.0mg, Inositol 12.0mg, Cholin-cl 4000.0mg.

ウモロコシ油 10% である。ラットは 6 群に分け、1, 2 群には dl- α -トコフェリルニコチネート^{a)} (20 IU/100 g), 3, 4 群には dl- α -トコフェリルアセテート (2 IU/100 g) を加えた飼料を与え、5, 6 群にはこれらを含まない E 欠乏飼料を与えた。又 2, 4, 6 群は PUFA 添加区とし、添加群にはリノール酸 (和光純薬株式会社製) を添加した。このリノール酸はガスクロマトグラフィーによる分析の結果、抗酸化剤としてのトコフェロールを含まないことを確認した。リノール酸の投与は急激な投与によってラットが死亡するのを防ぐために、実験開始 4 週以後、7 週間までは 5% とし、最後の 7 週間は 10% とした。ただし、基礎飼料中の分子蒸留トモロコシ油^{b)} はリノール酸を 56.3% 含むから、対照区はリノール酸を 5.63%、リノール酸投与区は 15.63% のリノール酸を給与したことになる。飼料は 1 週間ごとに作製して冷蔵庫に保存し、毎日適当量を与えた。

3. 赤血球の溶血試験

実験開始 3 ヶ月で、尾静脈から採血し、dialuric acid を使用し、Friedman ら⁹⁾の方法によって測定した。

4. 血清トコフェロール量の測定

解剖に先立って開腹して、後大静脈から採血し、血清を分離し、血清中のトコフェロール含量を阿部ら³⁾の方法によって測定した。

5. 血液及び組織の過酸化脂質の測定

血液の過酸化脂質の測定は大石¹⁵⁾の方法に従って行った。血液 50 μ l を尾静脈から採血し、上清液 0.5 ml に 4.0 ml の N/12 H₂SO₄ と 0.5 ml の 10% タングステン酸を加えて遠心分離した。生じた沈殿物に 1.0 ml の H₂O を加えて懸濁液とし、それに 1.0 ml の TBA 試薬 (0.67% TBA-永酢酸等量液) を加え、95°C で 1 時間反応させた。n-ブタノールで抽出し、n-ブタノール層を分光蛍光光度計 (励起波長 515 nm, 蛍光波長 553 nm) で蛍光強度を測定した。

組織の過酸化脂質の測定のため、ラットは後大静脈からの採血によって屠殺し、生理的食塩水で灌流脱血後、すみやかに脳、心臓、肝臓、精巣を摘出して秤量した。各臓器 0.5 g を切り採り、4.5 ml の生理的食塩水を加えて、ガラス・テフロンホモジナイザーで 10% 懸濁液を調整した。この検体液 0.1~0.2 ml に 0.2 ml の 8.1% SDS 溶液、1.5 ml の 20% 酢酸緩衝液 (pH 3.5)、1.5 ml の 0.8% TBA を加え、H₂O で全量を 4.0 ml とした。95°C で 1 時間反応させ、n-ブタノール-ピリジン混液で抽出し、n-ブタノール-ピリジン層を分光蛍光光度計 (励起波長 515 nm, 蛍光波長 553 nm) で蛍光強度を測定した。

実 験 結 果

1. 発育状況

実験期間中の発育曲線は Fig 1. に示す。実験開始 5 週目ごろから E 欠乏にリノール酸を加えた群では発育の遅滞を示した。1 群 (E 20 IU), 2 群 (E 20 IU + リノール酸), 3 群 (E 2 IU),

-
- a) dl- α -トコフェリルニコチネートの生理活性は 0.88 IU/mg であるので、E 活性が 20 IU/100 g になるように、飼料 100 g 当り 23.4 mg を添加した。
 b) 分子蒸留トモロコシ油の脂肪酸組成、C₁₆ 11.9%, C₁₈ 2.4%, C_{18:1} 27.7%, C_{18:2} 56.3%, C_{18:3} 1.7 %.

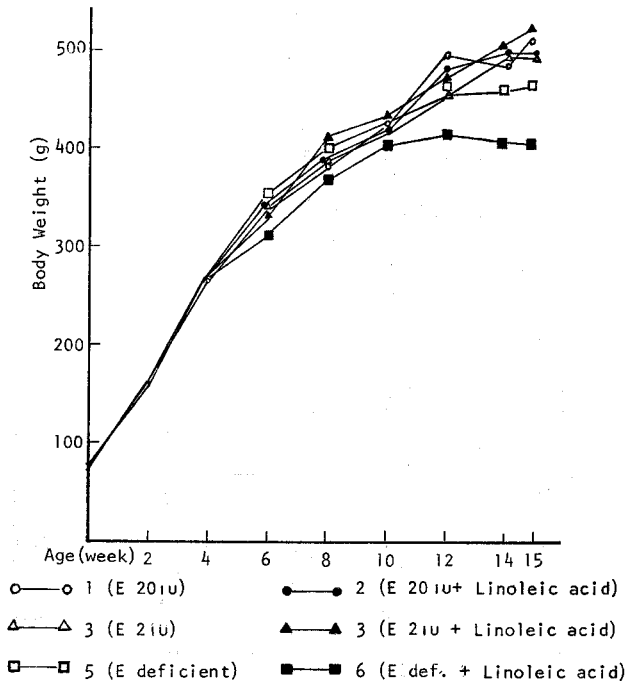


Fig. 1. Growth Curves of the Rats

4群 (E 2IU+リノール酸) の発育はほぼ同様で、実験終了時の体重はいずれも 500g 前後で差はほとんど認められなかった。5群 (E 欠乏) は 12 週以降発育はいくぶん遅滞した。6群 (E 欠乏+リノール酸) では実験終了時の体重は 400g で、他の群との間に有意差 ($P < 0.01$) を示した。

2. 赤血球溶血試験と血清の総トコフェロール量

E 欠乏の状態を判定するために赤血球溶血率と血清総トコフェロール量を測定した。結果は

Table 1. The hemolytic rate and concentrations of serum total tocopherol of rats fed different levels of dietary vitamin E and linoleic acid during 100 days

group	No. of rats	Dietary		Hemolytic rates (%)	Serum total tocopherol (mg/100 ml)
		V.E. (IU/100 g)	Linoleic acid (%)		
1	6	20*)	5.6	6.1 ± 8.8 †)	1.44 ± 0.19
2	7	20	15.6	3.0 ± 6.7	1.33 ± 0.18
3	6	2 †)	5.6	13.6 ± 11.8	0.53 ± 0.18 *1,2) ‡)
4	8	2	15.6	55.9 ± 5.5	0.22 ± 0.07 *1,2,3)
5	6	0	5.6	99.7 ± 0.3	0.10 ± 0.04 *1,2,3)
6	8	0	15.6	99.9 ± 0.2	0.04 ± 0.03 *1,2,3,4)

*) *dl*- α -tocopheryl nicotinate

†) Mean ± SD

‡) *dl*- α -tocopheryl acetate

§) No. in one sided parenthesis indicates group significantly different * $p < 0.001$

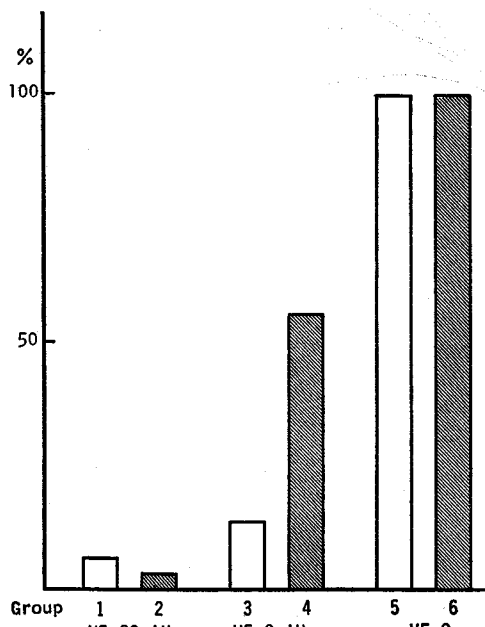


Fig. 2. Hemolytic Rate (%)

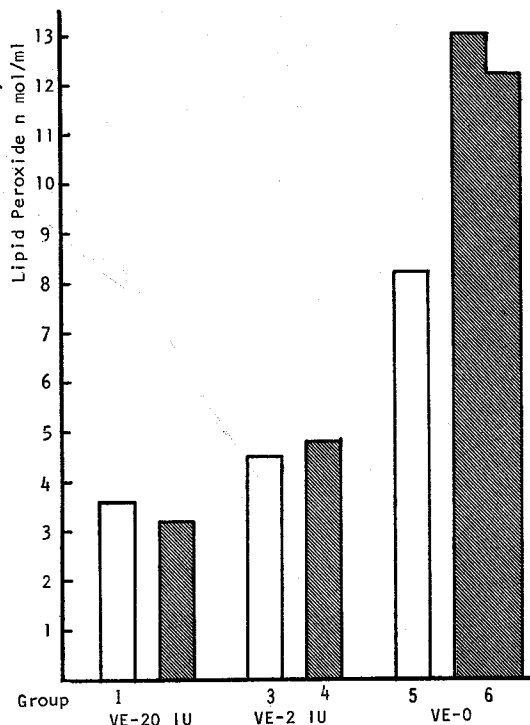


Fig. 3. Lipid Peroxide in the Blood

TABLE 1. 及び Fig 2. に示す。

1) 溶血率

溶血率は1群 (E 20 IU) 及び2群 (E 20 IU+リノール酸) では正常な値を示した。3群 (E 2 IU) では溶血率は13.6% でほぼ正常範囲であった。しかし、4群 (E 2 IU+リノール酸) では溶血率は55.9% で、明らかに溶血率の亢進を示した。5群 (E 欠乏) および6群 (E 欠乏+リノール酸) はともに99% 代の高い溶血率を示した。

Table 2. The concentrations of lipid peroxide in plasma and tissues of rats

Group	No. of rats	Dietary		Concentrations of	
		VE (IU/100 g)	Linoleic acid (%)	Plasma (n mol/ml)	Liver (n mol/g)
1	6	20	5.6	3.62±1.08*)	101±39
2	7	20	15.6	3.18±0.94	113±41
3	6	2	5.6	4.52±0.54*)†)	119±29
4	8	2	15.6	4.79±0.89**1)*)†)	597±204***1,2,3)
5	6	0	5.6	8.21±2.93**1,2)*)†)	398±304**1,2,3)
6	7	0	15.6	25.10±18.17*1,2,3,4,5)	1260±444***1,2,3)***4,5)

*) Mean±SD

†) No. in one sided parenthesis indicates group significantly different.

* p<0.05

2) 血清の総トコフェロール含量

1群 (E 20IU) の血清の総トコフェロール量は 1.44mg/100ml の高値を示した。2群 (E 20IU+リノール酸) では、1群に比べてやや低い値 1.33mg/100ml を示したが、有意差は認められなかった。3群 (E 2IU) と4群 (E 2IU+リノール酸) は1, 2群に比べて有意の差 ($P < 0.001$) をもって低い値を示した。特に4群のトコフェロール量は 0.22mg/100ml を示し、3群の 0.53mg/1000ml に比べても有意 ($P < 0.001$) に低下した。5群 (E 欠乏) 及び6群 (E 欠乏+リノール酸) では、血清のトコフェロール量は著しく低い値を示したが、特に6群では極めて低い痕跡的な値を示した。

3. 血中の過酸化脂質

血中の過酸化脂質の量は TABLE 2. 及び Fig 3. に示す。1群 (E 20IU) 及び2群 (E 20IU+リノール酸) では血中の過酸化脂質は少なく、リノール酸を添加しても増加は認められなかった。3群 (E 2IU) 及び4群 (E 2IU+リノール酸) では1群及び2群より多少増加したが、3群と4群では有意の差は認められなかった。E 欠乏の5群は1, 2, 3, 4群の各群に比べて過酸化脂質は多く ($P < 0.01 \sim 0.05$)、特にE 欠乏にリノール酸を添加した6群は極めて高い値を示し、5群に対しても有意差 ($P < 0.05$) を示した。

4. 組織の過酸化脂質

組織の過酸化脂質含量は TABLE 2. 及び Fig. 3~7 に示す。

1) 肝臓

1群 (E 20IU) 及び2群 (E 20IU+リノール酸) では肝臓における過酸化脂質は少なく、リノール酸を添加しても増加は認められなかった。3群 (E 2IU) でも過酸化脂質は少なく、1及び2群とほぼ同様の値を示したが、E 2IU とリノール酸を添加した4群では、1, 2, 3の各群の5倍以上に増加し、それらの群との間に有意差 ($P < 0.001$) が認められた。E 欠乏の5群は1群や3群に比べて過酸化脂質は有意 ($P < 0.05$) に多く、特にE 欠乏にリノール酸を添加した6群は極めて高い値を示し、5群に対しても、又他のいずれの群に対しても有意差 ($P < 0.01 \sim 0.001$) を示した。

2) 脳

1群 (E 20IU) 及び2群 (E 20IU+リノール酸), 3群 (E 2IU) 及び4群 (E 2IU+リノール酸)

fed different levels of dietary Vitamin E and linoleic acid during 100 days

Lipid Peroxide		
Brain (n mol/g)	Heart (n mol/g)	Testis (n mol/g)
248±122	64±32	32±14
153±110	89±60	41±22
220±71	116±56	58±17* ¹⁾
255±149	121±26	56±14* ¹⁾
292±123	119±57	91±41** ¹⁾
534±238* ^{1,3,4,5)}	151±59	115±73** ¹⁾ * ^{2,3,4)}

** $P < 0.01$

*** $p < 0.001$

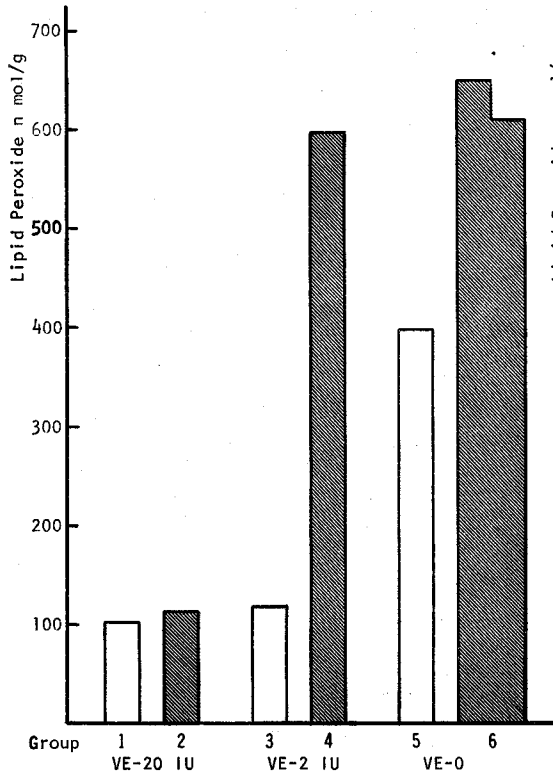


Fig. 4. Lipid Peroxide in the Liver

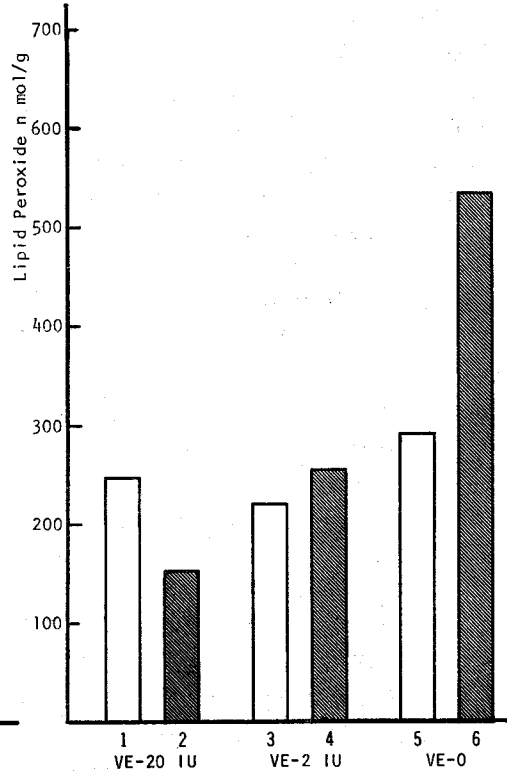


Fig. 5. Lipid Peroxide in the Brain

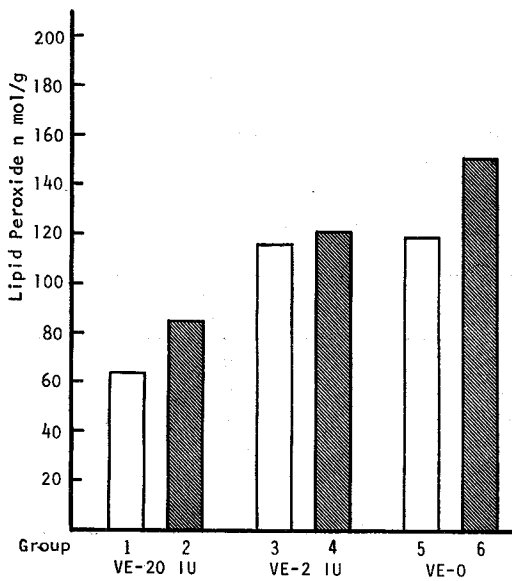


Fig. 6. Lipid Peroxide in the Heart

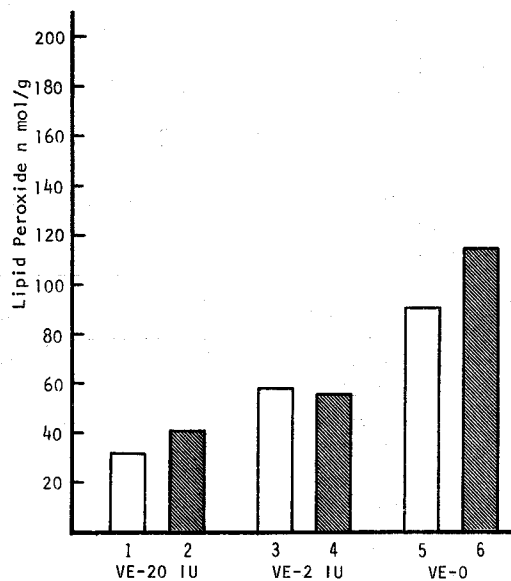


Fig. 7. Lipid Peroxide in the Testis

ール酸)とも、脳の過酸化脂質の量はほぼ同様な値を示し、他の組織に比べてやや高い値を示した。すなわち脳においてはEの投与量やリノール酸の添加によって過酸化脂質の量には著しい変動は見られなかった。しかし、E欠乏の5群では1, 2, 3, 4の各群に比べて過酸化脂質はやや増加したが、有意差は認められなかった。E欠乏にリノール酸を添加した6群では過酸化脂質は著しく高い値を示し、他の群に対して有意の差 ($P < 0.01 \sim 0.05$) を認めた。

3) 心臓

1群 (E 20 IU) に比べて2群 (E 20 IU+リノール酸) では心臓の過酸化脂質はいくぶん多い傾向を示したが、有意の差は認められなかった。3群 (E 2 IU) 及び4群 (E 2 IU+リノール酸) では、心臓の過酸化脂質は増加したが、1群および2群に比べて有意の差は認められなかった。E欠乏の5群では1群に対しては増加が認められたが、3群とほぼ同様の値を示した。6群 (E欠乏+リノール酸) では過酸化脂質は最も高い値を示した。

4) 精巢

1群 (E 20 IU) 及び2群 (E 20 IU+リノール酸) では精巣における過酸化脂質は少なく、リノール酸を添加しても増加は認められなかった。3群 (E 2 IU) 及び4群 (E 2 IU+リノール酸) では、1群に比べると有意差 ($P < 0.05$) をもって増加したが、3群と4群では差は認められなかった。E欠乏の5群ではE 20 IU添加の1群及び2群に対して有意の増加が認められた。E欠乏にリノール酸を添加した6群では過酸化脂質の量は最も高く、1, 2, 3, 4の各群に対して有意差 ($P < 0.01 \sim 0.05$) を示した。

考 察

Eは抗酸化剤として生体内にける脂質の過酸化を防ぐことが知られており^{11),19)}、Eの欠乏によって生体内に過酸化脂質が蓄積されることが報告されている^{5),11),16),18),22)}。又動物に高度不飽和脂肪酸 (PUFA) を多く与えた場合には、組織内のEが著しく消費され⁴⁾同様に過酸化脂質が増加することが報告されている¹⁰⁾。今回の実験は飼料中のEの量によって生体内の過酸化脂質の蓄積量がどのように変化するかを検討するとともに、それにPUFAを付加した場合に、その変化はどのように重加されるかを検討することを目的として行った。

結果は予期したとおりのものであった。すなわち、血清トコフェロール含量は、Eの投与量によって著しい変動を示し、Eの投与によって血清のトコフェロールが増加するという yang と Desai²³⁾の結果とよく一致した。特に同量のEを与えても多量のPUFAを給与すると、その量は更に減少することが明らかになった。Bieri⁴⁾らも飼料中にリノール酸を2~9%加えて、2~9週間ラットを飼育すると、血中のE値はPUFAの増加につれて減少すると述べている。E欠乏群ではもちろん、血清トコフェロール量は著しく減少するが、更にPUFAを給与するとその量は痕跡的となり、完全なE欠乏状態を示した。

又溶血率が示すように、ラットをE 20 IU/100g添加飼料で飼育すると、PUFAを多く与えてもE欠乏は起こらないが、E 2 IU/100gを添加して飼育したものでは、多量のPUFAを与えるとE欠乏を生じることが明らかとなった。このことはPUFAを多く与えた場合には、Eは2 IUの添加ではなお不足を来すことを示している。

血中の過酸化脂質の量は血清トコフェロール量と逆比例して増加した。すなわち、血中過酸化脂質は飼料100gにE 20 IUを添加した飼料で飼育した場合には、PUFAを給与してもほと

んど変動しなかったが、E 2IU ではやや増加し、E 欠乏動物では著しく増加した。特にE 欠乏動物に PUFA を給与したものでは、その量は極めて高い値に達した。血中過酸化脂質の量の変動は後に述べるように、組織中、特に肝臓や脳の過酸化脂質の量とよく比例しているので、組織中の過酸化脂質を推定するためのよい指標となり、将来、過酸化脂質の蓄積度の診断に役立つものと考えられる。

組織の過酸化脂質の量は血中のそれと全く同様の傾向を示した。しかし組織によって過酸化脂質は著しく相違することが今回の実験によって明らかになった。過酸化脂質が最も大量に含まれるのは脳で、続いて肝臓、心臓、精巣の順であった。このような組織による含量の相違はその組織のリポイドの量やその構成によるものと思われる。

E の不足や PUFA の給与によって、組織の過酸化脂質が最も大きな変動を示したのは肝臓であった。肝臓では E 20IU 添加群では PUFA を給与しても過酸化脂質は増加しなかったが、E 2IU の添加では、PUFA の給与によって著しく増加した。このことは血清トコフェロールの含量や溶血率にも示されたように、PUFA を多く与えた場合には E 2IU の添加ではなお E の不足を来し、E 欠乏状態を生じたものと思われる。又 E 欠乏群では肝臓の過酸化脂質は著しく増加した。更に、E 欠乏に PUFA を加えた 6 群ではその増加は極度であった。このように PUFA の給与によって肝臓に過酸化脂質が蓄積され易いことは、この器官が糖や脂質などの栄養物を貯蔵する器官であることによるものと思われる。

脳の過酸化脂質は他の組織に比べて多く、E を 20IU 添加したものでも高い値を示し、E の添加量が減少するに従って多少増加したが、増加率は他の組織と比べるとやや低い値を示した。これは神経組織は元来リポイドが多い組織であることによるものと思われる。しかし、E 欠乏下で PUFA を給与すると過酸化脂質は著しく増加した。このことは E 欠乏によって神経系に大きな障害が起ることに関係があるものと思われる。

心臓における過酸化脂質の量は、精巣とともに肝臓や脳に比べて少ない。E 欠乏群の過酸化脂質は E 20IU 添加群の約 2 倍を示したが、E 2IU 添加群とはほぼ同様で有意の差を示さなかった。PUFA の給与によって多少増加する傾向を示したが、有意差は認められなかった。このことは、18 カ月間マウスに E を投与しても心臓の蛍光色素の量に変化がなかったという Csallany ら⁷⁾の結果に似ている。

精巣における過酸化脂質の量は E を添加した場合には心臓よりも更に低かったが、E の量との関係は他の組織と全く同様の傾向を示し、E の投与量に反比例して増加した。PUFA 給与による過酸化脂質の増加は E 欠乏群においてのみ認められた。E 欠乏による精巣の過酸化脂質の増加は、E 欠乏による精巣の退行変性と関係があるように思われる。すなわち、E 欠乏ラットの精巣ではセルトリ細胞に多量のリポイド滴やセロイド様物質が出現することが認められている²⁾。

生体内における過酸化脂質の蓄積と E の抗酸化作用については多くの論議がある。Diplock ら⁸⁾は組織の過酸化脂質の量は E の量によって影響されないと述べ、Bunyan⁶⁾らは E は腸管における PUFA の吸収を妨げることによって生体内過酸化脂質の蓄積を防ぐと述べているが、多くの研究者^{5),11),16),18),19),20),22)}は E は生体膜に存在する PUFA のラジカルを消去することによって脂質の過酸化を防止することを主張している。PUFA を多量に摂取すると、それらは容易に消化管から吸収されて組織に至り¹⁰⁾、E を消費する⁴⁾。E が不足する場合には過酸化脂質として組織に蓄積されるものと考えられる。今回の研究において PUFA を多量与えた場合、

E を多量に投与しておけば組織の過酸化脂質は増加しなかったが、E を普通量与えたものでは、血中のE を低下させ、多くの組織で過酸化脂質が蓄積されることが明らかになった。特にE 欠乏動物では、少量の PUFA を含む飼料で飼育しても、組織に過酸化脂質が蓄積するが、多量の PUFA を与えるとその蓄積量は倍加した。これらのことから、E は生体内で PUFA の吸収を妨げるのではなく、組織における PUFA の過酸化を直接防止しているものと考えられる。

結 論

生体内過酸化脂質の蓄積に及ぼすE と PUFA 給与の影響を検討するために、Wistar 系の幼若雄ラット 42 匹を用い、E 欠乏群、E 2IU 添加群、E 20IU 添加群の 3 群に分け、各々の半数にリノール酸 10% を添加して 100 日間飼育し、各群の成長曲線、溶血率、血清総トコフェロール含量、血液及び肝臓、脳、心臓、精巣中の過酸化脂質を測定して次の結果を得た。

1) 溶血率は E 20IU 又は E 2IU 添加飼料を給与した群では正常であったが、E 2IU に PUFA を添加した群及びE 欠乏群では高い溶血率を示した。

2) 血清中の総トコフェロール量は E 20IU 添加群では高いが、E 2IU 添加群ではほぼ正常、E 2IU にリノール酸を添加したものでは著しく低く、又E 欠乏群では著しく減少した。特にE 欠乏にリノール酸を投与したものでは極めて低く痕跡程度であった。

3) 血中過酸化脂質量は E 20IU 添加群および E 2IU 添加群では低く、リノール酸を投与しても変化しなかったが、E 欠乏群では増加し、特にE 欠乏にリノール酸を添加した群では著しく高い (E 2IU 添加群の 5 倍以上) 値を示した。

4) 肝臓中の過酸化脂質量は E 20IU 添加群では低く、リノール酸を添加しても変化を示さなかったが、E 2IU 添加群では同様に低いが、リノール酸を添加すると 5 倍以上に増量した。このことはリノール酸を与えた場合には E 2IU の添加ではなお不足をきたすことを示す。E 欠乏群では過酸化脂質は増加するが、リノール酸を添加するとその量は更に 3 倍以上 (正常値の 10 倍以上) に増加した。

5) 脳の過酸化脂質の含量は正常でもやや高いが、E の不足及びリノール酸の添加によって更に増加する。しかし、その変動の幅は他の組織と比べると小さかった。

6) 心臓の過酸化脂質はE の減少及び PUFA の給与によってやや増加するが、変動の幅は小さく、有意差を示さなかった。

7) 精巣の過酸化脂質はE の量に応じて変動しE 欠乏群において高い値を示したが、リノール酸添加の影響はE 欠乏群においてのみ認められた。

本論文の要旨は第 33 回栄養・食糧学会総会 (昭和 54.5 東京都) において発表した。

本研究に当り、御指導、御校閲を賜りました岩手大学農学部教授見上晋一博士、同教育学部教授鷹鷲テル博士に深謝申し上げます。また御協力頂きました教育学部家政研究室及び農学部家畜解剖研究室の諸姉、諸兄に感謝致します。さらにE 欠乏飼料及びE 添加飼料、リノール酸等を御提供下さいましたエーザイ株式会社に感謝致します。

文 献

- 1) 赤沢典子：ビタミン, **51**, 141-151 (1977).
- 2) 赤沢典子：ビタミン, **52**, 271-277 (1978).
- 3) 阿部皓一, 藤井五一郎：栄養と食糧, **28**, 277 (1975).
- 4) Bieri, J.G., Thorp, S.L., Tolliver, T.J.: J. Nutr., **108**, 392-398 (1978).
- 5) Bonetti, E., Ada Abbondanza, A., Della Corte, E., Novello, F., Stirpe, F.: J. Nutr., **105**, 364-371 (1975).
- 6) Bunyan, J., Green, J., Murrell, E.A., Diplock, A.T., Cawthorne, M.A.: Br. J. Nutr., **22**, 97-110 (1968).
- 7) Csallany, A.S., Ayaz, K.L., Su, L-C.: J. Nutr., **107**, 1792-1799 (1977).
- 8) Diplock, A.T., Cawthorne, M.A., Murrell, E.A., Green, J., Bunyan, J.: Br. J. Nutr., **22**, 465-472 (1968).
- 9) Friedman, L., Weiss, W., Wherry, F., Kline, O.L.: J. Nutr., **65**, 143-160 (1958).
- 10) Glavind, J., Christensen, F., Sylven, C.: Acta Chem. Scand., **25**, 3220-3226 (1971).
- 11) Green, J.: Ann. N.Y. Acad. Sci., **203**, 29-44 (1972).
- 12) 平井俊策：医学のあめみ, **97**, 546-551 (1976).
- 13) Machlin, L.J., Filipski, R., Nelson, J., Horn, L.R., Brin, M.: J. Nutr., **107**, 1200-1208 (1977).
- 14) Mason, K.E., Mauer, S.I.: J. Nutr., **105** 484-490 (1975).
- 15) 大石誠子：最新医学, **33**, 660-663 (1978).
- 16) Reddy, K., Fletcher, B., Tappel, A., Tappel, A.L.: J. Nutr., **103**, 908-915 (1973).
- 17) Sylven, C., Glavind, J.: Int. J. Vit. Nutr. Res., **47**, 10-16 (1977).
- 18) Takeuchi, N., Matsuyama, K., Takahashi, Y., Higashino, K., Tanaka, F., Katayama, Y.: Exp. Geront., **12**, 63-68 (1977).
- 19) Tappel, A.L.: Ann. N.Y. Acad. Sci., **203**, 12-28 (1972).
- 20) Tappel, A.L., Fletcher, B., Deamer, D.: J. Geront., **28**, 415-424 (1973).
- 21) Tsai, A.C.: J. Nutr., **105**, 946-951 (1975).
- 22) Wakizaka, A., Imai, Y.: J. Vitamin., **17**, 32-38 (1971).
- 23) Yang, N.Y.J., Desai, I.D.: J. Nutr., **107**, 1418-1426 (1977).
- 24) 吉川政己, 平井俊策：日本老年医学, **3**, 256-260 (1966).

The Effects of Dietary Unsaturated Fatty Acid and Vitamin E on the Blood and Tissue Lipid Peroxide

Noriko AKAZAWA

Summary

Vitamin E deficient and supplemented rats were fed the diets containing 5.6% or 15.6% linoleic acid for 100 days.

Very small amounts of lipid peroxide were found in the blood, liver, brain, heart and testis of rats fed the diets supplemented with 20 IU vitamin E per 100 g of diet, even if linoleic acid was added. Small amounts of lipid peroxide were found in these tissues of rats fed the diets supplemented with 2 IU vitamin E, while the amounts of peroxide were remarkably increased in the liver of rats fed the diets containing 2 IU vitamin E and 15.6% linoleic acid.

On the contrary, large amounts of lipid peroxides were found in the blood, liver, brain, heart and testis of vitamin E deficient animals. The amounts of lipid peroxides were further increased in these tissues of vitamin E deficient rats fed the diets containing 15.6% linoleic acid.