

生体過酸化脂質におよぼす食餌ならびに加齢の影響

谷 由美子・青木みか

Effect of Dietary Fat and Aging on Lipid Peroxidation in Liver and Serum of Mice

Yumiko TANI and Mika AOKI

緒 言

多価不飽和脂肪酸は、生体中に生体膜のリン脂質成分として多く存在するが、血清コレステロール低下作用がある一方、ビタミンE等の抗酸化剤不足の場合は、血液や組織に過酸化脂質が蓄積し、細胞の生理機能やSH酵素などに影響をおよぼし、細胞の退行性変化の一因となると考えられている。しかし過酸化脂質と加齢との関係においても一致した見解がえられていない。またこれら脂質過酸化反応は Fe^{2+} やアスコルビン酸など還元性物質で促進されるという報告^{1)~3)}がみられるが、いずれもin vitroにおける実験で、食餌の影響についてはほとんど報告がみられない。そこで著者らは動物飼育実験で脂質過酸化反応に対する加熱油や Fe^{2+} 投与の影響をみるとともに加齢現象とTBA陽性物質との関係を検討するため本研究を行った。

実 験 方 法

1. 実験動物ならびに飼育方法

生後4週間のdd系, ♂, マウス22頭を標準固形飼料(オリエンタル.CE-2)と水を自由に摂取させ23週間飼育して、その間生後4, 6, 27週経過時に屠殺解剖し、血清と肝組織を分離してTBA値, ビタミンE, コレステロールの測定を行った。

又生体中の過酸化脂質生成に対する食餌の影響をみるために、生後15週のdd系, ♂, マウス24

表1 合成飼料の組成(100g中)

区 分	フマル酸鉄, コーンオイル 投与区	加熱コーン オイル投与区	コーンオイ ル投与区
カゼイン(g)	20	20	20
α -コングスターチ(g)	35	35	35
蔗糖(g)	20	20	20
塩混合(g)	4	4	4
ビタミン混合(g)	0.85	0.85	0.85
塩化コリン(mg) (50%エタノール溶液)	0.3	0.3	0.3
エーザイチョコラAD(mg) (10倍希釈液)	0.2	0.2	0.2
コーンオイル(g)	20	20	20
フマル酸鉄(g)	0.1	—	—
食塩(g)	1.5	—	—

表2 コーンオイルの加熱時間による性状の変化

加熱時間 (200°C)	0	4	8	10	
TBA値 (OD ₅₃₂ /3g)	0.029	0.312	0.301	0.331	
Po. V. (mEq/kg)	8.1	42.5	52.6	57.7	
ビタミンE (mg%)	58.18	54.25	46.62	27.35	
脂肪 酸 組 成 (%)	C ₁₆₌₀	11.91	12.85	15.32	14.07
	C ₁₈₌₀ C ₁₈₌₁	33.44	36.67	37.93	41.33
	C ₁₈₌₂	49.90	50.49	46.75	44.59

頭を4群にわけ、第1群コーンオイル・フマル酸鉄投与区、第2群加熱コーンオイル投与区、第3群コーンオイル投与区、第4群標準固形飼料投与区として15週間飼育後、屠殺解剖して血清および肝組織を分離し、血清TBA値、コレステロール、肝組織のTBA値、ビタミンEの定量に供するとともに、脂肪酸組成をしらべて食餌脂肪の影響を検討した。合成飼料の組成は表1に示すとおりで、加熱コーンオイルは200℃、10時間加熱したものを供したが、加熱時間による性状および脂肪酸組成の変化を表2に示した。コーンオイルは米山薬品KKのものを用いたが、加熱によってビタミンEは減少し、過酸化物は増加している。脂肪酸組成はC₁₆₌₀とC₁₈₌₀、C₁₈₌₁が増加しC₁₈₌₂が減少した。実験に供した加熱油はビタミンE 27.35mg%、マロンジアルデヒド(MDA) 6nmol/g含有している。なお飼育中は体重測定および飼料摂取量の測定を行った。

2. TBA値、ビタミンE、コレステロールの測定法

1) 血清TBA値

マウス血清0.05mlを用いて八木蛍光法⁴⁾で定量した。測定装置はターナー蛍光光度計(光源ランプ 854, 1次フィルター 65-A, 2次フィルター No.16使用)を用いて、励起波長 515nm, 蛍光波長 553nmにおける蛍光を測定し、MDA濃度 0~0.2nmol/mlの検量線より血清1ml当りのMDA nmolを求めた。

2) 肝組織のTBA値

磨砕した肝臓約0.5gを精秤して真杉氏の方法⁵⁾で定量し、MDA 0~35nmolの検量線より肝臓1g当りのMDA nmolおよびマウス肝当りのMDA γ で求めた。

3) 肝組織のビタミンE

よく磨砕した肝組織0.2~0.5gをケン化用フラスコに精秤し、Emmerie-Engel法⁶⁾で定量した。

4) 血清コレステロール

第1製薬のダイテスト試薬を使用し酵素法で測定した。

5) 血清および肝組織の脂肪酸組成

血清0.2ml, 肝組織は磨砕物約0.1gをBloor液(エタノール:エーテル, 3:1)と石油エーテルにて脂質を抽出し常法通りケン化および三弗化ホウ素メタノール液(和光純薬)でメチル化してGLC用試料とした。測定条件は下記の通りである。

Column: 17% DEGSP Chromosorb W 3m Stainless steel

Column temp.: 185℃

N₂: 1.4kg/cm²

H₂: 0.9kg/cm²

Air: 2.0kg/cm²

実験結果

1. 血清ならびに肝TBA値と加齢との関係

生後4, 6, 27週間後の体重と血清TBA値, コレステロール, 肝組織のTBA値およびビタミンEの測定値を表3に示した。そして体重と肝TBA値の関係を図1および図2に, 体重と血清TBA値の関係を図3に, 又加齢による肝TBA値, ビタミンE, 血清TBA値, 血清コレステロールの変化を図4に示した。加齢現象の目安に体重を用いたが加齢とともに血清およ

表3 マウスの加齢による血清TBA値, コレステロール, 肝TBA値およびビタミンEの変化

	マウス No.	体 重 (g)	血清TBA値 MDA nmol/ml	血清コレステ ロールmg / dl	肝TBA値		肝 ビ タ ミ ン E	
					MDA nmol/g	MDA γ /頭	mg%	γ /頭
生 後 4 週	1	16.9	9.2	—	17.61	3.49		
	2	21.0	9.9	271	17.13	3.77		
	3	21.8	4.7	294	19.40	4.69		
	4	18.5	11.6	256	14.91	3.12		
	5	21.2	10.6	268	13.14	3.47		
	6	18.0	6.5	275	19.65	3.89		
	7	22.8	8.8	—	18.44	4.67		
	8	19.4	4.7	—	19.86	4.15		
	9	17.5	11.5	—	23.02	4.30		
	M \pm SD	19.68 \pm 2.09	8.6 \pm 2.7	273 \pm 14	18.13 \pm 2.90	3.95 \pm 0.55		
生 後 6 週	1	38.9	13.6	178	—	—	1.52	22.80
	2	35.0	19.0	183	14.78	4.55	0	0
	3	34.6	10.1	226	18.63	5.98	1.19	17.37
	4	35.5	11.2	208	18.18	5.80	2.28	33.06
	5	37.0	7.7	229	14.29	4.59	0.61	8.91
	6	33.9	—	223	11.73	3.23	—	—
	7	38.0	11.5	213	12.30	4.33	2.27	36.32
		M \pm SD	36.12 \pm 1.87	12.2 \pm 3.9	209 \pm 21	14.99 \pm 2.89	4.75 \pm 1.02	1.31 \pm 0.91
生 後 27 週	1	48.9	17.6	196	26.33	10.43	10.02	180.36
	2	43.7	—	—	27.93	11.49	8.03	150.16
	3	46.3	17.5	260	20.34	7.16	6.18	98.88
	4	48.3	26.0	250	24.82	9.28	2.61	44.37
	5	47.2	10.3	243	35.29	13.97	9.75	175.50
	6	35.3	23.9	263	29.13	7.37	11.72	134.78
		M \pm SD	45.12 \pm 5.24	19.1 \pm 6.2	242 \pm 27	27.31 \pm 4.96	9.90 \pm 2.56	8.05 \pm 3.27

び肝TBA値は増加した。生後6週間と27週間における平均値は肝ビタミンEが1.31 \pm 0.91と8.05 \pm 3.27mg/100g, 肝TBA値がMDAとして14.99 \pm 2.89と27.31 \pm 4.96nmol/g, 血清TBA値が12.2 \pm 3.9と19.1 \pm 6.2nmol/ml, 血清コレステロールが209 \pm 21と242 \pm 27mg/dlで, 検定の結果肝ビタミンEと肝TBA値は1%危険率で, 血清TBA値と血清コレステロールは5%の危険率で生後27週間のものが有意に高値をしめた。図1は体重と湿肝1g当りのMDA濃度(nmol)の関係を, 図2は体重と1頭当りの肝MDA量(γ)の関係を示すが, 各々 $r=0.49$ ($P<0.05$), $r=0.75$ ($P<0.01$)と体重と肝TBA反応物質との相関性が高いことが認められた。図3は体重と血清TBA値の関係をしめすが $r=0.76$ ($P<0.01$)と肝TBA値より高い相関性をしめた。血清TBA値と肝TBA値の相関係数は0.35と低値だった。肝TBA値と肝ビタミンEはいずれも生後6週間のものより27週間の方が高値であった。

2. 血清および肝TBA値におよぼす飼料の影響

マウス24頭を4群にわけ、第1群コーンオイル・フマル酸鉄投与区、第2群加熱コーンオイル投与区、第3群コーンオイル投与区、第4群標準固形飼料投与区として15週間飼育し、その間体重および飼料摂取量を測定した。飼料摂取量は表4に、各群の平均体重の消長を図5に示した。コーンオイル投与区は油の熱量比率37%であるが、無処理コーンオイル投与区はわずかに脂漏症状を呈した。フマル酸鉄添加区は、鉄摂取量1.2mg/頭/日で吸収率は不明であるが、脂漏症状もなく最高の生育を示した。この原因については検討中である。加熱コーンオイル投与区は飼育後期にわずかに生育の低下がみられた。飼育群別のマウス血清TBA値、コレステロールおよび肝TBA値、ビタミンEの測定値は表5に、群別平

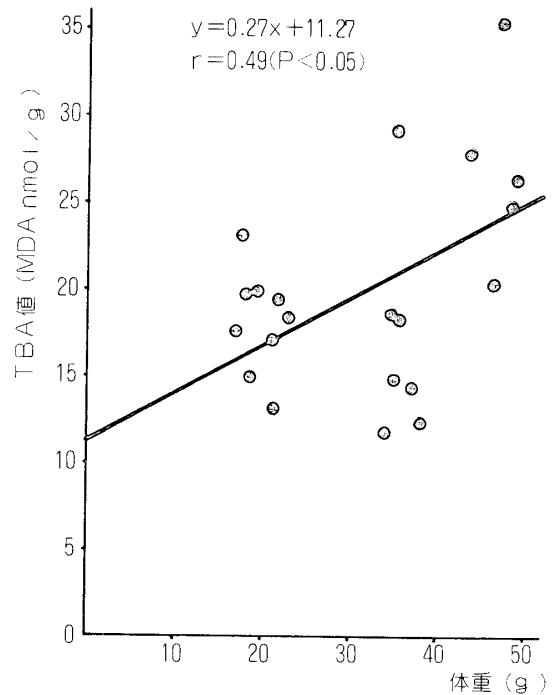


図1 マウスの体重と肝TBA値の関係

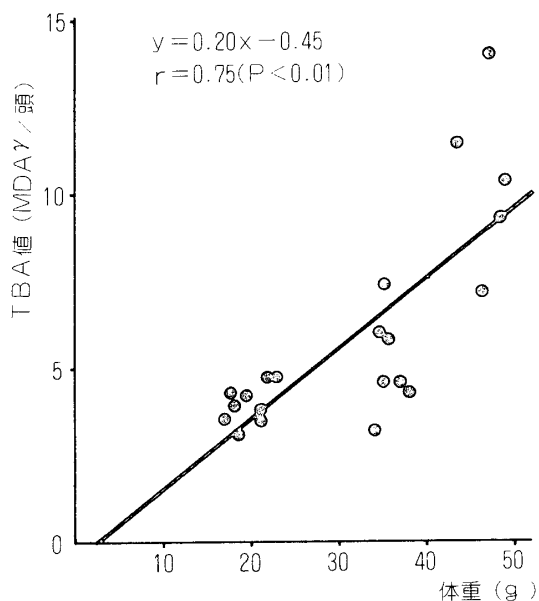


図2 マウスの体重と肝TBA値の関係

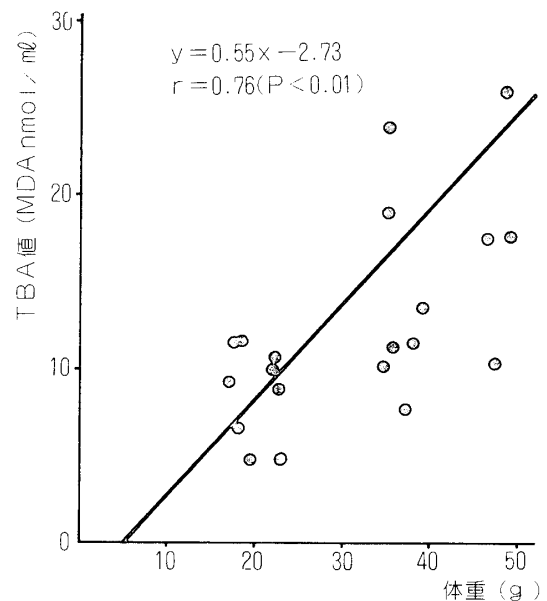


図3 マウスの体重と血清TBA値の関係

均値の比較を図6に示した。即ち肝TBA値 (MDA nmol/g) はコーンオイル・フマル酸鉄投与区が最大で、標準固形飼料区、加熱コーンオイル区の順に減少し無処理コーンオイル区が最少値をしめした。無処理コーンオイル区に対してフマル酸鉄投与区、加熱コーンオイル投与区は各々0.5%、1%の危険率で有意に高値であった。また肝ビタミンEは無処理コーンオイル区に比しフマル酸鉄投与区、加熱コーンオイル投与区は低値をしめし、後者は1%危険率で有意差を認めた。血清コレステロールは肝ビタミンEと逆にフマル酸鉄投与区、加熱コーンオイル投与区で高値をしめし、各々0.5%、1%の危険率で有意であった。血清TBA値は4群間に有意

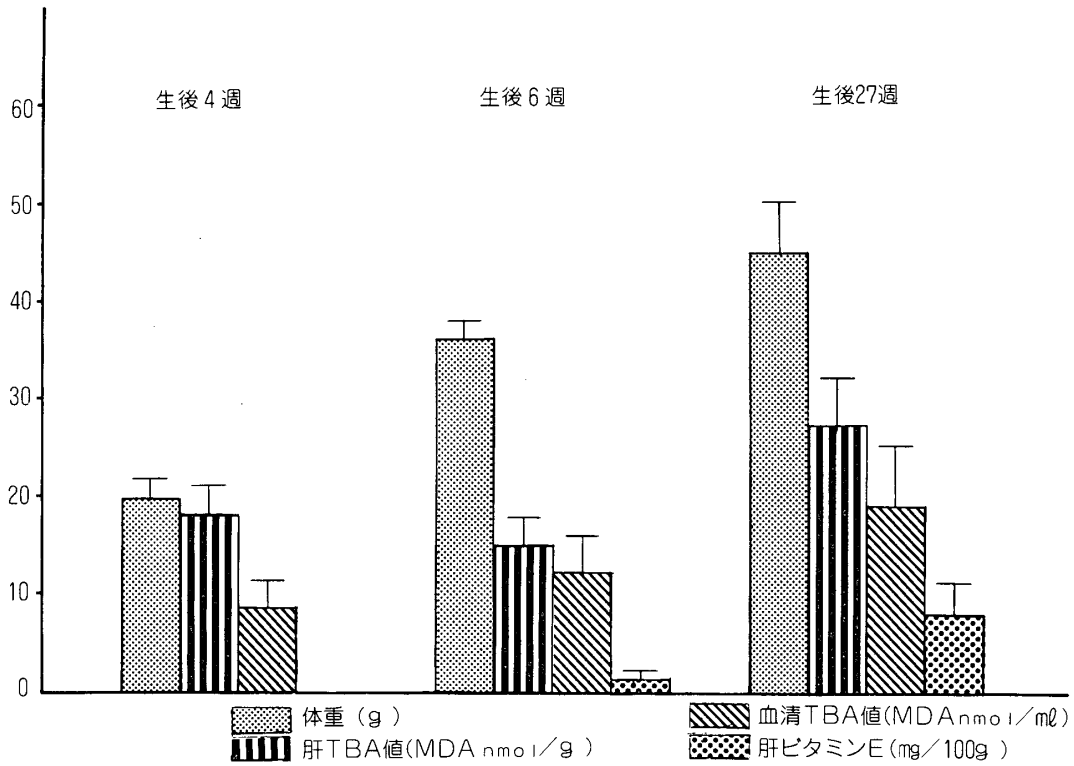


図4 マウスの肝TBA値および肝ビタミンEにおよぼす加齢の影響

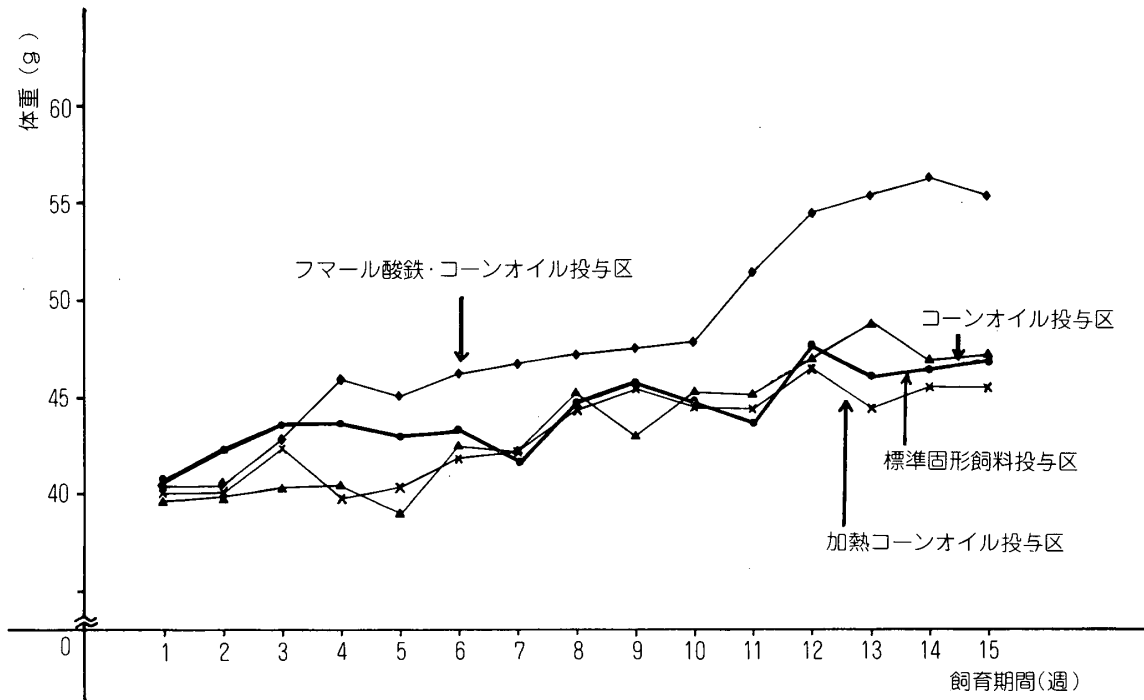


図5 マウスの飼料別生育曲線

表4 合成飼料の摂取量 (g/頭/日)

区 分	飼育期間	飼育期間						M±SD	
		1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60		
フマル酸鉄・コーンオイル投与区		3.4	3.8	3.3	4.2	3.4	4.4	4.7	3.9±0.6
加熱コーンオイル投与区		2.7	3.5	3.4	4.0	3.6	3.8	4.1	3.6±0.5
コーンオイル投与区		2.9	4.6	4.0	4.5	2.8	4.9	5.1	4.1±0.9
標準固形飼料投与区		6.2	3.9	5.1	4.8	4.8	5.1	5.1	4.8±0.5

表5 マウス血清TBA値, コレステロール, 肝TBA値およびビタミンEにおよぼす鉄および加熱油の影響

区 分	マウス No.	体 重 (g)	血清TBA値	血清コレステ	肝 T B A 値		肝 ビ タ ミ ン E	
			MDA nmol/ml	ロール mg/dl	MDA nmol/g	MDA γ/頭	mg %	γ/頭
コーンオイル・フマル酸鉄投与区	1	51.8	24.2	4 3 1	44.06	18.42	16.22	308.18
	2	58.7	28.6	—	27.81	12.24	1.95	39.00
	3	59.9	31.5	3 9 8	28.15	18.27	3.36	99.12
	4	53.2	31.1	5 2 5	—	—	5.67	110.57
	5	59.6	26.9	5 7 3	29.45	13.28	5.68	116.44
	6	48.5	18.9	5 6 3	38.95	16.28	5.00	95.00
	M±SD	55.3±4.8	26.9±4.8	498±79	33.68±7.39	15.69±2.83	7.19±5.13	92.03±30.87
加熱コーンオイル投与区	1	48.3	17.1	4 9 8	23.20	9.95	0	0
	2	48.6	30.9	5 1 5	25.81	11.36	0.36	7.2
	3	40.0	21.5	4 3 2	25.07	11.03	0	0
	4	44.6	26.2	5 1 3	21.92	10.61	0	0
	5	46.0	25.2	5 8 3	18.56	7.72	3.18	60.10
	6	45.6	25.2	5 1 7	23.63	13.00	3.93	98.25
	M±SD	45.5±3.1	24.4±4.7	509±48	23.03±2.59	10.61±1.75	1.25±1.81	27.59±41.83
コーンオイル投与区	1	41.7	40.3	2 2 6	18.33	7.46	9.88	182.78
	2	51.3	38.0	2 6 7	22.78	9.52	8.43	160.17
	3	36.2	12.8	2 5 0	12.31	2.71	11.65	116.50
	4	58.3	30.3	—	12.92	7.11	6.87	171.75
	5	—	—	—	16.30	3.94	14.73	162.03
	M±SD	46.9±9.9	30.4±12.5	243±20	16.53±4.28	6.15±2.77	10.31±3.04	158.65±25.22
標準固形飼料投与区	1	48.9	17.6	1 9 6	26.33	10.43	10.02	180.36
	2	43.7	—	—	27.93	11.49	8.03	150.16
	3	46.3	17.5	2 6 0	20.34	7.16	6.18	98.88
	4	48.3	26.0	2 5 0	24.82	9.28	2.61	44.37
	5	47.2	10.3	2 4 3	35.29	13.97	9.75	175.50
	6	35.3	23.9	2 6 3	29.13	7.37	11.72	134.78
M±SD	45.1±5.2	19.1±6.2	242±27	27.31±4.96	9.90±2.56	8.05±3.27	130.68±51.68	

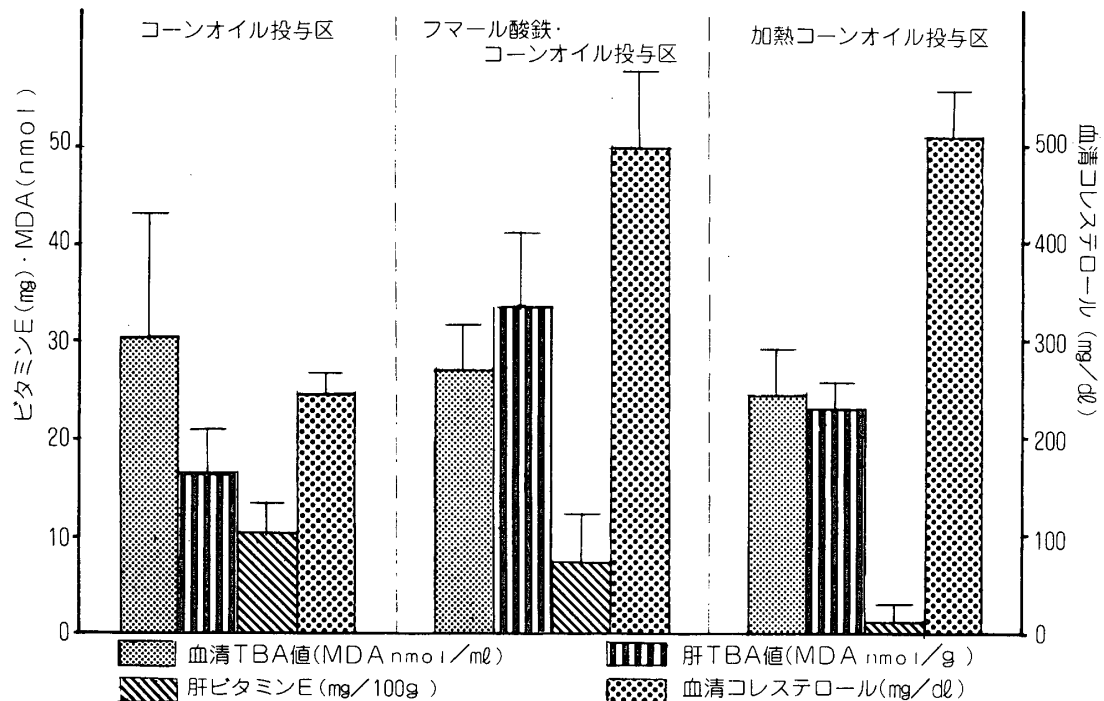


図6 マウスのTBA値、コレステロールおよびビタミンEにおよぼす加熱コーンオイルおよび Fe^{2+} 投与の影響

差がみられなかった。即ち肝TBA値と血清コレステロールは、無処理コーンオイル区に比べ、フマル酸鉄投与区、加熱コーンオイル投与区が有意に高く、肝ビタミンEは逆に有意に低値だった。これら測定成分間の関係は血清コレステロールと肝TBA値(MDA γ /頭)の間に $r = 0.43$ ($P < 0.1$)の相関性を、血清コレステロールと肝ビタミンE (mg/100g)の間に $r = -0.68$ ($P < 0.01$)と有意の逆相関を認めた(図7, 図8)。又肝ビタミンEと肝TBA値は、わずかに逆相関を示し、血清TBA値と肝TBA値(MDA γ /頭)は $r = 0.21$ と相関性が低かった。

又、血清および肝組織の脂肪酸組成の飼料による変動を図9にしめたが、血清においては $C_{20=4}$ が加熱コーンオイル投与区、フマル酸鉄投与区でわずかに増加したが全般に飼料による影響は少なかった。一方肝組織の脂肪酸組成は加熱コーンオイル投与区で $C_{18=0}$ が増加し、 $C_{18=2}$ が著しく減少しており飼料の影響が認められた。

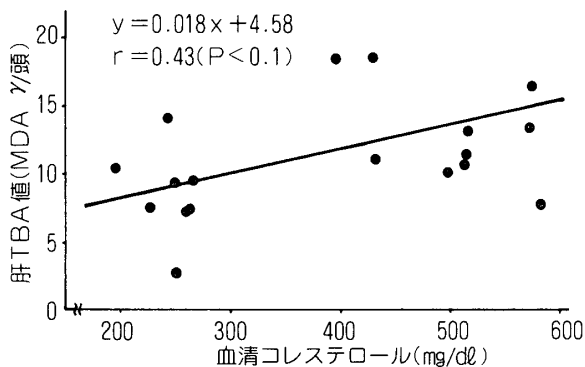


図7 マウスの血清コレステロールと肝TBA値の関係

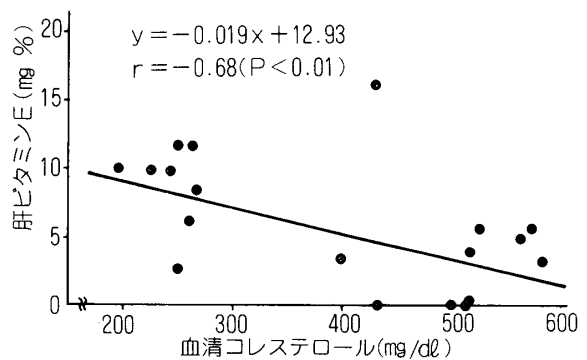


図8 マウスの血清コレステロールと肝ビタミンEの関係

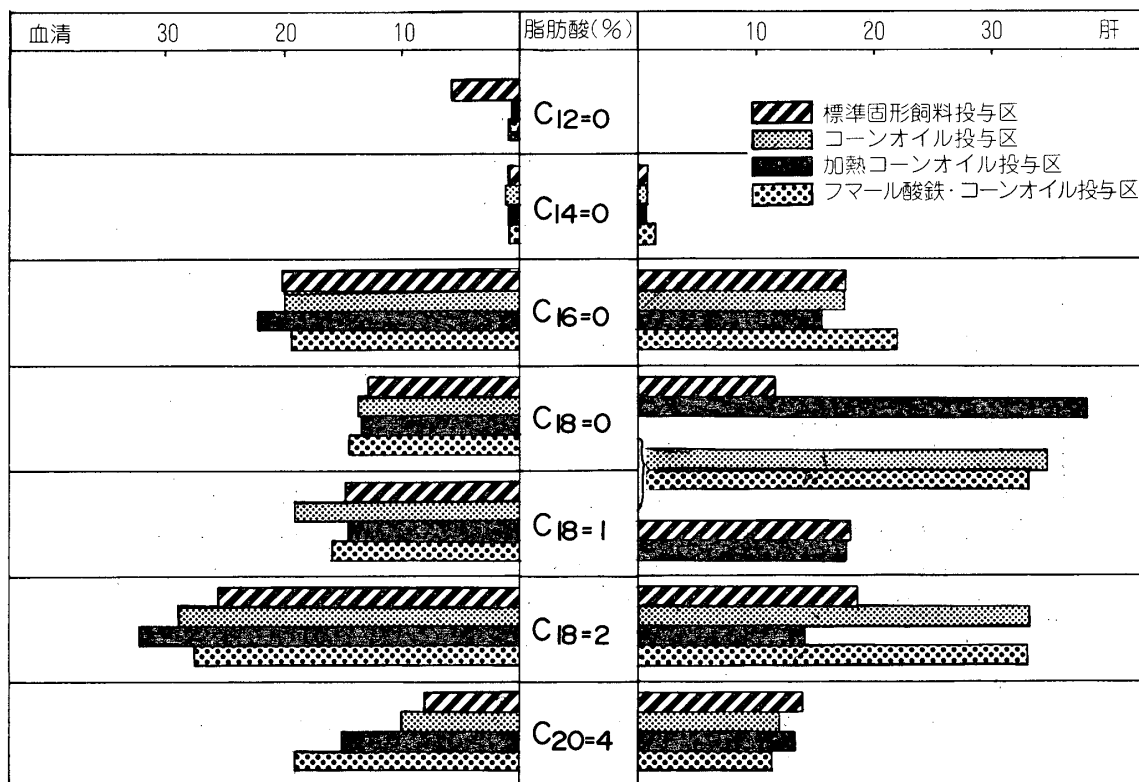


図9 マウスの血清および肝の脂肪酸組成におよぼす飼料の影響

考 察

1. 加齢と血清および肝TBA値の関係

本実験において生後4～27週間の飼育によって体重に顕著な差を生じたため、一応加齢の指標として体重を採用したが、マウスの体重と肝および血清TBA値の間に有意の相関性を認めた。過酸化脂質は多価不飽和脂肪酸がラジカルを經由して生成されるが、生体膜には多量の多価不飽和脂肪酸が含まれているため加齢に伴って過酸化脂質の生成が進行するものと推察される。また血管障害の他、腎不全、腓疾患、関節リウマチ等種々の疾患と過酸化脂質の関係について多くの報告があるが、⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ 特に成人病といわれる動脈硬化や糖尿病との関係が注目されている。一方生体内には脂質過酸化の防御機構として Superoxide dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GSH-px), Catalase 等による活性酸素、過酸化水素および過酸化脂質の無毒化作用が存在するとともに、ビタミンEによる活性酸素や脂肪酸のフリーラジカル消去作用がある。またビタミンE欠乏によって出現する顆粒、セロイドと老化組織にみられるリポフスチンが類似しているところから、老化と過酸化脂質およびビタミンEの関係について種々の報告がみられるが一致した見解がえられていない。内藤⁽⁷⁾、阿部⁽⁸⁾、平井⁽⁹⁾らはラットまたはマウスを用いた動物実験により、内藤らは加齢とともに血清TBA値の上昇を認め、阿部らはマウス脳のTBA値が加齢とともに上昇、肝TBA値は変化がないと報告している。平井らも脳のTBA値が加齢とともに上昇することを認めているが、ビタミンE投与については、平井はTBA値が減少するとしているのに対して、阿部は投与の効果なしと報告している。また人についても多数

の報告¹⁰⁻¹⁷⁾があり、辻井ら¹⁰⁾は加齢による血清MDA値の上昇を認めており、Leitner,¹²⁾ Desai,¹³⁾ Lewis,¹⁴⁾ 清水¹⁵⁾らは加齢とともに血清ビタミンEの上昇を認め、血清ビタミンEと血清コレステロールとの間に高い相関性があると報告している。著者らは肝ビタミンEが生後6週より27週が増加することを認め、成育とともに摂取飼料のビタミンが蓄積されるものと推察したが、加齢に従って過酸化脂質が増加しビタミンEの消費が増大すると考えられるにもかかわらず、ビタミンEが増加することについては検体数を増して検討したく思う。

2. 血清および肝TBA値におよぼす飼料の影響

過酸化脂質の生成に対するフリーラジカルや不飽和脂肪酸の影響および飼料中の過酸化脂質の生体への影響をみるため、マウスを無処理コーンオイル投与区の対照と、200℃ 10時間加熱コーンオイル投与区およびフマル酸鉄添加区、そして標準固形飼料投与区の4群にわけて飼育した結果、肝TBA値はフマル酸鉄添加区と加熱コーンオイル投与区において有意に上昇した。過酸化脂質生成に対するFe²⁺の影響はF. Edmund, H.¹⁾ 吉岡,²⁾ 橋本³⁾らが*in vitro*において報告しているが、*in vivo*による本実験においても同様な傾向がえられた。また加熱コーンオイル投与区の方は200℃ 10時間加熱によってMDA 6nmol/g 含有しているため、飼料の影響によるものと思われる。血清TBA値は試験区3群間に顕著な差はみられなかったが、これは過酸化脂質はまず細胞内に蓄積して細胞が何らかの原因で損傷をうけた時血液中へ移行するといわれているため、食餌中のTBA陽性物質の影響が血清より肝組織に顕著に現われたものと考えられる。

肝ビタミンEについては肝TBA値の高かったフマル酸鉄投与区と加熱コーンオイル投与区が低値をしめしたが、前者は鉄による脂質過酸化反応促進を抑制するための消費、また後者は飼料よりの過酸化脂質除去のための消費と、加熱による飼料中ビタミンEの減少のためと考えられる。ビタミンEの摂取と肝TBA値との関係については、内藤,⁷⁾ 真杉,⁵⁾ Kensuke K,¹⁸⁾らはいずれもビタミンE欠乏によって肝TBA値が増加することを認めており、著者らの結果に一致する。

血清コレステロールもフマル酸鉄投与区と加熱コーンオイル投与区が対照区に比べて有意に高値をしめしたが、フマル酸鉄投与区は鉄添加による肝TBA値の増加よりもむしろ不飽和脂質の代謝異常が考えられる。また加熱コーンオイル投与区は加熱処理によって、C₁₈₌₂がわずかながら減少しているため飼料の影響と思われる。平原ら¹⁹⁾も血清コレステロールは酸化油脂投与で上昇傾向があるとし、また軽度酸化油脂を投与したラットは体重増加量が少く、ビタミンE多量投与によって体重の増加抑制は小さくなることを報告している。本実験においても加熱油投与区で飼育後期に体重の減少を認め、肝ビタミンEは最低値をしめしたことより、脂質過酸化物の増加が生体に害作用をおよぼすことが考察された。

多価不飽和脂肪酸は血清コレステロール低下作用があり、虚血性心疾患予防に有効といわれているが、一方ビタミンEなど抗酸化剤が不足していると、過酸化脂質が増加し、老化や種々の疾患の誘因になるとの報告も多く、入谷,²⁰⁾ 佐藤²¹⁾らも硬化油や牛脂投与群よりコーンオイル投与群の方が肝TBA値が著増することを認めている。佐藤らは牛脂40%投与では肝機能の異常がなく、コーンオイル40%投与によって血清GPTの上昇を認めると報告している。従って多価不飽和脂肪酸とビタミンEなど抗酸化剤の摂取比率は従来、 $\frac{\text{ビタミンE(mg)}}{\text{高度不飽和脂肪酸(g)}} > 0.6$ がよいといわれているが、さらに最適な比率の検討が今後の問題と思われる。

なお飼料による血清および肝組織の脂肪酸組成への影響は血清の場合ほとんど認められなかったが、肝組織においては加熱コーンオイル区でC₁₈₌₀と、C₁₈₌₁の和が増加しC₁₈₌₂

が著しく減少した。これはコーンオイルを200°C10時間加熱した場合、 $C_{18=0}$ 、 $C_{18=1}$ が増加し $C_{18=2}$ が減少したため飼料による影響と思われる。佐藤²¹⁾、平原¹⁹⁾らもコーンオイル投与における肝組織に不飽和脂肪酸の増加および酸化油脂投与によるリノール酸の減少を認めている。

要 約

1. 加齢と血清ならびに肝TBA値との関係を見るために、マウスを標準固形飼料で飼育し、生後4,6,27週目の肝および血清TBA値とコレステロール等を測定した結果、生後6週間と27週間を比べると、肝TBA値は1%の危険率で、血清TBA値と血清コレステロールは5%の危険率でいずれも27週間のもの有意に高値をしめした。

また加齢現象の指標に体重を採用して肝TBA値(MDA γ /頭)ならびに血清TBA値との関係を見ると、各々 $r=0.75$ ($P<0.01$)、 $r=0.76$ ($P<0.01$)と高い相関性をしめした。血清TBA値と肝TBA値の間には相関性は認められなかった。

2. 生体中の過酸化脂質におよぼす飼料の影響を検討するため、生後15週間のdd系♂マウス6頭を1群としてコーンオイル・フマル酸鉄投与区、加熱コーンオイル投与区、コーンオイル投与区、標準固形飼料投与区の4群にわけ15週間飼育した結果、生育はフマル酸鉄投与区が一番よく、加熱コーンオイル投与区は飼育後期に体重の減少をみた。またコーンオイル投与区に比べてフマル酸鉄投与区と加熱コーンオイル投与区は肝TBA値、血清コレステロールが有意に増加し、肝ビタミンEは減少した。血清TBA値は各群間に有意差が認められなかった。

3. 血清および肝組織の脂肪酸組成におよぼす飼料の影響は、血清にはほとんど認められなかったが、加熱コーンオイル投与区の肝組織において $C_{18=0}$ が増加し、 $C_{18=2}$ が著しく減少した。

文 献

- 1) F. Edmund Hunter et al. : J. Biol. Chem., 238, 828~835 (1963)
- 2) 吉岡保, 関場香: 脂質生化学研究, 19, 297~299 (1977)
- 3) 橋本郷之助他: 岡山医学誌, 88, 931~939 (1976)
- 4) 八木国夫: ビタミン, 49, 403 (1975)
- 5) 真杉文紀, 中村哲也: ビタミン, 51, 21~29 (1977)
- 6) 小原哲二郎他: 食品分析ハンドブック, 294 建帛社 (1974)
- 7) 内藤周幸他: 脂質生化学研究, 20, 265~268 (1978)
- 8) 阿部直理他: 脂質生化学研究, 20, 269~272 (1978)
- 9) 平井俊策: ビタミン, 51, 234~237 (1977)
- 10) 辻井正他: 奈医誌, 27, 480~488 (1976)
- 11) 秦葭哉他: 第2回日本過酸化脂質研究会発表要旨 (1978)
- 12) Leitner, Z. A. : Brit. J. Nutr., 14, 281 (1964)
- 13) Desai, I. D. & Lee, M. : Am. J. Clin. Nutr., 27, 334 (1974)
- 14) Lewis, J. S. et al. : Am. J. Clin. Nutr., 26, 133 (1973)
- 15) 清水能人他: 臨床栄養, 53, 173~175 (1978)
- 16) Harman, D. : J. Gerontol., 23, 476 (1968)
- 17) Packer, L. and Smith, J. R. : Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A., 71, 4763 (1974)
- 18) Kensuke Kameda, et al. : J. Nutr. Sci. Vitaminol., 23, 549~552 (1977)
- 19) 平原文子他: 栄養学雑誌, 36, 3~10 (1978)
- 20) 入谷信子他: 栄食, 29, 481 (1976)
- 21) 佐藤文代他: 第29回日本栄養食糧学会発表要旨 (1975)