

# 厚生科学特別研究

「N-3系脂肪酸の摂取とJapanese paradox」

平成10年度総括研究報告書

および

平成8-10年度総合研究報告書

国立健康・栄養研究所

斎藤 衛郎

平成10年度総括研究報告書  
N-3系脂肪酸の摂取とJapanese paradox

斎藤衛郎  
国立健康・栄養研究所  
食品科学部  
食品成分代謝研究室長

【研究要旨】

実験1では、ドコサヘキサエン酸(DHA)の摂取変化に伴う組織脂質過酸化反応感受性の変化を過酸化脂質スカベンジャー成分の変動と組織脂質脂肪酸組成の変化との関連から、成熟ラットを用いて検討するとともに、日本型の食生活から多く摂取されるポリフェノール系抗酸化剤であるルチンの影響についても検討し、以下の結果を得た。

(1) 肝臓、腎臓、心臓の総脂質脂肪酸組成では、DHAの投与によってDHAのレベルが上昇したが、心臓と肝臓での上昇が著しく、腎臓での上昇は少なかった。睾丸では、DHAレベルの上昇は非常に低く、脳ではほとんど変動しなかった。(2) 血清と肝臓において、摂取するDHAのエネルギー%の上昇とともに過酸化脂質が増加し、スカベンジャー成分ではVEが減少した。このことから、飼料中DHAレベルの上昇は生体内過酸化脂質を増加させるとともにVEの要求量が高めることが成熟ラットでも確認された。(3) 肝臓では、共役ジエン量とケミルミネッセンス強度は、組織総脂質の脂肪酸組成から計算される過酸化脂質生成の指標であるperoxidizability index(P-Index)の変動とほぼ一致していた。しかし、TBA値はP-Indexから予測されるほどには高まらなかった。これは、生体内の過酸化脂質生成過程において、脂質過酸化反応を初期の段階からさらに進行するのを抑制するメカニズムが働いたためと考えられ、幼若ラットでは見られない変化であった。(4) 腎臓、睾丸、脳、心臓においては、過酸化脂質の生成は高まらず、VEの減少も比較的少なかった。組織によってアスコルビン酸やグルタチオンの生成が高まったことも過酸化脂質の生成抑制に関与していると思われる。(5) 幼若ラットと比べると、成熟ラットの生体内では過酸化脂質の生成を抑制するメカニズムが効果的に働いていると推測される。また、組織脂質脂肪酸組成中のDHAが増加しにくいことも過酸化脂質を増加させにくい要因の一つと考えられる。(6) フラボノイド系抗酸

化剤の一つであるルチンによる影響は、血清の過酸化脂質生成に対して抑制傾向が認められたが、組織の過酸化脂質生成に対しては有意な影響は見られなかった。

実験2では、n-3系高度不飽和脂肪酸の $\alpha$ -リノレン酸、EPA、DHAの組み合わせによる血清脂質改善作用と組織過酸化脂質生成との関連を検討し、以下の結果を得た。

(1) 血清での過酸化脂質生成は高レベルDHA群で高まっていたが、血清GOT、GPTの活性にはほとんど変化が見られず、n-3系脂肪酸を投与した全ての群で組織実質細胞の傷害は起きていなかった。(2) 肝臓の過酸化脂質レベルは、DHAを主成分とする群(DHA群)と高レベルDHA群で、特に後者で著しく高まり、逆にVEは最も低値を示した。また肝臓では、アスコルビン酸やグルタチオンが高レベルに維持されていることから、このことがVEの抗酸化能を高める要因になっていると考えられた。(3) 腎臓では、EPAを主成分とする群(EPA群)、n-3系脂肪酸の等量混合群及びDHA群のTBA値のみが有意に高まっていたが、対照群との差はわずかであった。過酸化脂質スカベンジャー成分のレベルにも大きな変化がなかったことから、腎臓では肝臓ほどには、過酸化脂質が生成されないことが成熟ラットでも認められた。(4) 睪丸では、共役ジエン量とTBA値がDHA群でのみわずかではあるが有意に増加した。しかし、過酸化脂質スカベンジャー成分のレベルは大きくは変動せず、睪丸は過酸化脂質が増加しにくい組織であることを再確認した。

(5) 心臓での過酸化脂質の生成は、共役ジエン量が良いレスポンスを示したが、TBA値は高レベルDHA群でのみ増加していた。また、VEレベルが測定した組織の中で最も高く、アスコルビン酸やグルタチオンの大きな変化も見られなかったことから、心臓は脂質過酸化反応が進行しにくい組織であることが考えられる。(6) 血清脂質濃度は、n-3系脂肪酸を投与した全ての群で有意に減少し、血清脂質の改善作用が見られたが、その作用はDHA群ないし高レベルDHA群で強い傾向にあった。(7) n-3系高度不飽和脂肪酸を摂取した場合でも組織の過酸化脂質を著しく高めず、なおかつ、血清脂質の改善効果を十分に引き出すための組み合わせは、 $\alpha$ -リノレン酸を豊富にしたとき( $\alpha$ -リノレン酸:EPA:DHA=5.5:1.0:1.0)、および $\alpha$ -リノレン酸、EPA、DHAの各脂肪酸を等量ずつ混合したときが最適と推察された。

### 【研究目的】

魚油に特異的に多く含まれるEPA、DHA等のn-3系の脂

脂肪酸は非常に酸化されやすく、生体内において過酸化脂質・フリーラジカルを生成し、抗酸化剤としてのV Eの要求量をも高める事は周知の事実である(1-4)。従って、過酸化脂質・フリーラジカルの生成亢進に伴う種々の有害な、例えば、動脈硬化を伴う循環器疾患等の発症率の増加が予想される。しかし、イヌイット(5、6)や日本人のように魚食民族に循環器疾患の発症が少ないことを考える時、これらのn-3系脂肪酸は、生体内ではその酸化のされ易さから予測される程には過酸化脂質・フリーラジカルの生成は高まっておらず、有害な影響も及ぼしていないのではないかと想像される。平成8、9年度と過去2年に渡ってこうした推察を裏付ける結果を示し、これをjapanese paradoxとして提唱して来た。3年目の本年度は、D H Aを摂取した場合でも、その酸化のされ易さ(P-Index)から予測される程には過酸化脂質の生成を高めないその抑制機構が、従来用いてきた幼若ラットの代わりに成熟ラットを用いた場合でも同様に発現するのかについて比較検討した(実験1)。また、n-3系脂肪酸の摂取で、たとえ低レベルでも過酸化脂質・フリーラジカルの生成が長期に維持され続けると、生体に有害な影響を惹起する可能性は否定できない。そこで、n-3系脂肪酸を摂取した場合でも、組織の過酸化脂質を著しく高めず、なおかつ、その生理的有効性、とくに血清脂質の改善効果を十分に引き出すためのn-3系脂肪酸の $\alpha$ -リノレン酸、E P A、D H Aの適正な組み合わせ(混合比率)についても検討した(実験2)。

## 【研究方法】

### 実験1

実験には、1年齢のS D系の雄ラット(体重500-750g)を使用した。試験飼料の組成はTable 1に示すように、A I N-76組成に準じて調製したが、脂質レベルは重量%で10%(エネルギー%では21.6%)とした。オリーブ油、サフラワー油、純度約78%のD H Aエチルエステルを混合して、飼料中のD H Aのレベルがエネルギー%で0(対照群)、0.5、1.0、3.1、8.4%になるようにするとともに、D H Aの最大レベルの群にはポリフェノール系の抗酸化剤であるルチンを重量%で1.0%添加した群も設けた。対照群は、リノール酸(L A)のレベルがD H Aの最大レベルとほぼ等しい8.9エネルギー%とした。D H Aを投与した群も、L Aを必須脂肪酸としての最少必要レベルの約2エネルギー%を含むようにした。V Eのレベルは飼料100g中で20IU(R R R- $\alpha$ -トコフェロールとして13.4mg)に統一した。その時の飼料脂質の脂肪酸組成をTable 2に

Table 1 群及び試験飼料組成 (実験1)

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群 <sup>i)</sup>
LA level (en%) <sup>ii)</sup>	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (en%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4
基本飼料組成・・・90% (wt%) <sup>iii)</sup>						
油脂・・・10% (wt%)						
I) Olive oil	5	9.23	8.85	7.1	3.5	3.5
II) Safflower oil	5	0.42	0.45	0.6	0.9	0.9
III) DHA conc.	0	0.35	0.70	2.3	5.6	5.6

基本飼料組成 (wt%) は、カゼイン20%、DL-メチオニン0.3%、グルコース22.5%、セルロース粉末5.0%、 $\alpha$ -ゴンスターチ15.0%、シュクロース22.5%、ビタミンE粉末、ビタミン混合 (AIN)1.0%、重酒石酸コリン0.2%、ミネラル混合 (AIN)3.5%からなる。

- i) 6群のみ、シュクロース22%、グルコース22%、ルチン1.0%
- ii) en%;エネルギー%
- iii) 基本飼料組成はAIN-76に準じる; VEレベルは20 IU/100gdietに統一 (13.4mg RRR- $\alpha$ -tocopherol当量)

Table 2 飼料脂質脂肪酸組成 (%) (実験1)

Group	1群	2群	3群	4群	5・6群
LA level (%)	8.9	2.0	1.9	2.1	2.1
DHA level (%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4
Fatty acid					
14:0				0.5	0.7
14:1(n-7)		0.2			
16:0	8.7	9.7	9.4	8.0	4.9
16:1(n-7)	0.6	0.8	0.7	0.6	0.5
16:2(n-7)		0.1	0.1	0.2	
18:0	2.8	2.8	2.9	2.4	1.5
18:1(n-9)	45.4	72.2	70.1	57.3	30.6
18:2(n-6)	41.0	9.1	8.9	9.2	9.5
20:0		0.6	0.5	0.4	0.4
18:3(n-3)	0.9	0.3	0.3	0.4	0.5
20:1(n-9)		0.5	0.6	0.5	0.4
20:2(n-6)				0.2	0.1
20:3(n-9)		0.2	0.3	0.5	0.6
20:3(n-6)			0.2	0.7	1.9
20:4(n-6)		0.5	0.7	0.7	0.7
20:4(n-3)				0.2	0.2
20:5(n-3)		0.2	0.3	0.7	1.3
24:1(n-9)		0.2	0.2	1.0	1.9
22:4(n-6)					0.5
22:5(n-6)		0.2	0.3	0.9	2.5
22:5(n-3)		0.2	0.3	0.9	2.3
22:6(n-3)		2.2	4.4	14.5	38.6
others	0.6				0.4
Polyunsaturates (%) 41.9      13.0      15.8      29.1      58.7					
Monounsaturates (%) 46.0      73.9      71.6      59.4      33.4					
Saturates (%) 11.5      13.1      12.8      11.3      7.5					
P/S ratio 3.64      0.99      1.23      2.58      7.83					
n-6 (%) 41.0      9.8      10.1      11.7      15.2					
n-3 (%) 0.9      2.9      5.3      16.7      42.9					
n-6/n-3 ratio 45.6      3.4      1.9      0.7      0.4					
DBI <sup>i)</sup> 1.3      1.1      1.3      1.9      3.3					
P-Index <sup>ii)</sup> 42.8      25.3      38.3      98.0      237.2					

i) Double Bond Index : 平均二重結合数

ii) Peroxidizability Index : (dienoic%×1) + (trienoic%×2) +  
(tetraenoic%×3) + (pentaenoic%×4) + (hexaenoic%×5)

示す。対照群はリノール酸を41.0%含み、DHA群は、DHAをそれぞれ2.2、4.4、14.5、38.6%含んでいる。その他の脂肪酸としては、大半はオレイン酸である。脂肪酸組成から計算したP-Indexから、DHA群は、対照群と比べてそれぞれ約0.6、0.9、2.3、5.5倍酸化され易いことになる。

本飼料を自由摂取として1ヶ月間与えた。なお、飼育中は、飼料中のDHAの酸化を出来るだけ抑えるために、 $-80^{\circ}\text{C}$ で保存しておいたDHA濃縮油を飼料投与直前に混合するとともに、夕方飼料を与え翌朝取り除く方法を取った。飼育終了後、心臓採血により血液を採取するとともに、組織を取り出して分析に供した。

分析項目は、血清の過酸化脂質量(TBA値と水溶性蛍光物レベル)および組織の過酸化脂質量(共役ジエン量、ケミルミネッセンス強度、TBA値と肝臓ミクロソームのリポフシン量)および過酸化脂質のスカベンジャー成分レベル(4)、さらに、組織脂質の脂肪酸組成をキャピラリーカラムを用いたガスクロマトグラフィ法(7)で分析した。

## 実験2

実験1と同様に行ったが、ここでは幼若ラット(体重70-90g)を用いて行った。飼料脂質は、Table 3に示すように、ラードとサフラワー油を基本とし、それらにしそ(Perilla)油、EPA濃縮油(純度97%)およびDHA濃縮油(純度92%)を混合して調製した。その時の、飼料中の各群の $\alpha$ -リノレン酸( $\alpha$ -LN)、EPA、DHAのレベルはTable 3に示す通りである。対照群は総多価不飽和脂肪酸のレベルが各n-3系脂肪酸を混合した群の総多価不飽和脂肪酸のレベルとほぼ等しい2群(G2; 高LA群)とした。VEのレベルは飼料100g中で10IU( $\text{RRR-}\alpha$ -トコフェロールとして6.7mg)となるように調製した。この時の飼料脂質の脂肪酸組成をTable 4に示す。対照群はLAを約62%含み、LA群はLAを約23%、 $\alpha$ -LN群は $\alpha$ -LNを約25%、EPA群はEPAを約24%、等量混合群は $\alpha$ -LN、EPA、DHAをそれぞれ約13%前後、DHA群はDHAを26%、高レベルDHA群はDHAを約45%含んでいる。各n-3系脂肪酸群はLAをLA群とほぼ等しい20%程度含んでいる。脂肪酸組成から計算したP-Indexから、 $\alpha$ -LN群は対照群の約1.9倍、EPA群は約2.8倍、DHA群は3.3倍、高レベルDHA群は約4倍酸化され易いことになる。本飼料を自由摂取として1ヶ月間与えた。その他の方法は実験1と基本的に同じである。

Table 3 群及び試験飼料組成 (実験2)

Group	LA群 (G1)	高レベルLA群 (対照群) (G2)	$\alpha$ -LN群 (G3)	EPA群 (G4)	等量混合群 (G5)	DHA群 (G6)	高レベルDHA群 (G7)
LA level (en%) <sup>i)</sup>	4.9	13.4	5.2	4.6	4.6	4.4	4.0
$\alpha$ -LN level (en%)	0.1	0.1	5.5	1.8	2.8	1.5	
EPA level (en%)			1.0	5.1	3.1	2.2	0.3
DHA level (en%)			1.0	1.7	3.0	5.6	9.7
基本飼料組成・・・90% (wt%) <sup>ii)</sup>							
油脂・・・10% (wt%)							
I) Lard	8	2	3	3	3	3	3
II) Safflower oil	2	8	2	2	2	2	2
III) Perilla oil			4	1.2	2	1.1	
IV) EPA conc. <sup>iii)</sup>			0.5	2.7	1.5	1.0	
V) DHA conc. <sup>iv)</sup>			0.5	1.1	1.5	2.9	5

基本飼料組成 (wt%) は、カゼイン20%、DL-メチオニン0.3%、グルコース22.5%、セルロース粉末5.0%、 $\alpha$ -コンスターチ15.0%、シュクロース22.5%、ビタミンE粉末、ビタミン混合 (AIN)1.0%、重酒石酸コリン0.2%、ミネラル混合 (AIN)3.5%からなる。

i) en%: エネルギー%

ii) 基本飼料組成はAIN-76に準じる; VEレベルは10IU/100g dietに統一(6.7mg RRR- $\alpha$ -tocopherol当量)

iii) 純度96.6%

iv) 純度91.6%



Table 4 飼料脂質脂肪酸組成 (%) (実験2)

Group	LA群 (G1)	対照群 (G2)	$\alpha$ -LN群 (G3)	EPA群 (G4)	等量混合群 (G5)	DHA群 (G6)	高レベルDHA群 (G7)
LA level (%)	4.9	13.4	5.2	4.6	4.6	4.4	4.0
$\alpha$ -LN level (%)	0.1	0.1	5.5	1.8	2.8	1.5	
EPA level (%)			1.0	5.1	3.1	2.2	0.3
DHA level (%)			1.0	1.7	3.0	5.6	9.7
Fatty acid							
14:0	1.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5
14:1(n-7)	0.2						
16:0	22.2	11.4	11.6	11.5	10.2	9.8	9.1
16:1(n-7)	2.1	0.6	0.8	1.0	0.8	0.9	0.9
16:2(n-7)	0.2						
17:0	0.4		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
18:0	11.4	4.4	5.3	5.0	5.0	4.8	4.7
18:1(n-9)	36.7	17.4	20.7	16.9	18.4	17.3	15.7
18:2(n-6)	22.6	62.1	23.9	21.3	21.4	20.2	18.4
18:3(n-3)	0.5	0.4	25.3	8.3	12.8	7.1	0.2
20:1(n-9)	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
20:3(n-6)	0.7	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3
20:4(n-6)	0.3		0.2	0.7	0.6	0.7	0.9
20:4(n-3)				0.3	0.3	0.3	0.3
20:5(n-3)			4.8	23.7	14.4	10.1	1.2
22:5(n-6)					0.1	0.2	0.3
22:5(n-3)			0.1	0.2	0.3	0.6	1.0
22:6(n-3)			4.4	7.9	13.8	26.0	44.8
others	1.0	2.4	1.5	1.8	0.6	0.8	1.3
Polyunsaturates (%)							
Polyunsaturates (%)	24.2	62.8	59.1	62.7	64.1	65.5	67.4
Monounsaturates (%)	39.4	18.4	21.8	18.1	19.4	18.4	16.8
Saturates (%)	35.4	16.4	17.6	17.4	15.9	15.3	14.5
P/S ratio	0.7	3.8	3.4	3.6	4.0	4.3	4.6
S : M : P	1.5:1.6:1.0	0.3:0.3:1.0	0.3:0.4:1.0	0.3:0.3:1.0	0.2:0.3:1.0	0.2:0.3:1.0	0.2:0.2:1.0
n-6 (%)	23.6	62.4	24.5	22.3	22.5	21.4	19.9
n-3 (%)	0.5	0.4	34.6	40.4	41.6	44.1	47.5
n-6/n-3 ratio	47.2	156.0	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
DB I <sup>i)</sup>	0.9	1.4	2.0	2.6	2.6	3.0	3.4
P-Index <sup>ii)</sup>	26.1	63.5	117.5	176.6	178.7	211.6	257.0

i) Double Bond Index : 平均二重結合

ii) Peroxidizability Index : (dienoic% $\times$ 1) + (trienoic% $\times$ 2) + (tetraenoic% $\times$ 3) + (pentaenoic% $\times$ 4)  
+ (hexaenoic% $\times$ 5)

## 【研究結果】

### 実験 1

Table 5 に血清、肝臓、腎臓における過酸化脂質の変化を示す。血清の TBA 値は DHA 投与レベルの増加に伴い増加し、DHA 最大群で有意に高値となっていた。ルチン群では値の低下がみられ、対照群との間に有意差がなくなっていた。ただし、DHA 最大群との間にも有意差はなく、顕著な低下効果ではなかった。血清の水溶性蛍光物レベルには、有意な変化はなかった。肝臓ミクロソームの共役ジエン量の変化をタンパク質単位重量あたりで見ると、DHA 最大群で増加傾向にはあるものの有意な変化ではなかった。しかし単位重量あたりで見ると、DHA 投与レベルの増加とともに増加し、DHA 3.1en% 群以上で有意な増加がみられた。これは、ミクロソームのタンパク質量が DHA 投与レベルの増加とともに著しい増加が見られたためと考えられる。ケミルミネッセンス強度と TBA 値は、DHA 最大群とルチン群にのみ有意な増加が認められ、全体的にルチンの過酸化脂質抑制効果は観察されなかった。肝臓ミクロソームのリポフシン量は (Table 5 には示していない)、タンパク質単位重量あたりでは有意な変化は見られなかったが、肝臓単位重量あたりにすると DHA 最大群とルチン群で有意な増加が観察された。ミクロソームのタンパク質量が DHA 投与レベルの増加とともに増加したためと考えられる。腎臓の共役ジエン量は多少増減は見られたが変化は少なく、むしろ投与レベルの少ない群で低下していた。TBA 値には全く有意な変化はみられなかった。ケミルミネッセンス強度では DHA 最大群で増加傾向にあるが有意ではなく、ルチン群で有意な増加が認められた。ルチンには腎臓で化学発光を増強するような作用があるのかもしれない。

Table 6 に睪丸、脳、心臓における過酸化脂質の変化を示す。睪丸は共役ジエン量、ケミルミネッセンス強度、TBA 値、全ての測定項目においてほとんど変化はみられなかった。脳では、共役ジエン量は他の組織とは逆に、全体的に DHA の投与で低下ないし低下傾向にあり、DHA 0.5en% と最大レベルの群では有意に減少していた。ケミルミネッセンス強度、TBA 値については変化がみられなかった。心臓の共役ジエン量はほとんど変化は見られなかった。TBA 値には変化はみられなかったが、肝臓や腎臓と同程度の高い値に維持されていた。測定した組織の過酸化脂質レベルを比較すると、全体的に腎臓が高い値を示す傾向にあり、睪丸が最もその生成が少なかった。

Table 7 に血清、肝臓、腎臓における過酸化脂質スカベンジャ

Table 5 血清、肝臓、腎臓における過酸化脂質の変化

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (en%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (en%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(+ルチン)
<b>Serum</b>						
TBA value (nmol MDA/ml)	4.4 ± 1.3 <sup>a</sup> (1.00)	4.3 ± 0.4 <sup>a</sup> (0.98)	3.7 ± 0.4 <sup>a</sup> (0.84)	5.1 ± 1.0 <sup>b</sup> (1.17)	8.7 ± 3.7 <sup>c</sup> (2.00)	6.9 ± 2.9 <sup>bc</sup> (1.57)
Water soluble fluorescence (Relative intensity)	3.2 ± 0.2 <sup>a</sup> (1.00)	3.2 ± 0.3 <sup>ab</sup> (1.00)	2.9 ± 0.1 <sup>a</sup> (0.91)	3.1 ± 0.4 <sup>a</sup> (0.97)	3.3 ± 0.2 <sup>bc</sup> (1.03)	3.5 ± 0.2 <sup>b</sup> (1.09)
<b>Liver</b>						
TBA value (nmol MDA/g liver)	133.4 ± 13.1 <sup>a</sup> (1.00)	116.8 ± 25.6 <sup>a</sup> (0.88)	127.8 ± 26.5 <sup>a</sup> (0.96)	134.4 ± 30.8 <sup>a</sup> (1.01)	168.4 ± 30.0 <sup>b</sup> (1.26)	170.3 ± 23.4 <sup>b</sup> (1.28)
Chemiluminescence intensity (count/30 sec.)	31.5 ± 20.0 <sup>a</sup> (1.00)	37.3 ± 14.7 <sup>a</sup> (1.19)	37.8 ± 23.6 <sup>a</sup> (1.20)	38.8 ± 19.8 <sup>a</sup> (1.23)	64.5 ± 23.3 <sup>b</sup> (2.05)	77.4 ± 14.7 <sup>b</sup> (2.46)
Microsomal conjugated diene (nmol/g liver)	85.8 ± 21.6 <sup>a</sup> (1.00)	97.6 ± 18.3 <sup>ab</sup> (1.14)	109.5 ± 19.1 <sup>ab</sup> (1.28)	121.4 ± 13.3 <sup>b</sup> (1.41)	174.4 ± 28.4 <sup>c</sup> (2.03)	160.5 ± 25.0 <sup>c</sup> (1.87)
Microsomal conjugated diene (nmol/mg protein)	15.6 ± 2.2 <sup>a</sup> (1.00)	16.1 ± 4.7 <sup>a</sup> (1.03)	15.5 ± 4.1 <sup>a</sup> (0.99)	15.6 ± 3.1 <sup>a</sup> (1.00)	18.5 ± 2.3 <sup>a</sup> (1.19)	17.8 ± 1.2 <sup>a</sup> (1.14)
Microsomal protein (mg/g liver)	6.2 ± 1.6 <sup>a</sup> (1.00)	7.2 ± 1.1 <sup>ab</sup> (1.16)	8.4 ± 1.3 <sup>b</sup> (1.35)	9.4 ± 2.1 <sup>bc</sup> (1.52)	11.6 ± 2.2 <sup>d</sup> (1.87)	11.3 ± 1.8 <sup>cd</sup> (1.82)
<b>Kidney</b>						
TBA value (nmol MDA/g kidney)	189.7 ± 9.0 <sup>a</sup> (1.00)	199.3 ± 8.7 <sup>a</sup> (1.05)	193.7 ± 7.5 <sup>a</sup> (1.02)	195.9 ± 8.8 <sup>a</sup> (1.03)	196.6 ± 12.5 <sup>a</sup> (1.04)	196.5 ± 16.4 <sup>a</sup> (1.04)
Chemiluminescence intensity (count/30 sec)	58.5 ± 17.7 <sup>a</sup> (1.00)	51.0 ± 20.5 <sup>a</sup> (0.92)	54.3 ± 21.2 <sup>a</sup> (0.93)	42.8 ± 9.7 <sup>a</sup> (0.73)	74.8 ± 28.4 <sup>ab</sup> (1.28)	107.4 ± 73.4 <sup>b</sup> (1.84)
Conjugated diene (nmol/g kidney)	737.3 ± 81.6 <sup>a</sup> (1.00)	641.8 ± 51.8 <sup>a</sup> (0.86)	645.0 ± 82.0 <sup>b</sup> (0.88)	656.5 ± 58.4 <sup>ab</sup> (0.89)	744.5 ± 87.3 <sup>a</sup> (1.00)	709.8 ± 61.9 <sup>a</sup> (0.96)

平均値 ± SD、1～5群 n = 6、6群 n = 5、( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。同一測定項目で少なくとも一つの共通したアルファベットを持たない値どうしは、統計的に有意差がある。

Table 6 辜丸、脳、心臓における過酸化脂質の変化

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (en%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (en%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(+ルチン)
<b>Testis</b>						
TBA value (nmol MDA/g testis)	36.2 ± 10.1 <sup>a</sup> (1.00)	35.7 ± 8.1 <sup>a</sup> (0.99)	34.1 ± 8.5 <sup>a</sup> (0.94)	37.6 ± 12.6 <sup>a</sup> (1.04)	34.6 ± 7.0 <sup>a</sup> (0.95)	33.2 ± 5.4 <sup>a</sup> (0.92)
Chemiluminescence intensity (cont/30 sec)	19.7 ± 15.6 <sup>a</sup> (1.00)	18.0 ± 11.6 <sup>a</sup> (0.92)	23.0 ± 22.3 <sup>a</sup> (1.17)	20.2 ± 10.6 <sup>a</sup> (1.03)	24.8 ± 13.4 <sup>a</sup> (1.26)	25.6 ± 15.8 <sup>a</sup> (1.30)
Conjugated diene (nmol/g testis)	273.6 ± 78.8 <sup>a</sup> (1.00)	265.7 ± 57.3 <sup>a</sup> (0.97)	274.1 ± 40.9 <sup>a</sup> (1.00)	329.2 ± 40.9 <sup>a</sup> (1.20)	280.1 ± 67.8 <sup>a</sup> (1.02)	255.9 ± 27.1 <sup>a</sup> (0.94)
<b>Brain</b>						
TBA value (nmol MDA/g brain)	53.5 ± 10.5 <sup>a</sup> (1.00)	61.5 ± 9.0 <sup>a</sup> (1.15)	58.1 ± 4.7 <sup>a</sup> (1.09)	66.4 ± 20.7 <sup>a</sup> (1.24)	59.0 ± 17.2 <sup>a</sup> (1.10)	54.5 ± 6.9 <sup>a</sup> (1.02)
Chemiluminescence intensity (cont/30 sec)	23.8 ± 18.7 <sup>a</sup> (1.00)	22.8 ± 18.2 <sup>a</sup> (0.96)	23.8 ± 21.0 <sup>a</sup> (1.00)	16.3 ± 10.7 <sup>a</sup> (0.69)	24.0 ± 6.2 <sup>a</sup> (1.01)	25.6 ± 10.4 <sup>a</sup> (1.07)
Conjugated diene (nmol/g brain)	889.3 ± 99.0 <sup>a</sup> (1.00)	776.0 ± 39.8 <sup>b,c</sup> (0.87)	815.5 ± 83.9 <sup>b,c</sup> (0.92)	860.8 ± 62.9 <sup>a,c</sup> (0.97)	741.7 ± 121.2 <sup>b</sup> (0.83)	700.0 ± 102.6 <sup>b</sup> (0.79)
<b>Heart</b>						
TBA value (nmol MDA/g heart)	139.5 ± 16.3 <sup>a</sup> (1.00)	141.7 ± 13.1 <sup>a</sup> (1.02)	138.0 ± 9.6 <sup>a</sup> (0.99)	147.6 ± 7.0 <sup>a</sup> (1.06)	141.0 ± 6.9 <sup>a</sup> (1.01)	136.6 ± 9.1 <sup>a</sup> (0.98)
Conjugated diene (nmol/g heart)	653.2 ± 74.3 <sup>b,b</sup> (1.00)	746.6 ± 62.8 <sup>a</sup> (1.14)	700.3 ± 60.8 <sup>b,b</sup> (1.07)	642.5 ± 70.4 <sup>b</sup> (0.98)	697.3 ± 97.8 <sup>b,b</sup> (1.07)	738.0 ± 35.5 <sup>b,b</sup> (1.13)

平均値 ± SD、1~5群、n=6、( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。  
同一測定項目で少なくとも一つの共通したアルファベットを持たない値どうしは、統計的に有意差がある。

一成分の変化について示す。血清の $\alpha$ -トコフェロール( $\alpha$ -Toc)濃度はDHAの投与レベルの増加にともない著しい減少がみられ、DHA 3.1en%群以上で有意に低下していた。肝臓の $\alpha$ -Toc量も血清と同様に著しい減少が見られた。アスコルビン酸(AsA)量はDHA最大群、ルチン群で増加傾向が認められたが有意ではなかった。グルタチオン(GSH)量には有意な変化は見られなかった。グルタチオンペルオキシダーゼ(GSH-Px)活性はほとんど変化はなく、DHA 0.5en%群とDHA最大群間で有意差が認められた。腎臓の $\alpha$ -Toc量はDHA最大群、ルチン群で有意な減少が見られたが、血清や肝臓ほどの大きな低下ではなかった。AsA、GSH量はDHA最大群にのみ有意な増加が認められたが、ルチン群でも増加傾向にあった。GSH-Px活性には変化が見られなかった。

Table 8に辜丸、脳、心臓における過酸化脂質スカベンジャー成分の変化について示す。辜丸の $\alpha$ -Toc量の減少は非常に小さく、ルチン群でのみ有意に減少した。AsAとGSH量、GSH-Px活性にはほとんど変化は見られなかった。脳の $\alpha$ -Toc量はほとんど変化がなく、DHA最大群でも対照群との間に差が見られなかった。AsA量はDHAの投与レベルの増加とともに増加し、DHA 0.5en%群を除いた群で有意な増加が認められた。脳のAsA量は全ての群で、測定した組織の中では最も高レベルであった。GSH量には変化はみられなかった。心臓の $\alpha$ -Toc量はDHA最大群とルチン群に有意な減少が認められた。心臓は、単位重量あたりの含量は組織の中では最も高かった。AsA量はDHAの投与レベルの増加とともにわずかに増加の傾向が見られたが、有意な増加ではなかった。また、単位重量あたりの含量は組織の中では最も低かった。GSH量はDHAを投与した全ての群において有意な増加が認められたが、脳と同様に他の組織に比べれば全体的に低い値であった。GSH-Px活性にはほとんど変化はみられなかった。

Table 9に肝臓総脂質の脂肪酸組成を示す。肝臓ではオレイン酸(OA)の割合が最も高く、DHAの投与レベルの増加に伴い著しい減少がみられた。OAとは相対的にDHAが著しい増加をみせ、DHA最大群で約15%を示した。DHAは、DHA最大群とルチン群では違いがみられず、ほぼ同じ割合を示した。DHA投与レベルの増加にともなってEPAとn-3ドコサペンタエン酸(DPA)も増加した。LA、アラキドン酸(AA)はDHAの投与で低くなっているが、DHA群間での差はそれほど大きくはなかった。多価不飽和脂肪酸%(P%)はDHA 0.5en%群で最も低く、DHA最大群で最も高かった。DBIもP-Indexと同様の傾向にあり、P-Index比はDHA 0.5en%群は対照群に対して0.68、ルチン群は2.31と高い

Table 7 血清、肝臓、腎臓における過酸化脂質スカベンジャー成分の変化

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (en%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (en%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4 (+14%)
<b>Serum</b>						
α-tocopherol content (μg/dl)	1689.8 ± 345.4 <sup>a,b</sup> (1.00)	1821.2 ± 438.2 <sup>a</sup> (1.08)	1459.1 ± 227.6 <sup>b,c</sup> (0.86)	1231.6 ± 218.9 <sup>c</sup> (0.73)	717.6 ± 150.9 <sup>d</sup> (0.42)	828.9 ± 210.9 <sup>d</sup> (0.49)
<b>Liver</b>						
α-tocopherol content (μg/g liver)	37.7 ± 10.2 <sup>a,b</sup> (1.00)	41.5 ± 11.6 <sup>a</sup> (1.10)	35.7 ± 7.0 <sup>a,b</sup> (0.95)	31.3 ± 5.7 <sup>b</sup> (0.83)	18.2 ± 4.2 <sup>c</sup> (0.48)	20.4 ± 4.9 <sup>c</sup> (0.54)
Ascorbic acid content (μg/g liver)	117.0 ± 17.1 <sup>a,b</sup>	122.2 ± 18.1 <sup>a,b</sup>	109.4 ± 17.5 <sup>a</sup>	138.4 ± 16.0 <sup>b</sup>	138.4 ± 16.0 <sup>b</sup>	140.0 ± 17.7 <sup>b</sup>
Non-protein SH content (mg/g liver)	2.52 ± 0.47 <sup>a</sup>	2.75 ± 0.49 <sup>a</sup>	3.09 ± 0.72 <sup>a</sup>	3.09 ± 0.33 <sup>a</sup>	2.64 ± 0.35 <sup>a</sup>	2.76 ± 0.32 <sup>a</sup>
GSHPx activity (unit/mg protein)	152.1 ± 14.1 <sup>a,b</sup>	161.7 ± 17.3 <sup>a</sup>	155.1 ± 33.9 <sup>a,b</sup>	149.7 ± 14.0 <sup>a,b</sup>	132.8 ± 14.1 <sup>b</sup>	156.7 ± 17.4 <sup>a,b</sup>
<b>Kidney</b>						
α-tocopherol content (μg/g kidney)	12.9 ± 3.5 <sup>a,b</sup> (1.00)	13.3 ± 2.4 <sup>a,b</sup> (1.03)	16.0 ± 3.4 <sup>a</sup> (1.24)	11.5 ± 1.3 <sup>b,c</sup> (0.89)	9.9 ± 1.7 <sup>c</sup> (0.77)	8.9 ± 2.5 <sup>c</sup> (0.69)
Ascorbic acid content (μg/g kidney)	69.2 ± 11.0 <sup>a</sup>	67.5 ± 12.4 <sup>a</sup>	67.2 ± 8.1 <sup>a</sup>	71.8 ± 11.0 <sup>a</sup>	103.2 ± 13.9 <sup>b</sup>	81.1 ± 7.1 <sup>a</sup>
Non-protein SH content (mg/g kidney)	1.55 ± 0.13 <sup>a,b</sup>	1.68 ± 0.15 <sup>a,c</sup>	1.63 ± 0.10 <sup>a,c</sup>	1.50 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.76 ± 0.09 <sup>c</sup>	1.76 ± 0.22 <sup>b,c</sup>
GSHPx activity (unit/mg protein)	111.5 ± 7.6 <sup>a</sup>	117.2 ± 12.4 <sup>a</sup>	107.5 ± 6.5 <sup>a</sup>	107.3 ± 2.0 <sup>a</sup>	116.9 ± 13.9 <sup>a</sup>	118.2 ± 10.1 <sup>a</sup>

平均値 ± S.D., 1 ~ 5群 n=6, 6群 n=5, ( ) 内の数字は1群を1.00とした比を表す。同一測定項目で、少なくとも一つの共通したアルファベットを持たない値どうしは、統計的に有意さがある。(p < 0.05)

Table 8 腎丸、脳、心臓における過酸化脂質スカベンジャー成分の変化

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (en%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (en%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4 (+M)
<b>Testis</b>						
$\alpha$ -tocopherol content ( $\mu$ g/g testis)	14.5 $\pm$ 3.4 <sup>a,b</sup> (1.00)	15.6 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup> (1.08)	14.9 $\pm$ 2.4 <sup>a,b</sup> (1.03)	14.0 $\pm$ 3.0 <sup>a,c</sup> (0.97)	12.1 $\pm$ 1.7 <sup>b,c</sup> (0.97)	11.4 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup> (0.79)
Ascorbic acid content ( $\mu$ g/g testis)	196.6 $\pm$ 15.3 <sup>a</sup>	190.2 $\pm$ 28.6 <sup>a</sup>	186.5 $\pm$ 25.6 <sup>a</sup>	193.6 $\pm$ 15.1 <sup>a</sup>	207.4 $\pm$ 22.1 <sup>a</sup>	199.3 $\pm$ 5.8 <sup>a</sup>
Non-protein SH conten (mg/g testis)	1.81 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.88 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	1.87 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.78 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	1.75 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	1.81 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>
GSHPx activity (unit/mg protein)	10.2 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	11.4 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	10.3 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	10.8 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	10.2 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	10.5 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>
<b>Brain</b>						
$\alpha$ -tocopherol content ( $\mu$ g/g brain)	20.6 $\pm$ 2.8 <sup>a,b</sup> (1.00)	22.3 $\pm$ 3.1 <sup>a,b</sup> (1.08)	23.7 $\pm$ 3.4 <sup>a</sup> (1.15)	21.3 $\pm$ 3.0 <sup>a,b</sup> (1.03)	18.8 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup> (0.91)	20.1 $\pm$ 3.4 <sup>a,b</sup> (0.98)
Ascorbic acid content ( $\mu$ g/g brain)	259.5 $\pm$ 26.1 <sup>a</sup>	284.6 $\pm$ 31.8 <sup>a,b</sup>	289.7 $\pm$ 23.2 <sup>b</sup>	302.8 $\pm$ 19.8 <sup>b</sup>	297.9 $\pm$ 21.2 <sup>b</sup>	297.1 $\pm$ 19.8 <sup>b</sup>
Non-protein SH conten (mg/g brain)	0.70 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.69 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.70 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.67 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.61 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.62 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
<b>Heart</b>						
$\alpha$ -tocopherol content ( $\mu$ g/g heart)	40.3 $\pm$ 6.1 <sup>a</sup> (1.00)	44.1 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup> (1.09)	43.0 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup> (1.07)	40.2 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup> (1.00)	31.0 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup> (0.77)	30.7 $\pm$ 2.3 <sup>b</sup> (0.76)
Ascorbic acid content ( $\mu$ g/g heart)	38.1 $\pm$ 6.0 <sup>a</sup>	38.9 $\pm$ 4.9 <sup>a</sup>	40.7 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>	41.0 $\pm$ 5.3 <sup>a</sup>	44.2 $\pm$ 7.4 <sup>a</sup>	37.6 $\pm$ 7.2 <sup>a</sup>
Non-protein SH conten (mg/g heart)	0.57 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	0.87 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.87 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	0.86 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.88 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.93 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
GSHPx activity (unit/mg protein)	49.0 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	45.2 $\pm$ 6.9 <sup>a</sup>	44.3 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	45.7 $\pm$ 6.3 <sup>a</sup>	42.4 $\pm$ 5.7 <sup>a</sup>	44.6 $\pm$ 4.5 <sup>a</sup>

平均値  $\pm$  SD, 1~5群 n=6, 6群 n=5, ( ) 内の数字は1群を1.00とした比を表す。  
 同一測定項目で、少なくとも一つの共通したアルファベットを持たない値どうしは、統計的に有意さがある。(p < 0.05)

Table 9 肝臓総脂質脂肪酸組成(%)

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(＋ルチン)
Fatty acid						
14:0	0.7	0.9	0.6	0.5	0.4	0.4
14:1 (n-7)	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
16:0	26.8	31.5	28.4	27.3	25.9	24.5
16:1 (n-9)	0.6	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4
16:1 (n-7)	3.2	4.7	3.8	2.7	2.5	2.3
16:2 (n-6)	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
18:0	7.2	6.5	8.4	8.5	11.1	10.8
18:1 (n-9)	28.0	37.4	35.0	30.3	17.4	18.5
18:2 (n-6)	18.8	8.0	8.9	11.2	12.1	11.6
20:0	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18:3 (n-3)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
20:1 (n-9)	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.5
20:2 (n-6)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
20:3 (n-6)	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5
20:4 (n-6)	8.8	5.3	6.8	5.7	6.6	6.3
20:4 (n-3)		0.1			0.2	0.1
20:5 (n-3)	0.2	0.3	0.7	1.9	4.0	4.1
22:4 (n-6)	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2
22:5 (n-6)	0.2	0.1	0.1	0.5	0.5	0.7
22:5 (n-3)	0.4	0.3	0.5	1.1	1.5	1.9
22:6 (n-3)	1.9	2.5	4.3	7.8	15.1	16.2
others	0.9	0.2		0.2	0.4	0.2
Polyunsaturates (%)	31.7	17.6	22.5	29.2	41.1	42.1
Monounsaturates (%)	32.3	43.3	40.0	34.2	21.1	21.9
Saturates (%)	35.1	39.0	37.5	36.4	37.5	35.8
P/S ratio	0.90	0.45	0.60	0.80	1.10	1.18
n-6 (%)	28.9	14.1	16.6	18.1	20.1	19.5
n-3 (%)	3.1	3.3	5.7	11.0	20.9	22.5
n-6/n-3 ratio	9.32	4.27	2.91	1.65	0.96	0.87
DBI <sup>1)</sup>	1.25	1.02	1.21	1.47	1.96	2.05
P-Index <sup>2)</sup>	60.9	41.4	58.2	83.2	134.1	140.9
	(1.00)	(0.68)	(0.96)	(1.37)	(2.20)	(2.31)

I) Double bond Index : 平均の二重結合

II) Peroxidizability Index

( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。



値を示した。

Table 10に腎臓総脂質の脂肪酸組成を示す。腎臓では、他の組織に比べてAAの割合が最も高く、DHAの投与レベルの増加に伴い著しい減少が見られた。その他の脂肪酸は群間での変化が小さく、DHAは肝臓と同様に増加したものの変化は小さかった。腎臓でのDHAはDHA最大群でも約5.5%しかみられなかった。EPAがDHAの投与とともに増加し、DHA最大群ではDHAに近い割合であった。DBIやP-Index値はほとんど変化がみられなかったが、DHA最大群のみわずかに増加傾向にあった。

Table 11に睾丸総脂質の脂肪酸組成を示す。睾丸では肝臓と同様にOAの割合が高かったが、肝臓のようなDHAの投与に伴う著しい減少傾向はみられなかった。n-6系脂肪酸の割合がn-3系脂肪酸の割合と比べると非常に高く、n-6系DPAの割合が他の組織に比べて大変高かった。DHAの投与レベルの増加に伴い、DHAの増加はみられたが、その差は非常に小さく、DHAの割合も他の組織と比べると非常に低かった。測定した組織の中では最も低く、DHA最大群でも3.5%しかみられなかった。P-Index値はDHAの投与によりむしろ減少傾向がみられ、DHA最大レベルの群でも対照群よりも値が低かった。

Table 12に脳総脂質脂肪酸組成を示す。全ての脂肪酸においてDHAの投与レベルの増加に伴う変化はほとんどみられなかったが、わずかにDHAはその投与レベルの増加とともに増加し、AAが減少していた。ただし、DHAの割合は他の組織と比べて全体的に高く、DHA群では約13-14%を維持していた。n-3系とn-6系の脂肪酸の割合はほとんど同じくらいで、DHA投与レベルの変化に伴うP-Index値の変化もほとんどみられなかった。

Table 13に心臓総脂質の脂肪酸組成を示す。AAはDHAの投与レベルの増加に伴い減少がみられ、逆にDHAは著しい増加がみられた。DHAは、DHA最大群で約23%を示しており、DHA 0.5en%群ですでに肝臓でのDHA最大群と同程度の約15%を示していた。その他の脂肪酸においてはDHA投与レベルの増加に伴う変化はほとんどみられなかった。P-Index値もDHAレベルの増加に伴い増加がみられたが、肝臓程にはその増加は大きくはなかった。多価不飽和脂肪酸%(P%)は組織の半分以上を占め、かなり不飽和度の高い組織である事がわかる。

全ての組織において、脂肪酸組成に対するルチンの影響はほとんどみられなかった。

Fig. 1に組織過酸化脂質レベル比と総脂質のP-Index比の変動を示す。肝臓の過酸化脂質は、共役ジエン量とケミルミネッセンス

Table 10 腎臓総脂質脂肪酸組成(%)

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level(%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level(%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(+アルチン)
Fatty acid						
14:0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
14:1(n-7)	2.3	2.0	1.9	2.0	2.1	1.9
16:0	18.9	20.0	19.3	19.6	19.5	19.2
16:1(n-9)	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
16:1(n-7)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.2	0.9
16:2(n-6)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6
18:0	17.5	16.7	16.4	16.1	16.6	17.2
18:1(n-9)	13.1	15.3	15.7	15.4	13.4	12.9
18:2(n-6)	12.6	11.3	12.9	14.1	14.8	15.1
20:0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18:3(n-3)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
20:1(n-9)	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
20:2(n-6)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
20:3(n-6)	0.8	0.9	1.0	0.8	0.7	0.7
20:4(n-6)	26.2	24.5	23.0	19.0	17.4	17.5
20:4(n-3)	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1
20:5(n-3)	0.3	0.7	1.1	2.6	4.2	4.2
22:4(n-6)	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2
22:5(n-6)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
22:5(n-3)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
22:6(n-3)	1.8	2.8	3.1	4.2	5.5	5.5
others	1.9	1.4	1.3	1.4	1.4	1.6
Polyunsaturates(%)	44.3	42.5	43.4	43.0	44.7	45.2
Monounsaturates(%)	16.9	19.0	19.2	19.5	17.3	16.4
Saturates(%)	36.9	37.1	36.1	36.1	36.6	36.8
P/S ratio	1.20	1.15	1.20	1.19	1.22	1.23
n-6(%)	40.8	37.6	37.7	34.6	33.6	34.0
n-3(%)	2.7	4.1	4.9	7.6	10.5	10.6
n-6/n-3 ratio	15.11	9.17	7.69	4.55	3.20	3.21
DBI <sup>I)</sup>	1.70	1.70	1.72	1.72	1.80	1.81
P-Index <sup>II)</sup>	109.1	108.7	109.1	109.5	118.4	119.2
	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.09)	(1.09)

I) Double bond Index : 平均の二重結合

II) Peroxidizability Index

( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。

Table 11 睾丸総脂質脂肪酸組成(%)

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(+ルチン)
Fatty acid						
14:0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
14:1 (n-7)	1.7	1.1	1.0	1.7	1.3	1.1
16:0	22.1	18.5	17.9	22.4	20.2	17.8
16:1 (n-9)	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
16:1 (n-7)	3.2	5.7	4.7	3.8	4.4	4.9
16:2 (n-6)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
18:0	14.1	2.9	2.7	3.9	3.3	2.9
18:1 (n-9)	21.5	29.8	29.9	24.0	24.8	25.9
18:2 (n-6)	18.0	20.5	23.2	16.1	20.1	24.3
20:0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
18:3 (n-3)	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
20:1 (n-9)	0.7	1.2	1.2	0.9	1.0	1.3
20:2 (n-6)	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5
20:3 (n-6)	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7
20:4 (n-6)	9.5	5.9	5.5	7.9	6.3	5.5
20:4 (n-3)			0.1		0.1	
20:5 (n-3)	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4
22:4 (n-6)	1.8	1.2	1.0	1.3	1.0	0.9
22:5 (n-6)	11.0	6.6	6.1	10.2	8.1	7.1
22:5 (n-3)	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7	0.9
22:6 (n-3)	0.9	1.3	1.5	2.3	3.5	3.1
24:4 (n-6)	0.8	0.5	0.4	0.7	0.4	0.4
24:5 (n-6)	1.2	0.6	0.5	0.9	0.7	0.6
others	0.5	0.7	0.8	0.5	1.0	0.3
Polyunsaturates (%)	45.4	39.1	40.9	41.9	43.1	44.9
Monounsaturates (%)	27.4	38.2	37.2	30.7	31.9	33.6
Saturates (%)	26.7	22.0	21.1	26.9	24.0	21.2
P/S ratio	1.70	1.78	1.94	1.56	1.80	2.12
n-6 (%)	43.5	36.4	38.0	38.3	37.9	40.0
n-3 (%)	1.7	2.5	2.7	3.4	5.0	4.7
n-6/n-3 ratio	25.59	14.56	14.07	11.26	7.58	8.51
DBI <sup>1)</sup>	1.85	1.62	1.62	1.81	1.79	1.77
P-Index <sup>2)</sup>	112.6 (1.00)	84.7 (0.75)	84.1 (0.75)	107.9 (0.96)	103.7 (0.92)	98.9 (0.88)

I) Double bond Index : 平均の二重結合

II) Peroxidizability Index

( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。

Table 12 脳総脂質脂肪酸組成(%)

Group	1群	2群	3群	4群	5群	6群
LA level (%)	8.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.1
DHA level (%)	0	0.5	1.0	3.1	8.4	8.4(＋ルチン)
Fatty acid						
14:0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
14:1 (n-7)	2.6	2.3	2.3	2.7	2.5	2.4
16:0	19.1	20.4	20.6	20.4	19.4	19.5
16:1 (n-9)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16:1 (n-7)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
18:0 DMA	4.6	4.6	4.6	5.0	4.7	5.0
16:2 (n-6)	1.8	1.6	1.4	1.4	1.7	1.8
18:0	18.8	19.3	19.3	19.3	19.1	19.5
18:1 (n-9)	18.6	18.3	18.4	17.9	18.8	19.0
18:2 (n-6)	0.6	0.6	0.5	0.6	1.1	0.6
20:0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
18:3 (n-3)	1.5	1.0	1.1	1.0	1.1	1.3
20:1 (n-9)	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
20:2 (n-6)	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
20:3 (n-6)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
20:4 (n-6)	10.0	10.4	10.2	9.4	8.8	8.9
20:4 (n-3)	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1
20:5 (n-3)	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3
22:4 (n-6)	3.9	3.6	3.6	3.1	3.0	3.1
22:5 (n-6)	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
22:5 (n-3)	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
22:6 (n-3)	11.9	13.3	13.7	14.2	14.2	13.8
others	3.5	1.9	1.8	2.2	2.5	2.6
Polyunsaturates (%)	31.5	31.9	31.8	31.3	31.5	31.0
Monounsaturates (%)	22.1	21.6	21.6	21.4	22.1	22.3
Saturates (%)	38.2	40.0	40.2	40.1	38.8	39.3
P/S ratio	0.82	0.80	0.79	0.78	0.81	0.79
n-6 (%)	15.6	15.5	15.1	13.9	13.7	13.4
n-3 (%)	14.1	14.8	15.3	16.0	16.1	15.8
n-6/n-3 ratio	1.11	1.05	0.99	0.87	0.85	0.85
DBI <sup>1)</sup>	1.66	1.71	1.72	1.71	1.70	1.68
P-Index <sup>2)</sup>	112.5 (1.00)	117.1 (1.04)	118.2 (1.05)	117.9 (1.05)	116.8 (1.04)	115.0 (1.02)

I) Double bond Index : 平均の二重結合

II) Peroxidizability Index

( )内の数字は1群を1.00とした比を表す。