

氏 名(本籍) 片 山 純 勇

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 338 号

学位授与年月日 昭 和 63 年 1 月 14 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 高エネルギー経腸栄養法の生化学的効果
に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 木村 修一

教授 安元 健

教授 藤本健四郎

論文内容要旨

本論文の要旨

(1) 従来の経腸栄養法の問題点

本論文においては消化器外科手術の前後に使用する経腸栄養法について、最初に従来の知見を整理した。すなわち、経腸栄養法は経口的栄養摂取が不十分な場合の補助手段として、また食物が上部消化管を通過することが好ましくない場合の栄養管理方法として、あるいは十分な栄養補給を行い、かつ糞便量を減らしたい場合など、主として外科領域で従来から使用されてきたが (Fig.1)、近年内科

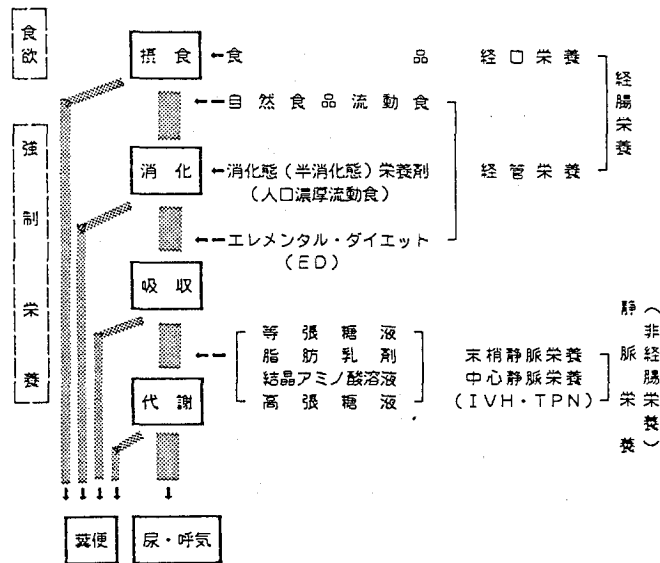


Fig.1 栄養補給方法の概念 (F1-1)

系疾患においても、代謝異常の改善・治療を目的として用いられることが多くなっており、このような背景から経腸栄養法に用いる素材の配合についても、充分検討する必要がある

あると考えた。

また栄養素の消化・吸収・代謝に関する知見が集積されるとともに、生体にとってもっとも生理的な栄養補給法が大切であることが認識され、この考え方からも経腸栄養法に用いる素材の質のみなおしが必要である。これまでに市販されている経腸栄養剤には次のような問題点が存在する。

すなわち、

- ① 下痢・腹部膨満感などの副作用の頻度が高いこと、
- ② 単位量あたりの供給エネルギーの低い場合があること、
- ③ 栄養素、とくに蛋白質の利用効率が低いこと、
- ④ 栄養素のバランスが不良なものがあり、とくに低脂肪含量のものでは長期間使用する際に、脂肪肝などの好ましくない生理状態になること、
- ⑤ 摂取時の宿主の腸内菌叢におよぼす影響についての検討が行われていないこと、などである。

(2) 問題点解決のための仮説設定と検証結果

本論文では、上記の各問題点を改良するために以下の仮説を設定し、これらの仮説を検証するため、半消化態経腸栄養剤である試作品Aを用いて各種の栄養効果試験・手術侵襲回復試験・生体内での代謝試験および宿主の

腸内菌叢におよぼす効果を確かめる試験を行った。

試作品 A は蛋白質 20%、脂肪 15%、糖質 59.2%、エネルギー 452 Kcal/100g の一般組成をもつ半消化態経腸栄養剤であるが (Table 1)、乳蛋白質の他にシスチン、メチオニン、トリブ

Table 1 Composition of enteral feeding nutritions (per 100g)

Nutritions		Formula A	SG	HR	ED
Ingredients					
Protein	g	20.0	23.5	14.0	14.0
(Amino acid)	g	(0.47)			(14.0)
Fat	g	15.0	3.5	9.3	0.3
(MCT)	g	(8.4)			
Carbohydrate	g	59.2	66.5	70.1	79.4
(Lactose)	g	(6.0)			
Energy	kcal	452	390	420	375
Fat energy %		29.9	8.1	16.1	0
Vitamin A	IU	1,000	1,102	466	279 μ g
Vitamin D	IU	—	88	46.6	64 μ g
Vitamin B ₁	mg	0.50	2.2	0.23	190 μ g
Vitamin B ₂	mg	0.80	1.9	0.26	3.5 μ g
Vitamin B ₆	mg	1.00	1.1	0.46	275 μ g
Vitamin C	mg	10.20	69.4	11.66	9.8 μ g
Vitamin K	mg	—	0.006	—	11 μ g
Vitamin E	IU	3.40	1.8	9.32	4.1
Niacin	mg	0	24	—	—
Nicotinamide	mg	4.50	23.7	3.5	2.75
Folic acid	mg	90 μ g	—	0.12	55 μ g
Ca panto- thenate	mg	3.40	8.4	2.33	1.37
Vitamin B ₁₂	μ g	1.30	0.88	1.17	0.9
Na	mg	254	308	590	325
Cl	mg	373	506	902	646
K	mg	530	749	319	272
S	mg	—	—	82	—
Mg	mg	40	52.9	62	50
Ca	mg	444	680	164	197
P	mg	371	530	221	152
Fe	mg	5.0	4.0	2.73	2.25
I	mg	—	33 μ g	0.03	0.02
Mn	mg	—	1.1 μ g	0.03	0.37
Cu	mg	—	0.44 μ g	0.03	0.26
Zn	mg	1.54	4.4	0.85	0.24

— : Not determined.

(T2-1)

トファンを補足した窒素源を用いたこと、中鎖脂肪酸トリグリセリド(MCT)を全脂肪の56%相当量用い、また必須脂肪酸を含むコーンサラダ油を用いて、リノール酸含量を2%とすることにより、全エネルギーに対する脂肪由来のエネルギー比率を約30%(リノール酸由来エネルギー比率4%)としたこと、および糖質としてデキストリンの他に脱脂乳由来の乳糖を酵素により75%加水分解した糖質を用い、デキストリンとの混合比を35:65としたこと、さらにビタミン、ミネラルについては各所要量を満足するとともに、できるだけ天然素材由来としたこと、などの特徴をもつものである。

仮説1：副作用(下痢・腹部膨満感など)の原因は主として脂肪および糖質の配合が不適正なことによるものであるから、これらの素材および配合比率を検討することにより副作用は軽減される。

試作品Aの脂肪源としては前述のように、多量の中鎖脂肪酸トリグリセリド(MCT)および充分量の必須脂肪酸を用いている。また糖質源として、デキストリンの他に酵素によって部分加水分解処理を施した乳糖を用いている。健常動物および手術侵襲動物に試作品Aを与えた実験では、下痢などの副作用は全くみられず(Fig.2, Fig.3)、飼料効率・エネルギー効率は比較に用いた市販の他の半消化態経腸栄養剤よりもすぐれており、また市販の

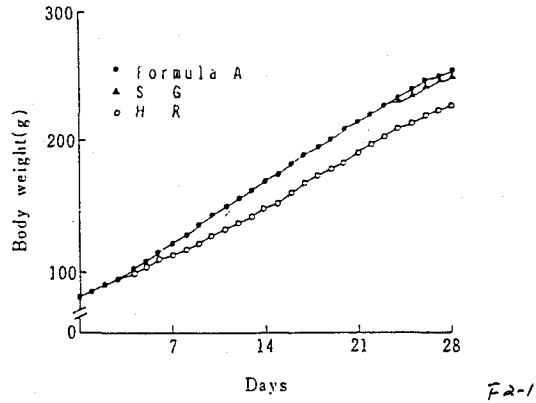


Fig. 2 Average growth in rats of three groups.

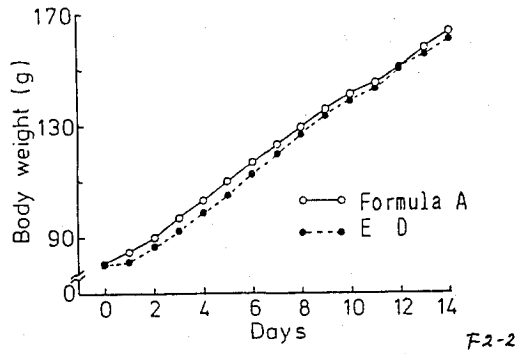


Fig. 3 Average growth in rats of each group.

Rats in two groups were fed with Formula A or ED ad libitum, respectively.

成分栄養剤と同等以上の値を示した (Fig. 4)。また血清分析結果から試作品 A に配合した M C T は易吸収性をもつことが確かめられた。したがって従来から言われているような、高脂肪含量や乳糖含有は経腸栄養剤として好ましくないとの考え方は必ずしも正しくなく、脂肪や糖質の質および量を改良することによって、副作用を起こさない経腸栄養剤を作成することが可能であるとの結論をえた。

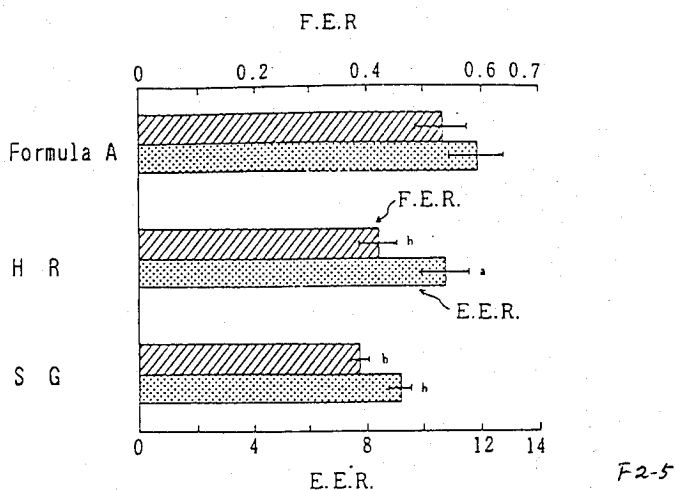


Fig. 4 Food efficiency ratio (FER) and energy efficiency ratio (EER) in rats of three groups.

FER: Total weight gain (g)/total food intake (g)

EER: Total weight gain (g)/total energy intake (100 kcal)

Each column indicates mean \pm S.D.

a and b: Significantly different from Formula A group at $p < 0.05$ and 0.01

仮説 2 : 経腸栄養剤の高エネルギー化には、脂肪由来のエネルギーを利用することが望ましく、このためには中鎖脂肪酸トリグリセリド(MCT)が有効である。

従来経腸栄養剤の高エネルギー化のためには、主としてその糖質含量を高める工夫が行われてきた。この方法は必ずしも効率の高いものではなく、また使用時における溶液の粘度増加や浸透圧上昇を招くなど、不利な点がある。試作品 A では MCT を主とした脂肪を 15% となるよう配合することによって、100 g あたりの供給エネルギーを 452 kcal とすることができた。試作品 A における脂肪由来の

エネルギーは全エネルギーに対し約30%となるが、このような高エネルギー比率は従来の市販経腸栄養剤にはみられないものである。

飼料効率・エネルギー効率試験の結果から、試作品Aに配合したMCTを主体とする脂肪はこれらの効率を増加することが確かめられた他、蛋白質の利用効率を低下させないことも判明した。さらに体内臓器、とくに肝における脂肪沈着防止に著効のあることが、市販成分栄養剤との比較から明らかとなった(Table 2, Table 3)。これはMCTが肝の

Table 2 Liver triglyceride and glycogen content in rats of each group

Experimental groups	Triglyceride (mg/dry wt.)	Glycogen (mg/dry wt.)
Formula A	31.55±19.72*)	0.122±0.024
ED	157.62±58.04 ^a	0.122±0.068

*) Mean ± S.D.

a: Significantly different from Formula A group at $p < 0.01$. (T2-14)

Table 3 Grade of fatty deposit in liver

Experimental groups	Number of rat	Negative (-)	Slight (±)	Mild (+)	Marked (++)	Extensive (+++)
Formula A	8	1	5	2	0	0
ED	10	0	0	2	3	5

Each value was the result from microscopic observation of liver.

(T2-15)

中性脂肪代謝を促進する効果にもとづくものと考えられる。吸収・分布・排泄試験においても、試作品Aに配合したMCTは生体内で充分有効に利用されていることが判明した。したがって経腸栄養剤の高エネルギー化のため

め、脂肪由来のエネルギー比率をとくに M C T の利用により高めることが有効であると確認した。

仮説 3 : 蛋白質の利用効率は、高い蛋白価をもつ窒素源の使用により高めることができる。

試作品 A では乳蛋白質を窒素源として配合したが、これに不足するアミノ酸（シスチン・メチオニン・トリプトファン）を補足し、FAO/WHO の勧告アミノ酸パターンに近似させた。この結果、その蛋白価は全卵蛋白質とほぼ同等の値となった。健常動物および侵襲動物を用いた実験結果から、蛋白効率・窒素出納・生物価などの指標はきわめて高く (Table 4, Table 5 Table 6, Fig.5, Fig. 6)、とくに侵襲時における窒素出納の負から

Table 4 Body weight gain, food intake and PER in each group

Group	Food	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	PER ^{#2}	Relative PER ^{#3}
I	Formula A diet	5.9±0.4 ^{#1}	16.1 ±0.8	3.7±0.2	93
II	SG diet	4.5±0.8 ^b	14.3 ±1.0 ^b	3.2±0.7 ^a	81
III	HR diet	3.9±0.5 ^b	12.6 ±1.3 ^b	3.2±0.6 ^a	80
IV	Whole egg-1 diet	7.1±1.1 ^b	17.8 ±1.7 ^a	3.9±0.3 ^b	100
V	Whole egg-2 diet	6.4±1.2	17.3 ±0.8 ^b	3.7±0.8	94
VI	Whole egg-3 diet	7.2±0.4 ^b	17.9 ±0.9 ^b	4.0±0.2 ^b	102
VII	Casein-1 diet	3.6±0.7 ^b	13.0 ±1.5 ^b	2.8±0.3 ^b	70
VIII	Casein-2 diet	4.1±0.7 ^b	14.5 ±1.6 ^a	2.8±0.3 ^b	72

#1 Mean ± S.D.

#2 PER (protein efficiency ratio) = $\frac{\text{total weight gain (g)}}{\text{total protein intake (g)}}$

#3 Comparison with group IV.

a and b : Significantly different from group I at p < 0.05 and 0.01.

(T2-7)

Table 5 Nitrogen balance, true digestibility, biological value and net protein utilization in rats of each group

Group	Food	N B ¹⁾ (mg)	T D ²⁾ (%)	B V ³⁾ (%)	NPU ⁴⁾ (%)
I	Formula A diet	255.2±27.2*	97.0±1.6	99.0±1.5	96.1±2.3
II	SG diet	204.0±23.3*	94.7±0.9*	88.0±3.3*	84.3±4.7*
III	HR diet	178.4±40.5*	97.5±1.6	82.0±4.9*	79.9±5.2*
IV	Whole egg-1 diet	285.6±28.1*	97.2±0.9	101.2±1.8*	98.3±2.1
V	Whole egg-2 diet	269.1±20.2	97.4±0.5	101.2±0.9*	98.6±1.1*
VI	Whole egg-3 diet	278.9±35.2*	98.0±0.5 ^b	101.3±2.7*	99.3±2.8*
VII	Casein-1 diet	181.9±50.9*	96.6±2.6	85.7±7.1*	83.0±8.3*
VIII	Casein-2 diet	215.9±31.6*	99.3±1.0 ^{a, c}	87.2±1.9*	87.7±4.3*

* Mean±S.D.

1) NB(nitrogen balance) = $I - (F - F_0) - (U - U_0)$

2) TD(true digestibility) = $\frac{I - (F - F_0)}{I} \times 100$

3) BV(biological value) = $\frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I - (F - F_0)} \times 100$

4) NPU(net protein utilization) = $\frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I} \times 100$

I: Nitrogen intake, F: Fecal nitrogen, U: Urinary nitrogen, F₀: Endogenous fecal nitrogen, U₀: Endogenous urinary nitrogen

a and a': Significantly different from group I at p < 0.05 and 0.01.

b: Significantly different from group IV at p < 0.05.

c: Significantly different from group VII at p < 0.05.

(T2-9)

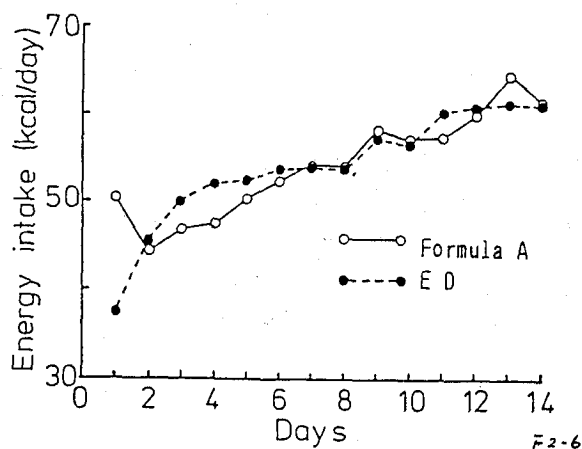


Fig. 5 Daily energy intake in rats of each group.

正への変化に要する期間が市販成分栄養剤よりも短く、体重増加も顕著であった。手術直

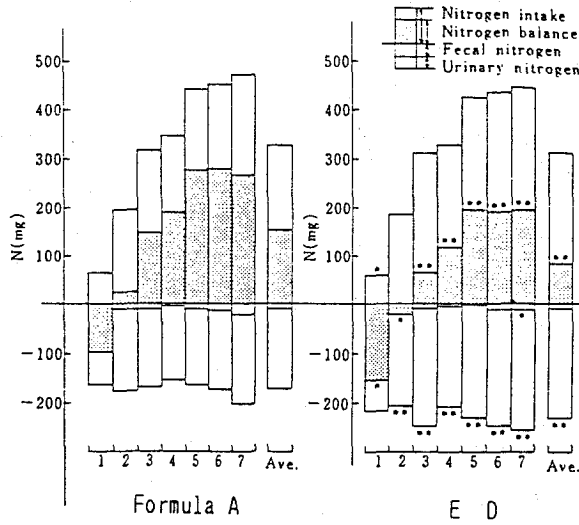


Fig. 6 Nitrogen balance.

F2-11

*p < 0.05. ** p < 0.01, significantly different from Formula A group.

Table 6 Nitrogen balance subtracted nitrogen in digestive tract content.

Group	Number of rats	Nitrogen balance
Formula A	13	105.7 ± 16.92
ED	10	57.12 ± 11.74*

* p < 0.01, Significantly different from Formula A group.

Mean ± S.D.

(T2-31)

後には生体内の蛋白質合成が亢進するが、この場合の窒素源として高い蛋白価をもつものがきわめて有効であることが確認された。また手術侵襲部の回復力（創傷治癒効果）も市販の成分栄養剤や半消化態経腸栄養剤よりも高く（Table 7, Table 8）、これは試作品Aの窒素源が有効に利用されているためであ

り、またその原因は蛋白価の高いことにもとづくことが確かめられた。

Table 7 Bursting pressure at the region of anastomosis in small intestine.

Feeding Group	Feeding pattern	Bursting pressure (mmHg/cm ²)		
		Normal	Small intestine resected	
			the 5th day after operation	the 11th day after operation
I Formula A	ad libitum	209.5 ± 6.4	137.3 ± 21.6 (65.5%)	222.8 ± 12.5 (106.9%)
II ED	ad libitum	206.0 ± 14.8	146.6 ± 20.0 (71.2%)	212.5 ± 32.9 (103.2%)
III SG	ad libitum	216.9* ± 18.5	140.9 ± 19.4 (65.0%)	206.2 ± 18.1 (95.0%)
IV Formula A	paired feeding	195.9 ± 12.5	128.9 ± 29.5 (65.8%)	188.6 ± 25.0 (96.3%)
V ED	paired feeding	193.4 ± 17.0	143.8 ± 21.2 (74.4%)	170.4 ± 20.0 (88.1%)

Each value represents the mean ± S.D. of 8 rats.

* Significantly different from group IV at p < 0.05.

Values in parenthesis denote the ratio of each group versus normal.

Control value (24 hours after operation): 28.6 ± 4.2 mmHg/cm².

(T2-41)

Table 8 Ratio of bursting pressure per unit protein intake*¹

Enteral feeding	Mode of feeding	Bursting pressure Protein intake* ²
I Formula A	ad libitum	67.5
II ED	ad libitum	59.0
III SG	ad libitum paired feeding	54.3
IV Formula A	paired feeding	67.4
V ED	paired feeding	58.8

*1 : mmHg/g·cm²

*2 : Average daily intake during 11 days.

(T2-42)

仮説 4 : 3 大栄養素および微量成分も含めた
栄養素のバランスが良好な栄養剤摂
取により、生体は正常な代謝機能を
営むことができる。

試作品 A において、3 大栄養素をはじめとする各栄養素の配合については、それぞれについて必要量を満足するよう考慮したほか、蛋白質・脂肪・糖質の配合比についてもバランスを考慮した。すなわち脂肪については全エネルギーに対する比率が約 30% となるようにした。また糖質についてはデキストリンと乳糖の部分加水分解物との比率が 65:35 となるようにした。これを摂取する生体の代謝機能は血液性状・血清生化学分析・臓器所見などからしらべることができるが、試作品 A を摂取した動物では市販の成分栄養剤や他の半消化態経腸栄養剤を摂取した場合に比較して、血中脂肪酸の高値や肝の脂肪沈着も認められず (Table 9)、また血中グルコース濃度

Table 9 Glycogen and triglyceride contents in liver.

Group	Number of rats	Glycogen (mg/g-liver)	Triglyceride (mg/g-liver)
Formula A	9	0.241±0.075	30.99±17.6
ED	7	0.103±0.015*	247.9 ±81.5*

* $p < 0.01$, Significantly different from Formula A group.
Mean±S.D. (T2-39)

の上昇も速やかであり、微量元素の代謝もすぐれており (Fig.7)、これらの現象は試作品 A の栄養素の配合バランスが良好なことによるものであると確認した。

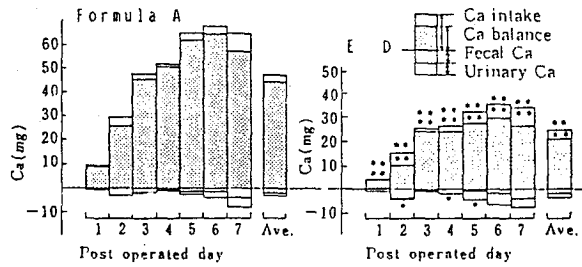


Fig. 7 Ca balance.

F2-16

*p < 0.05, ** p < 0.01 , significantly different from Formula A group.

仮説 5 : 宿主の腸内菌叢の構成は、摂取する栄養剤の糖質組成に主として依存する。健康人の腸内菌叢に近似したパターンを与えるような糖質組成が、経腸栄養剤の糖質として望ましい。

生体内にとりこまれた栄養素の栄養効果は、その一部を腸内細菌に負うところが多いが、経腸栄養法を施行した際の宿主の腸内菌叢の変化やこれに与える影響をしらべた例は少ない。本論文ではカニクイザルの腸内菌叢を分析した結果から、カニクイザルを幼仔期・成年期・壮年期および老年期の4期にわけることが可能なことを見出した(Fig.8)。また成・壮年期のカニクイザルの腸内菌叢はヒトに近似していることや、菌数もほぼ一定していることから、ヒトのモデルとして栄養代謝試験に利用できることを確かめた。

成・壮年期のカニクイザルに試作品Aおよび市販の成分栄養剤を摂取させた場合、その腸内菌叢は前者においては Bifidobacterium が増加し Streptococcus と Peptococcaceae が減少した。後者においては逆の現象がみられ

た (Fig. 9, Table 10)。腸内菌叢変化の原因、とくに Bifidobacterium のようなヒトに

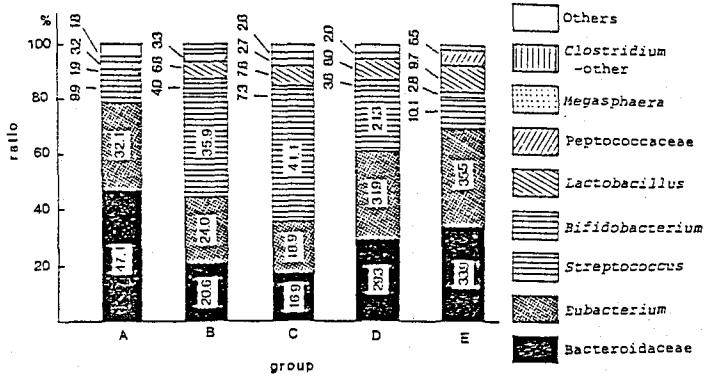


Fig. 8 Constitution of fecal microflora in each age group.
 A(0 ~1 years old), B(2 ~3 years old),
 C(4 ~5 years old), D(6 years old) and
 E(over 10 years old)

F3-1

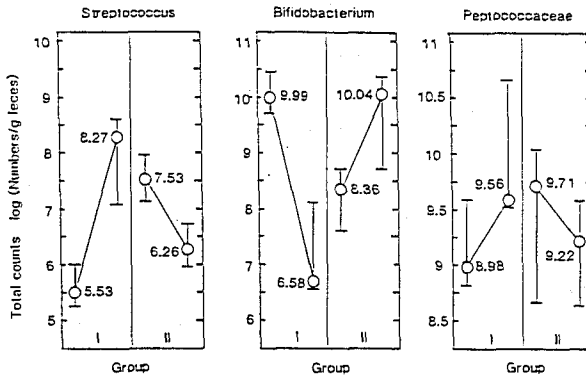


Fig. 9 Changes in numbers of fecal microflora with administration of enteral feedings.

Mean value and S.D. are shown in log(Numbers/g feces).
 Group I was fed with Formula A for 4 weeks followed by feeding with ED for the next 4 weeks.
 Group II was fed in the reverse order.

F3-2

にとって有用な菌叢の増加は、この菌の利用しやすい糖質が試作品 A 中に存在していることを示唆している。試作品 A では前記のように糖質源としてデキストリンの他に、乳糖の部

分酵素加水分解物を配合しており、これが Bifidobacterium の増殖促進作用を示すものと推論した。

Table 10 Composition of microflora in the fetus of Macaca fascicularis.

Adminst.group Microflora	I (A → B)		II (B → A)	
	Enterobacteriaceae	0.01	0.25	0.09
<u>Streptococcus*</u>	(0)	0.51	0.07	(0)
<u>Staphylococcus</u>	(0)	(0)	(0)	(0)
<u>Bifidobacterium*</u>	28.26	0.01	0.71	34.52
<u>Eubacterium</u>	20.00	21.77	2.24	25.59
Bacteroidaceae	43.77	67.27	75.81	34.52
<u>Clostridium</u> -other	7.26	0.47	5.24	0.13
Peptococcaceae*	0.70	9.72	15.84	5.22
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Values are expressed in per centage.

Microflora having the frequency of occurrence more than 25 % are shown.

* denotes significant difference from I and II.

(0) : negligibly small.

A and B denote Formula A and ED, respectively.

(T3-7)

(3) 経腸栄養法の新しい評価法の提案

上記のように本論文においては第1章において設定した仮説がほぼ正しいものであることが、試作品Aを用いた各種の実験から確かめられたほか、本研究を通して経腸栄養法の評価法に関する有用な知見をうることができた。すなわち；

- ③ 手術侵襲動物を用いる栄養効果判定法は、臨床の場により近い条件下での評価であるため有効であること、
- ④ 創傷治癒効果を手術縫合部回復強度試験により行うことが有効であること (Fig. 10)、
- ⑤ 腸内菌叢の変化をしらべる方法が有効であること、

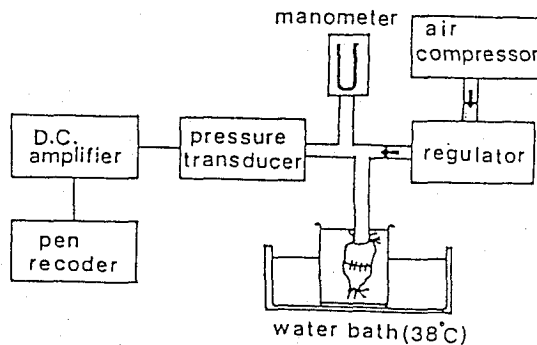


Fig. 10 Diagram of the measurement for bursting pressure.

などである。これらの評価法を従来の健常動物を用いる栄養効果試験法と併用することによって、経腸栄養法をより適確に評価することができると考える。

(4) 未解明の問題点と今後の展望

- ③ 蛋白質の利用効率や栄養効果におよぼす他の栄養素の共存効果については、その詳細が未確認である。とくに蛋白質・ペプチド・アミノ酸などの利用効率が、脂肪や糖質の共存する場合に差があるか否かを確かめることによって、より適確な窒素源を選択することができると考えられる。

- ⑥ 経腸栄養剤の摂取が生体の生理状態に与える影響を、各種の血液性状や血清生化学分析値から判定することは、これらの指標値についての個体差が大きいことや、その変動が極度に大きくなることはまれであることなどから、その妥当性に若干の疑問がある。摂取した栄養成分の生化学的変化（代謝）は細胞内部で行われ、その結果として各種の指標値が変動するものであるから、これらの指標値を評価項目とする方法は、いわば間接的評価方法と言わざるを得ない。細胞内における代謝変動、とくにミクロの変動について何らかの評価方法を用いてしらべることにより、とくに長期にわたって経腸栄養法を施行する場合に、より適切な処置を行うことが可能と考えられる。
- ⑦ 微量成分（ミネラル・ビタミン）の利用性については、天然素材由来のものと添加物由来のものとで差があるか否かをしらべることにも必要である。必要量を補給するとの考え方だけでは不十分であり、生体が利用しやすく、また副作用を示さない形態をもつ微量成分を経腸栄養法の素材として用いることが望ましいと考える。このためには各種の天然素材中の微量成分の存在状態に関する研究を行うことが必要であり、その結果新しい素材の発見も期待できる。
- ⑧ 体内における栄養素の代謝をしらべる方法として、本論文では放射性同位元素で標識化した各栄養素を用いた。この中で蛋白

質（カゼイン）についてはその構成アミノ酸を直接標識化することが困難であったため、メチル化カゼインを用いメチル基を標識化した。このような場合は厳密には実際に用いた素材とは異なるため、その代謝を正しく反映していないことも推測される。蛋白質の標識化方法については、妥当な方法を今後開発することが必要である。

- ⑤ 宿主の腸内菌叢は宿主が摂取する栄養素の中で、とくに糖質の種類による影響が大きいことがほぼ確実となった。また宿主にとって有利であると考えられる Bifidobacterium は乳糖やオリゴ糖の存在により、その生育が促進されるものと推測した。試作品 A 中にオリゴ糖が存在することは、乳糖を部分酵素加水分解した素材を用いていることからほぼ確実と考えられるが、正確な定量・同定を行っていないため、オリゴ糖と腸内菌叢の変化との関係を完全には解明できなかった。また宿主の手術侵襲時の腸内菌叢についてはしらべていないため、これにもとづく糖質の配合についての知見を得ることができなかった。今後新しい経腸栄養法の素材開発のためにも、この点を解明することが必要と考える。

審査結果の要旨

消化器外科手術前後の栄養補給の方法として発展してきた経腸栄養法も、近年内科系疾患においても代謝異常の改善治療を目的として用いられることが多くなるにつれて、経腸栄養剤の問題点を明らかにし、その改良が望まれるようになってきた。

本論文はこれにこたえるべく行われた研究といえよう。すなわち、問題点を整理した上でその解決のための仮説を設定し、これを検証する形でまとめている。まず、これまでの経腸栄養剤では下剤、腹部膨満感などの原因は主として、脂肪および糖質の配合が適正でないことから生ずるものであるとし、これらの素材および配合比率を検討することにより副作用が軽減されるのではないかということから、脂肪源として中鎖脂肪酸トリグリセライド (MCT) および充分量の必須脂肪酸を用い、糖質としてはデキストリンの他に部分加水分解した乳糖を用い副作用の少ないものを作成した。MCTはまた高エネルギー化にとっても有効であることを確認している。次にタンパク質源として高いタンパク価をもつ乳タンパク質を基本にして、これにシスチン、メチオニン、トリプトファンを補足し、侵襲時における窒素出納の負から正への変化に要する時間をこれまでのものよりも短く、しかも体重増加も顕著であることを確かめた。なお、微量成分を含めた栄養素のバランスに充分な配慮を施してある。さらに宿主の腸内菌叢の構成が摂取する栄養剤の糖質組成に主として依存することから、健常人の腸内菌叢に近似したパターンになるよう人間に近いカニクイザルを用いて検討し、ほぼ満足すべき経腸栄養剤を導き出したといえよう。本研究ではさらに経腸栄養法の新しい評価法を提案している。すなわち、創傷治癒効果を手術縫合部回復強度試験で行うというものである。

以上の内容のごとく本研究は経腸栄養法について基礎的な知見を得るために多大の貢献をなした。したがって著者は農学博士の学位を授与される十分な資格があると認定した。