強制投与によるトコフェロール同族体の ラット組織へのとりこみ†

兼 松 弘*, 知 見 憲 次*, 牛 草 寿 昭*
新 谷 勲*, 藤 田 忠 雄**, 亀 井 正 治**
神 戸 保**, 佐々木 清 司**

* 財団法人日本食品油脂検査協会

** 大阪市立環境科学研究所

Incorporation of α -, β -, γ - and δ -Tocopherol to the Rat Tissues after Forced Oral Administration

Hiromu KANEMATSU,* Kenji CHIMI,* Toshiaki USHIKUSA,*
Isao NIHYA,* Tadao FUJITA,** Masaharu KAMEI,**
Tamotsu KAMBE** and Kiyoshi SASAKI**

* *Japan Institute of Oils & Fats, Other Foods Inspection, Foundation, Chuo-ku, Tokyo, 103*

** *Osaka City Institute of Public Health and Environmental Science, Osaka, 543*

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 37, 215~221 (1984)

As an Experiment I, tocopherols in several tissues of rats in a normal and a vitamin E deficiency groups were temporally analyzed by high performance liquid chromatography, after forced administration p.o. of roughly equal mixture of α -, β -, γ - and δ -tocopherol (*m*-Toc). Similar to the Experiment I, the Experiment II was made by analyzing tocopherols in adipose tissue and back skin after a forced administration of *m*-Toc and after consecutive forced administration p.o. of δ -rich mixture of tocopherols (δ -rich-Toc) for 4 days.

1) In general, the peak level of each tocopherol in tissues appeared by the order of small intestine, liver, serum and lung, after administration of *m*-Toc. It seemed that the uptake and disappearance in these tissues occurred by the order of $\delta \div \gamma > \beta > \alpha$.

2) In a single administration of *m*-Toc, there was no evidence that δ -tocopherol was more readily accumulated in adipose tissue and back skin than the other tocopherols.

3) After the consecutive administration of δ -rich-Toc, the concentration of δ -tocopherol in adipose tissue and back skin showed to increase remarkably. But such administration of α -tocopherol showed no increase of it in the tissues. It was suggested that the accumulation of δ -tocopherol in these tissues is higher than that of other tocopherols.

4) In the back skin of rats administered δ -rich-Toc, it seemed that δ -tocopherol was mainly present in the fat fraction, while α -tocopherol in the skin tissue.

(Received July 14, 1983)

トコフェロール(Toc)の動物体内における挙動については投与 α -Toc の追跡実験により、小腸で吸収されて

† ラットによるトコフェロールの吸収に関する研究 (第2報)

Studies on the Absorption of Tocopherols by Rat (Part II)

* 〒103 東京都中央区日本橋浜町 3-27-8

** 〒543 大阪市天王寺区東上町 8-34

リンパ液にはいり、血液を通して肝臓経由で各組織に伝達される吸収経路および各組織中含量の経時変化などが明らかにされている¹⁾。非 α -Toc 同族体についてはラットに投与後の組織中含量の経時変化²⁾や α -および γ -Toc の吸収、伝達および組織へのとりこみ³⁾について報告されているが、これらはペーパークロマトグラフィーまたは薄層クロマトグラフィーによるもので、各同族体間の

分離不十分の可能性が考えられる。

さきに Toc 水準の異なる飼料で飼育したラットの組織に含まれる Toc 同族体を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 法⁴⁾で分析し、各同族体の飼料水準上昇に伴う組織中含量の増加傾向は同族体および組織によって異なること、ならびに著しいビタミンE過剰飼料の場合脂肪組織の δ -Toc 濃度が α -Toc より相当高いことを報告した⁵⁾。これは Toc の動物体内での挙動が同族体によって異なること、および脂肪組織に δ -Toc が他の同族体より蓄積しやすいことを示唆している。

そこで各 Toc 同族体の動物組織へのとりこみおよびその経時変化を明らかにする目的で、大量の Toc を強制投与したラットの組織中同族体含量を高速液体クロマトグラフィーで経時的に分析、検討した。また1回および連続投与試験により脂肪組織への δ -Toc の蓄積性についても検討した。

実験方法

1. 実験 I

まず実験 I として強制投与による Toc 同族体の組織へのとりこみおよびその経時変化を調べた。

実験動物、飼料および飼育方法は基本的に前報⁵⁾のとおりである。ただし飼料の種類は Toc-0 (混合 Toc 無添加) および Toc-20 (混合 Toc 添加, 総 Toc 含量, 18.62 mg/100 g: α , 27.5; β , 16.1; γ , 27.2; δ , 29.2%) とし、これらで4週間飼育した20匹ずつのラットをそれぞれE欠群および正常群とした。

飼育終了後のラットを一昼夜絶食させたのち、それぞれ後述の混合 Toc 液 (m -Toc) の(A) 1g を強制的に経口投与した。投与後4, 10および24時間において、それぞれ5匹ずつから前報⁵⁾と同様にして肝臓、腎臓、肺および小腸を摘出し、同時に採取した血清とともに Toc

同族体の分析に供した。なお両群とも投与直前のラットを対照として同様に処理した。

2. 実験 II

つぎに実験 II として、混合 Toc の1回および連続投与により脂肪組織および背皮への δ -Toc の蓄積性について検討した。

実験動物は静岡県実験動物農業協同組合より購入した7週齢の S.D. 系雄ラットを Toc-0 飼料で3~4日予備飼育後使用した。

35匹のラットを一昼夜絶食させたのち、そのうちの20匹を1回投与用、また10匹を連続投与用とし、残りの5匹を対照とした。

1回投与用ラットは2群に分け、その1群に後述の m -Toc (B), 他の1群に分別豚脂のみをそれぞれ1g ずつ強制的に経口投与した。投与後10および24時間において、それぞれ5匹ずつから前報⁵⁾と同様にして、それぞれ脂肪組織、背皮および肝臓を摘出、分離した。

連続投与用ラットも2群に分け、その1群に後述の高 δ 混合 Toc, 他の1群に分別豚脂のみをそれぞれ1g ずつ4日間連続して強制的に経口投与した。最終投与後24時間に上述と同様に各ラットをそれぞれ処理した。なお対照の5匹については絶食後ただちに同様の処理を行った。

3. 経口投与液の調製および分析方法

豚脂を加熱熔融し、30°C で一夜静置して液および固状部に分けた。その液状部 (分別豚脂: 酸価 0.02, ヨウ素価 70.8, けん化価 196.4, 融点 25.8°C) に前報⁵⁾と同様に調製した混合 Toc 試料を溶解し、総 Toc 含量として約120および230mg/g の m -Toc (A) および (B) を調製した。また δ -Toc を主成分とする天然 Toc 濃縮製品 (エーザイ 餾製) を分別豚脂に溶解し、高 δ 混合 Toc 液とした。分別豚脂単独を含む経口投与液中の Toc 同族体含

Table 1. Concentrations of tocopherols in lard olein, used for Experiment I (temporal changes of tissue uptake) and II (accumulation).

	Tocopherol (mg/g)			
	α	β	γ	δ
m -Toc (A) ^a	37.75 (30.5)	18.35 (14.8)	34.32 (27.7)	33.42 (27.0)
m -Toc (B) ^a	63.65 (27.9)	34.37 (15.1)	71.91 (31.5)	58.08 (25.5)
δ -rich-Toc ^b	20.24 (6.9)	1.28 (0.4)	46.42 (15.8)	225.70 (76.9)
Toc-free ^c	tr	nd	nd	nd

^a: Roughly equal mixture of α -, β -, γ - and δ -tocopherol in lard olein.

^b: A mixture of tocopherols, which was rich in δ -tocopherol in lard olein.

^c: Lard olein only.

tr: trace, below 0.01 mg/g, nd: not detected.

Percentage of each tocopherol to total in parentheses.

量は Table 1 のとおりである。

組織中の Toc 同族体含量は高速液体クロマトグラフィー法⁴⁾で分析した。なお各組織とも同じアルカリ濃度でけん化した。組織が完全に分解、可溶化するように必要に応じてけん化時間を調整した。

また背皮の場合、皮下脂肪の完全除去が非常に困難なことから、酸分解法⁶⁾によって脂肪含量を測定した。

実験結果および考察

1. 組織への Toc 同族体とりこみの経時変化

実験 I による *m*-Toc (A) 投与後の正常および E 欠群の小腸における Toc 同族体濃度の経時変化を Fig. 1, 肝臓の場合を Fig. 2 に示す。小腸では両群とも各 Toc 同族体濃度は、いずれも投与後 4 時間に著しく増加したのち 10 時間後でその 1/2 以下まで減少し、24 時間後でさらにわずかな減少の傾向がみられた。肝臓では Toc 同族体濃度は一般に投与後 10 時間で最も高く、なかでも α -Toc が 4~10 時間に著しく増加した。しかし E 欠群の γ -および δ -Toc の場合は 4 時間後と 10 時間後であり差がみられず、とくに δ -Toc は 4 時間後のほうがむしろ高かった。いずれにしても 24 時間後では α -Toc 濃度は 10 時間後からわずかな減少を示したのに対し、他の同族体の場合は 4 時間後の水準またはそれ以下にまで減少した。これは肝臓では α -Toc を優先的にとりこみ、蓄積するのに対し、他の同族体をたとえとりこんでも速やかに排出することを示唆している。放射性標識化 α -Toc を用いた実験¹⁾では肝臓の放射能とりこみ量は 2.5~24 時間で一定しているのに対し本実験では Toc 代謝生成物を除いて比較したので 4~10 時間で α -Toc 濃度がやや減少傾向を示したと考えられる。

一方、血清、腎臓および肺の Toc 同族体濃度は Fig. 3 に示すように全般に小腸、肝臓より低水準であった。血清の場合は、正常および E 欠群とも α -および β -Toc 濃度が投与後 10 時間、 γ -および δ -Toc 濃度が 4 時間後に最高に達し、以後わずかな減少傾向がみられた。また各 Toc 同族体濃度の変化は E 欠群のほうがやや大きく、とくに δ -Toc は 4 時間後に相当高い値を示した。しかし 24 時間後では各同族体濃度とも両群間に差がなかった。肺の場合は、 α -Toc 濃度は 24 時間後まで増加傾向がみられ、なかでも正常群の 4~10 時間後での増加が大きかった。これに対し他の同族体の場合は 10~24 時間でほとんど増加を示さなかった。腎臓では各同族体濃度の経時変化は最も少なく、 α -Toc が 24 時間までわずかな増加傾向を示すものの、その変化は非常に小さかった。

以上の結果は、ラットに経口投与した場合、 α -Toc¹⁾と同様に他の同族体も小腸で吸収され、肝臓、血液(血清)を経て各組織に移動することを示唆している。また

投与量が β -Toc を除いてほぼ近似していたにもかかわらずとくに E 欠群において投与後 4 時間の小腸、肝臓および血清中の γ -および δ -Toc 濃度が α -Toc に近似またはより高い値を示したものの 24 時間ではより低くなったことから、 γ -および δ -Toc は α -Toc より速やかに組織にとりこまれ、そして排出されると考えられる。 γ -Toc が α -Toc より速やかに組織から消失することは Peake ら³⁾も報告している。

m-Toc (A) 投与前後の肝臓、腎臓および肺各 1 個当たりの各 Toc 同族体含量およびそれらの平均値から投与前の対照より増加した各 Toc 同族体量の投与量に対する%を見掛けのとりこみ率として Table 2 に示す。各臓器当たりの同族体含量の経時変化は、Fig. 2 および 3 の濃度の場合と同様な傾向を示した。しかし見掛けのとりこみ率で比較すると、肝臓では投与後 4 時間の β -Toc のとりこみ率はむしろ α -Toc より高い傾向がみられた。これは肝臓では前述の γ -および δ -Toc 同様に β -Toc も α -Toc より速やかにとりこまれることを示唆している。しかし 10 時間後では β -Toc のとりこみ率は α -Toc と同じまたはより低くなり、24 時間後では相当低い値を示

Fig. 1. Change of each tocopherol concentration in the small intestine of normal and vitamin E deficiency groups of rat with the lapse of time after forced oral administration of the mixture of *d*-tocopherols (Experiment I).

○ α -tocopherol, △ β -tocopherol, □ γ -tocopherol, ● δ -tocopherol, : vitamin E deficiency group, — : normal group.

した。したがって肝臓にとりこまれた β -Toc は α -Toc より速やかに消失するものと推察される。また4時間後では E 欠群の各 Toc 同族体とりこみ率は正常群よりやや高いものの最高とりこみ率では低かった。これから E 欠群では肝臓への各同族体のとりこみは正常群より速やかではあるが、とりこまれた同族体はおそらく速やかに他の組織に移送されるものと推察される。また肺でのとりこみ率の場合も肝臓より著しく低いものの、同様に β -Toc の消失が α -Toc より速やかな傾向を示した。

Fig. 1~3 および Table 2 の結果を総合すると、Toc 同族体のラット組織へのとりこみおよび消失については β -Toc は α -Toc と γ - および δ -Toc との中間的な挙動を示すと推察される。

2. 脂肪組織および背皮へのとりこみ

1) 1回投与試験 実験Ⅱにおいて、 m -Toc(B)および分取脂肪のみを1回投与した場合の脂肪組織、背皮および肝臓中の Toc 同族体濃度の経時変化を Table 3 に示す。脂肪組織では α -Toc 濃度は m -Toc(B)投与後24時間まで有意な増加を示さず、また分別豚脂投与群とも有意差がみられなかった。一方、他の同族体濃度はいずれも投与後10時間でやや増加したが、10時間後と24時間後では β - および γ -Toc 濃度が多少異なるもののいずれの場合も α -Toc より相当低い値を示したので、あまり明確な変化がみられなかった。脂肪組織にとりこまれた α -Toc は非常に緩やかに減少すると報告⁷⁾されているが、他の同族体の場合もほぼ同様の傾向を示すものと思

Table 2. Amounts* of each tocopherol in whole liver, kidney and lung of vitamin E deficiency and normal groups of rat over 24 hr after forced oral administration of the mixture of *d*-tocopherols (Experiment I).

Group	Organ	Tocopherol	Control**	After administration (hr)		
				4	10	24
ED	Liver	α	17.1 $\pm$ 2.3	337.9 $\pm$ 64.4 (0.85)	755.4 $\pm$ 145.2 (1.96)	592.8 $\pm$ 116.3 (1.53)
		β	0 $\pm$ 0	220.1 $\pm$ 56.0 (1.20)	360.6 $\pm$ 86.5 (1.97)	76.8 $\pm$ 16.9 (0.42)
		γ	0.5 $\pm$ 0.7	347.2 $\pm$ 65.2 (1.01)	331.8 $\pm$ 68.7 (0.97)	49.7 $\pm$ 11.7 (0.14)
		δ	0.2 $\pm$ 0.5	465.5 $\pm$ 89.2 (1.39)	279.0 $\pm$ 37.5 (0.83)	44.6 $\pm$ 7.8 (0.13)
	Kidney	α	3.2 $\pm$ 0.3	5.6 $\pm$ 1.2 (<0.01)	7.2 $\pm$ 1.6 (0.01)	10.3 $\pm$ 2.1 (0.02)
		β	0 $\pm$ 0	2.7 $\pm$ 0.5 (0.01)	3.5 $\pm$ 0.7 (0.02)	2.8 $\pm$ 0.5 (0.02)
		γ	0 $\pm$ 0	3.0 $\pm$ 0.7 (0.01)	2.7 $\pm$ 0.5 (0.01)	1.8 $\pm$ 0.3 (0.01)
		δ	0 $\pm$ 0	3.6 $\pm$ 0.8 (0.01)	3.0 $\pm$ 0.5 (0.01)	2.2 $\pm$ 0.4 (0.01)
	Lung	α	2.7 $\pm$ 0.5	4.2 $\pm$ 0.8 (<0.01)	8.9 $\pm$ 1.8 (0.02)	21.7 $\pm$ 2.2 (0.05)
		β	0 $\pm$ 0	2.4 $\pm$ 0.4 (0.01)	6.3 $\pm$ 1.4 (0.03)	7.3 $\pm$ 1.5 (0.04)
		γ	0 $\pm$ 0	2.5 $\pm$ 0.3 (0.01)	4.7 $\pm$ 1.1 (0.01)	5.2 $\pm$ 1.1 (0.02)
		δ	0 $\pm$ 0	4.8 $\pm$ 1.0 (0.01)	6.0 $\pm$ 1.2 (0.02)	5.3 $\pm$ 1.1 (0.02)
NL	Liver	α	278.9 $\pm$ 22.8	451.0 $\pm$ 85.6 (0.46)	1,797.8 $\pm$ 319.5 (4.02)	1,113.9 $\pm$ 223.3 (2.21)
		β	27.6 $\pm$ 3.8	149.9 $\pm$ 28.7 (0.67)	664.1 $\pm$ 135.4 (3.47)	151.7 $\pm$ 30.4 (0.68)
		γ	13.6 $\pm$ 2.7	164.2 $\pm$ 34.0 (0.44)	585.6 $\pm$ 135.9 (1.67)	93.4 $\pm$ 17.1 (0.23)
		δ	7.8 $\pm$ 1.8	192.0 $\pm$ 34.9 (0.55)	571.8 $\pm$ 129.6 (1.69)	71.8 $\pm$ 10.8 (0.19)
	Kidney	α	31.6 $\pm$ 2.1	31.5 $\pm$ 4.7 (<0.01)	37.1 $\pm$ 7.5 (0.01)	38.6 $\pm$ 6.9 (0.02)
		β	3.6 $\pm$ 0.5	4.0 $\pm$ 0.2 (<0.01)	6.6 $\pm$ 1.2 (0.02)	6.6 $\pm$ 1.0 (0.02)
		γ	1.4 $\pm$ 0.3	2.0 $\pm$ 0.3 (<0.01)	4.4 $\pm$ 0.6 (0.01)	2.6 $\pm$ 0.3 (<0.01)
		δ	1.0 $\pm$ 0.2	2.0 $\pm$ 0.4 (<0.01)	4.9 $\pm$ 0.3 (0.01)	3.0 $\pm$ 0.6 (0.01)
	Lung	α	22.6 $\pm$ 4.2	22.7 $\pm$ 2.5 (<0.01)	40.8 $\pm$ 7.8 (0.05)	50.7 $\pm$ 10.8 (0.07)
		β	4.5 $\pm$ 0.5	5.3 $\pm$ 0.8 (<0.01)	12.2 $\pm$ 2.5 (0.04)	10.7 $\pm$ 1.8 (0.03)
		γ	1.4 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.2 (<0.01)	7.0 $\pm$ 1.4 (0.01)	5.0 $\pm$ 1.1 (0.01)
		δ	1.1 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.5 (0.01)	8.9 $\pm$ 0.6 (0.02)	5.9 $\pm$ 1.1 (0.01)

* Indicated as average $\pm$ standard deviation (5 rats a group), ** treated just before administration.

ED : vitamin E deficiency group, NL : normal group.

Percentage of apparent organ uptake of each tocopherol to the dose in parentheses (as average).

われる。

背皮では、*m*-Toc 投与後 24 時間まで α -Toc 濃度は有意な増加を示さず、また他の同族体の場合はいずれもやや増加傾向がみられるものの α -Toc より相当低い値を

Fig. 2. Change of each tocopherol concentration in the liver of normal and vitamin E deficiency groups of rat with the lapse of time after forced oral administration of the mixture of *d*-tocopherol (Experiment I).

Symbols are the same as in Fig. 1.

Fig. 3. Change of each tocopherol concentration in serum, kidney and lung of normal and vitamin E deficiency groups of rat with the lapse of time after forced oral administration of the mixture of *d*-tocopherols (Experiment I).

Symbols are the same as in Fig. 1.

Table 3. Concentrations of tocopherols in adipose tissue, back skin and liver of rats, after administration of a single dose (Experiment II). (mg/100 g fresh tissue)

Tissue	Tocopherol	Controls ^a	After administration (hr)			
			10		24	
			<i>m</i> -Toc ^b	Toc-free I ^c	<i>m</i> -Toc ^b	Toc-free I ^c
Adipose tissue	α	2.01±0.26	2.41±0.21	2.08±0.36	2.44±0.48	1.88±0.28
	β	0.07±0.02	0.29±0.04	0.13±0.02	0.19±0.02	0.15±0.03
	γ	0.15±0.04	0.25±0.04	0.04±0.03	0.13±0.02	0.04±0.02
	δ	0±0	0.36±0.04	0±0	0.32±0.06	0±0
Back skin	α	1.48±0.42	1.46±0.52	1.49±0.06	1.78±0.34	1.73±0.48
	β	0.04±0.01	0.11±0.05	0.04±0.01	0.14±0.05	0.05±0.01
	γ	0.05±0.01	0.12±0.10	0.04±0.01	0.13±0.08	0.04±0.01
	δ	0±0	0.15±0.11	0±0	0.19±0.11	0.01±0.01
Liver	α	1.79±0.30	8.22±1.24	1.70±0.19	4.19±0.79	1.18±0.06
	β	0.07±0.02	2.23±0.41	0.03±0.01	0.44±0.09	0.01±0
	γ	0.08±0.02	1.89±0.35	0.04±0.02	0.30±0.06	0±0
	δ	0±0	1.70±0.33	0±0	0.21±0.04	0±0

^a : Treated just before administration.

^b : Group, forcibly administered 1 g of lard olein contained about 200 mg of the roughly equal mixture of α -, β -, γ - and δ -tocopherols by p.o.

^c : Group, forcibly administered 1 g of lard olein only by p.o.

示した。

なお、肝臓の場合、Toc 同族体の投与量が異なるものの実験 I と同様に α -Toc が優先的にとりこまれ、蓄積されるのに対し、他の同族体が一時的にとりこまれても速やかに排出されることを示した。

以上の結果から m -Toc を 1 回強制投与した場合、投与後 24 時間経過しても脂肪組織および背皮の各 Toc 同族体濃度は、あまり大きな変化を示さないことがわかった。

2) 連続投与試験 つぎに行なった高 δ 混合 Toc および分別豚脂のみを連続 4 日間強制投与した場合の脂肪組織、背皮および肝臓中の Toc 同族体濃度を Table 4 に示す。高 δ 混合 Toc 投与群の脂肪組織では、最終投与後 24 時間の α -Toc 濃度は投与前の対照 (Table 3 参照) および分別豚脂投与群と有意差がみられなかった。また β - および γ -Toc 濃度は α -Toc より相当低い値を示し、対照および分別豚脂投与群の場合とあまり大きな差がみられなかった。一方、 δ -Toc 濃度は有意ではないものの α -Toc よりむしろ高かったのに対し対照および分別豚脂投与群ではほとんど 0 に近かった。これは δ -Toc の投与量が α -, β -および γ -Toc のそれぞれ約 10, 180 および 5 倍も多かったためと思われる。しかし高 δ 混合 Toc 投与による各 Toc 同族体濃度の増加、すなわち高 δ 混合 Toc 投与群と分別豚脂投与群との濃度差と比較すると、 δ -Toc は α -, β -および γ -Toc のそれぞれ約 15, 280 および 13 倍といずれも投与量の場合より高い倍率となる。したがって脂肪組織への δ -Toc の蓄積性は他の同族体の場合より高いと推論される。これはさきに報告⁵⁾した著しく過剰の Toc 添加飼料で飼育した場合の結果と一致し、また平原ら⁶⁾が述べた δ -Toc 単独投与で脂肪組織中のその濃度が高くなる事実とも矛盾しない。

背皮でも同様に高 δ 混合 Toc の連続投与により δ -Toc は他の各同族体より蓄積されやすいことを示した。

肝臓では高 δ 混合 Toc 投与群の δ -Toc 濃度は対照および分別豚脂投与群よりやや高かったのに対し他の同族体の場合は対照群と有意差がみられなかった。しかし δ -Toc 投与量が他の同族体より圧倒的に多かったにもかかわらずその濃度が α -Toc より相当低かったことは、肝臓では非 α -Toc をほとんど蓄積しないと推定したさきの報告⁵⁾を裏づけるものと考えられる。事実、分別豚脂投与群では α 以外の同族体は微量またはほとんど検出されなかった。

つぎに高 δ 混合 Toc 投与群の個々のラットごとに背皮の脂肪含量ならびに α - および δ -Toc の組織中および脂肪中濃度を Table 5 に示す。組織中の δ -Toc 濃度はラットによる変動のやや大きい脂肪含量と高い相関 (相関係数 0.93) が認められた。また Table 4 で示したよう

Table 4. Concentrations of tocopherols in adipose tissue, back skin and liver of rats at 24 hr after final administration of consecutive 4 doses (Experiment II). (mg/100 g fresh tissue)

Tissue	Tocopherol	δ -rich-Toc ^a	Toc-free II ^b
Adipose tissue	α	2.23 $\pm$ 0.36	2.05 $\pm$ 0.16
	β	0.17 $\pm$ 0.03	0.16 $\pm$ 0.02
	γ	0.27 $\pm$ 0.05	0.06 $\pm$ 0
	δ	2.79 $\pm$ 0.52	0 $\pm$ 0
Back skin	α	1.64 $\pm$ 0.34	1.65 $\pm$ 0.26
	β	0.05 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.02
	γ	0.11 $\pm$ 0.02	0.05 $\pm$ 0.01
	δ	1.25 $\pm$ 0.57	0.02 $\pm$ 0.02
Liver	α	1.59 $\pm$ 0.27	1.37 $\pm$ 0.16
	β	0.05 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.01
	γ	0.11 $\pm$ 0.02	0 $\pm$ 0
	δ	0.23 $\pm$ 0.04	0 $\pm$ 0

^a : Group, forcibly administered 1 g of lard olein contained about 300 mg of δ -rich mixture of d -tocopherols by p.o., once a day for consecutive 4 days.

^b : Group, forcibly administered 1 g of lard olein only by p.o., once a day for consecutive 4 days.

Table 5. Contents of fat, α - and δ -tocopherols in back skin of individual rats in δ -rich-Toc group at 24 hr after final administration (Experiment II).

Rat number	Fat (%)	α -Tocopherol (mg/100 g)		δ -Tocopherol (mg/100 g)	
		in tissue	in fat	in tissue	in fat
1	9.23	1.48	16.03	0.75	8.13
2	21.19	1.14	5.38	1.23	5.80
3	7.02	1.96	27.92	0.65	9.26
4	18.37	1.93	10.51	1.64	8.94
5	30.38	1.68	5.53	1.97	6.48
CV ^a (%)		20.7	71.7	45.6	19.7

^a : Coefficient of variation.

に背皮の場合は δ -Toc 濃度のばらつきが他の組織よりやや大きいものの脂肪当たりに換算するとその変動係数は組織当たりの 1/2 以下にまで低下した。これらの結果は背皮に含まれる δ -Toc はその組織に付随しやすい皮下脂肪に多く存在することを示唆している。なお組織中の α -Toc 濃度の場合は脂肪含量との相関がみられなかった (相関係数-0.23) ことから、 α -Toc は δ -Toc と異なり皮膚組織に多く含まれるものと考えられる。

結 論

ほぼ等量の 4 Toc 同族体を含む *m*-Toc の約 20 mg/100 g 添加および無添加飼料で飼育した正常および E 欠群ラットに約 120 mg の *m*-Toc を強制投与し、投与後 24 時間まで経時的に種々の組織中の Toc 同族体を高速液体クロマトグラフィーで分析した (実験 I)。また 7 週齢ラットに約 230 mg の *m*-Toc の 1 回強制投与、ならびに約 75 % の δ -Toc を含む高 δ 混合 Toc の 4 日間連続強制投与を行ない、各ラットの脂肪組織、背皮および肝臓中の Toc 同族体を同様に分析した (実験 II)。

1) 実験 I では、小腸の Toc 同族体濃度はいずれも投与後 4 時間、肝臓では一般に 10 時間、血清では 4~10 時間、肺では 10~24 時間が最も高い値を示した。しかし腎臓ではいずれも 24 時間までほとんど変化がみられなかった。これらの組織への Toc のとりこみは、 γ -および δ -Toc のほうが α -Toc より速やかであり、そしてより速やかに消失する傾向がみられた。

2) 肝臓および肺への各同族体の見掛けのとりこみ率で比較すると、 β -Toc のとりこみ率は投与後 4 時間で α -Toc よりやや高かったが、最高とりこみ率ではより低いものの γ -および δ -Toc よりはやや高い値を示した。また E 欠群の Toc とりこみ率は一般に正常群より速やかに上昇するが、最高とりこみ率はより低い値を示した。

3) 実験 II の *m*-Toc 1 回投与では、脂肪組織および背皮中の各 Toc 同族体濃度はいずれも投与後 10 時間と 24 時間でほとんど差がみられず、また非 α -Toc 同族体濃度はいずれも α -Toc より相当低かった。

4) 高 δ 混合 Toc の連続投与では、最終投与後 24 時

間において脂肪組織および背皮中の δ -Toc 濃度は著しい増加を示したが、他の同族体の場合はあまり変化がみられなかった。また α -および δ -Toc 濃度間に有意差がみられないが、分別豚脂投与群との濃度差で比較すると δ -Toc は他の同族体より脂肪組織および背皮に蓄積されやすいことを示した。

5) 高 δ 混合 Toc 投与群の背皮では、 δ -Toc 濃度は脂肪含量と高い相関が認められたが、 α -Toc 濃度の場合はその相関がみられなかった。

終りに本研究に対し協力ならびに有益な助言をいただいた(株)日本食品油脂検査協会技術部長、丸山武紀博士に深謝する。

文 献

- 1) 島蘭順雄, 勝井五一郎編: ビタミン E, 120 (1973), 朝倉書店 (東京)
- 2) Schmandke, H., Kaludin, I. and Ketz, H. A.: *Int. Z. Vitaminforsch.*, **33**, 254 (1963)
- 3) Peake, I.R., Windmueller, H. G. and Bieri, J. G.: *Biochim. Biophys. Acta*, **260**, 679 (1972)
- 4) 兼松 弘, 牛草寿昭, 丸山武紀, 新谷 勲, 松本太郎: 油化学, **32**, 51 (1983)
- 5) 兼松 弘, 知見憲次, 牛草寿昭, 新谷 勲, 藤田忠雄, 亀井正治, 神戸 保, 佐々木清司: 栄食誌, **37**, 25 (1984)
- 6) 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之監修: 食品分析ハンドブック, 120 (1982), 建帛社 (東京)
- 7) Machlin, L. J. and Gabriel, E.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **393**, 48 (1982)
- 8) 平原文子, 小島義樹, 印南 敏, 木村修一: 第 36 回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 東京, 131 (1982)

(昭和 58 年 7 月 14 日受理)