

意識下の成犬におけるブドウ糖・アミノ酸・脂肪乳剤
 および食塩水の空腸内への持続投与が
 消化管運動と門脈血流におよぼす影響

新潟大学医学部第一外科学教室（主任：畠山勝義教授）

島 影 尚 弘

The Influence of Jejunal Continuous Administration of Glucose,
 Amino Acids, Fat Emulsion and Saline Solution on the
 Gastrointestinal Motility and Portal Blood Flow
 in Conscious Dogs

Naohiro SHIMAKAGE

*First Department of Surgery,
 Niigata University School of Medicine
 (Director: Prof. Katsuyoshi HATAKEYAMA)*

Changes in gastrointestinal motility and portal blood flow (PBF) by jejunal continuous administration of nutrients and saline solutions were experimentally evaluated in conscious dogs. An electromagnetic flowmeter probe was attached to the portal vein by laparotomy in seven adult dogs under general anesthesia, so that the full circumference of the vein would be covered by it. Bipolar silver electrodes were sewn onto the stomach and small intestine. After recovery, electromyograms (EMGs) of the digestive tract and PBF were recorded for 3 hours before infusion of the nutrients and after 3 hours of their infusion. The nutrients were infused as follows, so that ingestion rate of calorie of every nutrient infused would be 30 kcal/h; 10% fat emulsion (FAT), 10% glucose (GLU), and 10% amino acids preparation (AA) were infused at 30 ml/h, 75 ml/h, and 75 ml/h, respectively. Three saline solutions (NaCl), i.e., 0.9, 1.8, and 2.7% solutions, were prepared, and infused at 30 ml/h and 75 ml/h. EMGs of the digestive tract, which were taken for evaluating gastrointestinal motility, revealed that irregular

Reprint requests to: Naohiro SHIMAKAGE, 別刷請求先：〒951-8122 新潟市旭町通1番町
 First Department of Surgery, 新潟大学医学部第一外科教室 島影尚弘
 Niigata University School of Medicine
 Niigata City, 951-8122 JAPAN

waves were increased and the frequency of migrating myoelectric complex (MMC) was suppressed by infusion of all nutrients. The frequency of the phase III was lowest with FAT, followed by GLU and AA, in that order. The cycle of MMC was sustained and the phase III also appeared in the jejunum by infusion of NaCl. As the dose of NaCl solution was increased, the phase I was shortened and phase II was prolonged in the jejunum. PBF was significantly increased by the infusion of all nutrients. PBF infused with FAT significantly increased than those infused with GLU or AA. When NaCl solution was infused at 30 ml/h, PBF was not increased, whereas that was increased by the infusion at 75 ml/h. PBF was significantly increased in infusion with the 2.7% NaCl solution than those with the 0.9% or 1.8% solution, even in the infused rate was 75 ml/h.

Changes in PBF by infusion of every nutrient and NaCl solutions were compared under the condition in which the osmotic ratios and the doses of the nutrients were the same as those of the NaCl solutions. There was no significant difference in PBF between AA and 2.7% NaCl solution infused at 75 ml/h. However, PBF with FAT infusion was significantly increased than that with 0.9% NaCl solution infused at 30 ml/h, and PBF with GLU infusion was significantly increased than that with the 1.8% NaCl solution infused at 75 ml/h.

Gastrointestinal motility was changed by infusion of nutrients. At the same time, PBF was increased. Phase III suppression and changes in rate of cumulative spikes in the jejunum and the motility were thought to vary with chemical constituents of materials administrated, not with a difference in dose or osmotic ratio, and to reflect the increase in PBF.

Key words: glucose, fat emulsion, amino acids, NaCl solution, gastrointestinal motility, portal blood flow
ブドウ糖, アミノ酸, 脂肪乳剤, 食塩水, 消化管運動, 門脈血流

はじめに

栄養素を消化管に投与すると消化管での消化・吸収さらに分泌活動は亢進し、腸管血流は増加する。血流増加は局所反応であり¹⁾、栄養素により異なり²⁾³⁾、浸透圧物質でも血流量増加を認めると報告されている³⁾。また上腸間膜動脈の血管抵抗は食餌摂取とともに低下し腸管血流量は増加するとの報告がある⁴⁾。

一方、食餌摂取に伴い消化管運動は一変し、筋電図上の周期的変化 (migrating motor complex: 以下 MMC) は崩壊し不規則スパイク活動が連続することが知られている。また、経腸的に栄養素を投与しても投与部位以下の小腸では同じ様な腸管運動の連続を示す。この消化吸収に伴う腸管運動様式は投与された栄養素の量、

化学的性状、形状、熱量などで異なることはすでに明らかとされている⁵⁾⁻⁹⁾。しかし、成犬を用い意識下に経腸的に各種栄養素を投与し、長期間にわたり安定した状態での消化管筋電図と門脈血流量の変化を同時記録した研究の報告は見られない。

そこで今回、空腸上部に各種栄養素および NaCl 溶液を持続投与した際の腸管運動の変化と門脈血流量変化を同時測定し、投与栄養素および浸透圧が腸管運動と門脈血流量の変動におよぼす影響を明らかにし、消化吸収に伴う消化管運動変化の門脈血流に対する影響と更には肝臓への血液の有効環流を明らかにする目的で慢性犬を用い経腸的投与実験を行った。

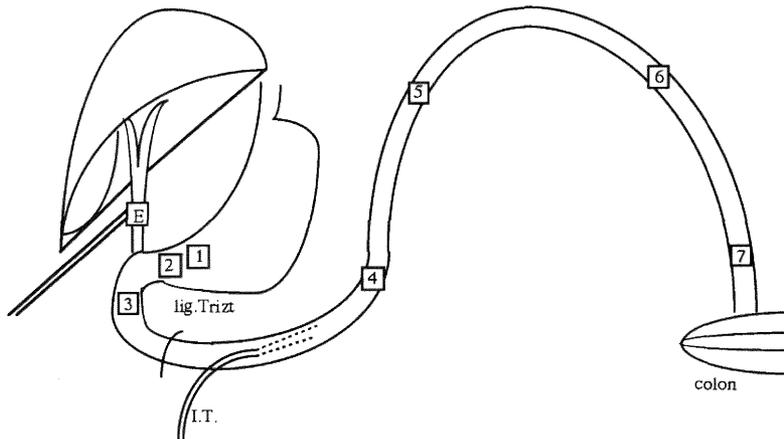


図1 実験犬の作成

E；電磁血流量計プローブ，I.T.；各種栄養素注入用チューブ（空腸瘻），銀針双極電極の縫着位置；1-2：胃前庭部，3：近位十二指腸，4-5：空腸，6-7：回腸

材料および方法

1) 実験犬の作成

雑種成犬7頭（9-14kg）をベントバルビタール（25-30mg/kg）にて麻酔し呼吸器（R-60，アイカ）を用い調節呼吸とし，必要に応じて筋弛緩剤を併用し開腹した。（図1）に示すごとく，埋め込み型電磁血流量計プローブ（FC-型，内径8mm，日本光電）を肝門部の門脈本幹に装着した後，フィブリン糊（ペリプラスト，日本ヘキスト）1mlを用いてプローブ全体を門脈とともにフィブリン層で被覆固定することで門脈の狭小化や変位もなく良好な固定が得られた。また銀針双極電極を胃前庭部に2個，十二指腸以下の小腸に幽門輪より3cm遠位の十二指腸から回盲弁の5cm口側の回腸まで5個を等間隔（1%，25%，50%，75%，99%；全小腸=100%）に縫着した。経腸栄養用のルートとしてトライツ靭帯より15cmの空腸に8Frのポリエチレンチューブ（多用途チューブ，アトム）を挿入し，チューブ先端が空腸電極4の口側に位置するようにWitzel型空腸瘻を造設した。プローブ，電極の導線とチューブは腹腔外に出した後，右側胸部の皮下を通して背部より体外に引き出した。術後10日以上経過し十分に手術侵襲より回復した後，意識下に腸管筋電図と門脈血流量の記録を行った。実験期間中は犬を金属製のゲージで飼育したが，日常の基本的活動すなわち睡眠，摂食，排泄などを極力制限しないように配慮した。

2) 記録方法

i) 記録装置

消化管筋電図は消化管筋電図専用アンプ（EM-2，フクダ電子）を用いて，遮断周波数20Hz，時定数は胃0.3秒・十二指腸以下の小腸0.03秒で導出した。記録は熱ペン式レコーダー（WR3701，Graphtec Co.）を用い用紙搬送速度は主として25mm/分で記録した。門脈血流量はプローブを電磁血流量計アンプ（MFV-3200，日本光電）に接続し，積分定数3で導出し，アンプからの外部出力はGP-IPインターフェースを介しパーソナルコンピューター（PC-9801 VM，NEC）に接続し，血流値を毎分10回でディスクに自動記録した。同時に，熱ペンレコーダーにも接続しポリグラフに血流量と消化管筋電図の変化を同時記録した。

ii) 記録条件

18時間以上絶食とした後より3時間の門脈血流量および消化管筋電図を測定しこれを空腹期（コントロール）とした。その後3時間空腸瘻より栄養素およびNaCl溶液を持続投与し同様に血流量と筋電図を測定して投与時記録とした。

投与栄養素および浸透圧比較実験に使用したNaCl溶液の投与条件を表1と2に示す。投与物質は市販の10%ブドウ糖液（10%ブドウ糖，大塚製薬，浸透圧比約2：以下GLU），10%アミノ酸製剤（アミゼット10，田辺製薬，浸透圧比約3：以下AA），10%脂肪乳剤（10%イントラリピット，Kabi Pharmacia AB，Uppsura，

表 1 各種栄養素および NaCl 溶液の投与条件

	Volume load (ml/h)	Calorie load (kcal/h)	mOsm/kg (mOsm/h)	Osmotic ratio
10% fat emulsion	30	30		≐ 1
10% glucose	75	30		≐ 2
10% amino acids	75	30		≐ 3
0.9% NaCl	30	0	308 (9.2)	1
	75	0	308 (23.0)	1
1.8% NaCl	30	0	618 (18.56)	2
	75	0	618 (46.4)	2
2.7% NaCl	30	0	924 (27.72)	3
	75	0	924 (69.3)	3

Sweden, 浸透圧比約 1 : 以下 FAT) でいずれも投与熱量が30kcal/h となるように微量注入器(テルモ)を用いて空腸瘻より持続投与した。この投与量は体重10-15kg の成犬1日あたりの必要カロリーを40-50kcal/kg とし、これを24時間かけ経腸的に投与するとしたときの1時間当たりの投与量に当たり30kcal/h を注入速度と設定した。その結果 FAT は30ml/h, GLU と AA は75ml/h で投与した。時間当たりの投与液量と浸透圧比に違いがあるため熱量を含まない NaCl 溶液(0.9%NaCl・1.8%NaCl・2.7%NaCl)を30ml/h および75ml/h で空腸瘻より投与した。

iii) 記録の解析

門脈血流量の記録は独自に開発した血流観測データ集計システム(ダナジャパン社)を用い処理解析するとともに、ポリグラフに同時記録し門脈血流量と消化管筋電図両者の変化を対応させ解析した。

門脈血流量は各栄養素投与開始前の空腹期3時間の平均門脈血流量を100%とし、投与開始後の血流変化をすべて空腹期門脈血流量に対する変化率(%)で求めた。

消化管筋電図は Sarna の定義に従い解析した¹⁰⁾。すなわち phase I は basic electric rhythm (以下 BER) にスパイクが全く重積しない運動静止期で、phase III ではすべてにスパイクが重積する活動期であ

表 2 投与アミノ酸製剤の成分組成

Essential amino acids (5.7g/dl)		Non-essential amino acids (4.3g/dl)	
Leu	1350	Ala	860
Ile	850	Arg	1110
Val	900	His	470
Lys	800	Pro	640
Thr	480	Ser	420
Trp	160	Cys	100
Met	390	Tyr	50
Phe	770	Asp	50
(mg/dl)		Glu	50
		Gly	550
		(mg/dl)	

り、phase II は中間に位置する。また MMC はこの 3 相が交互に出現を繰り返し、このうち phase III が下部消化管へ規則的に伝搬することをいう。また腸管に栄養素が存在すると MMC は抑制され、すべての小腸に不規則なスパイクが連続するようになりこの変化を食後期運動様式とした。

まず各種栄養素を持続投与し、MMC の抑制の有無を明らかにし、空腸と回腸の phase III 出現頻度(回/時間)を投与前の空腹期と比較した。そして NaCl 溶液持続投与では、MMC 周期および1周期あたりの phase I, II, III の各相が占める割合を求め空腹期と比較した。

さらに BER に重積するスパイクの平均スパイク重積率を空腸電極 4 と回腸電極 6 で比較した。空腹期 phase II の平均スパイク重積率をコントロールとし、各種栄養素で投与30分後より空腸および回腸の不規則波の平均スパイク重積率を求め比較した。NaCl 溶液では投与30分後よりの phase I, III 以外の不規則波の平均スパイク重積率を求め比較した。

iv) 統計処理

結果は全て平均±標準誤差で表した。データは Student's paired t-test および Scheffé's F-test にて統計処理し危険率 0.05 以下をもって有意差ありとした。

結 果

I) 消化管運動

非投与期間の空腸および回腸の各 phase における周期、振動数、スパイク重積率を(表 3)に示した。

1) Phase III の出現頻度

i) 各種栄養素投与による変化(表 4)

栄養素の投与により消化管から MMC は消失し食後

表3 空・回腸における空腹期 Phase I・II・IIIの周期, BERの頻度およびスパイク重積率

	Jejunum			Ileum		
	Phase I	Phase II	Phase III	Phase I	Phase II	Phase III
Duration Time (min.)	33.04±13.25	61.88±25.78	6.63±0.81	30.11±14.12	68.83±26.17	7.08±1.35
Percentage (%)	32.83±8.90	60.06±9.88	7.11±2.05	29.00±11.27	63.86±11.86	7.14±1.95
Frequency (times/min..)	17.66±0.53	17.63±0.62	16.95±0.80	15.37±1.73	14.42±0.96	14.42±1.00
Slow wave (BER) with spiking bursts (%)	2.39±2.13	48.71±15.62	99.26±2.02	3.09±2.19	57.54±11.72	99.92±0.37

表4 各種栄養素投与時の Phase IIIの発現頻度 (回/時間)

	Control	GLU	AA	FAT
Jejunum	0.650±0.044	0.133±0.054*	0.067±0.044*	0.033±0.033*
Ileum	0.619±0.042	0.133±0.054*	0.300±0.105†	0.033±0.033*

* ; P<0.001, † ; P<0.05 compared with control

表5 NaCl 溶液投与時の Phase IIIの発現頻度 (回/時間)

	Control	0.9%NaCl		1.8%NaCl		2.7%NaCl	
		30ml/h	75ml/h	30ml/h	75ml/h	30ml/h	75ml/h
Jejunum	0.650±0.044	0.593±0.093	0.533±0.082	0.418±0.098	0.476±0.067	0.500±0.063	0.238±0.140*
Ileum	0.619±0.042	0.533±0.082	0.583±0.055	0.593±0.049	0.515±0.052	0.524±0.067	0.374±0.076

* ; P<0.05 compared with control

表6 NaCl 溶液投与時の MMC 周期における各 phase の平均時間 (min.)

	Control	Cycle	Phase I	Phase II	Phase III
		114.4±7.7	43.2±3.1	66.3±6.6	5.0±0.1
NaCl 30ml/h	0.9%	95.1±9.3	29.5±5.2	60.4±9.6	5.2±0.3
	1.8%	104.0±16.4	30.3±4.5	67.9±16.6	5.7±0.2
	2.7%	106.2±16.2	19.5±5.2	81.4±17.7	5.3±0.2
NaCl 75ml/h	0.9%	124.0±16.4	25.3±5.4	91.2±12.2	5.4±0.4
	1.8%	98.5±13.0	13.9±2.9*	80.1±15.0	4.5±0.7
	2.7%	—	—	—	—

* ; P<0.05, compared with control

期の運動様式に変化したが、空腸への栄養素30kcal/h投与3時間では phase IIIが散発的に発生した。Phase IIIの発現は各々10回の投与実験あたりで FAT 1回, GLU 4回, AA 7回に認め、このうち AA では空腸および回腸より同時に phase IIIが出現するものが2回, 回腸よりの発生を3回認めた。時間当たりの発生頻度(回/時間)ではコントロールで0.650±0.044に対しFATでは0.033±0.033, GLUでは0.133±0.054,

AAでは0.300±0.105と有意に出現頻度が抑制された。

ii) NaCl 溶液投与による変化(表5, 表6)

NaCl 溶液投与での消化管のMMCは, 0.9%NaCl 30ml/hour投与では変化を認めなかった。しかし単位時間当たりの投与NaCl量が増えるとMMCの周期は変わらないものの phase Iは短縮し phase IIは延長する傾向にあり, 特に1.8%NaCl 75ml/hour投与で phase Iの持続期がコントロールと比較し有意に減

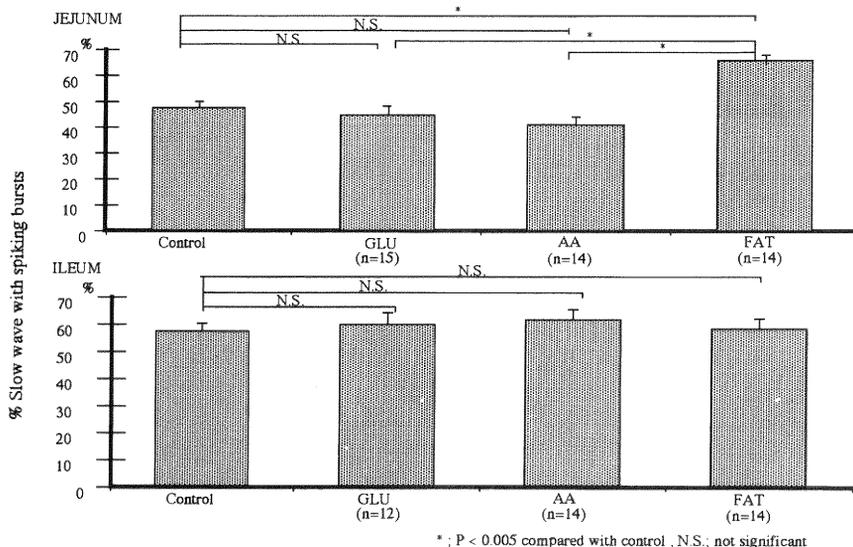


図 2 各種栄養素投与時の空腸および回腸におけるスパイク重積率

少しした。

2.7%NaCl 75ml/hour 投与では空腸のみに振幅の低い不規則波が持続的に出現し MMC 周期ははっきりしなくなった。しかし phase III 様の強収縮波の出現を認め、その発現頻度は空腹期の 0.650 ± 0.044 と比較し 0.238 ± 0.14 と有意に抑制された。

2) スパイク重積率

i) 各種栄養素投与による変化 (図 2)

空腸では FAT のスパイク重積率は $65.8 \pm 3.4\%$ でコントロールの $47.4 \pm 2.5\%$ より有意に増加した。しかし GLU は $44.8 \pm 3.5\%$ 、AA は $41.0 \pm 3.0\%$ とコントロールと差はなかった。回腸ではコントロールの $57.5 \pm 3.7\%$ と比較し FAT で $58.5 \pm 3.6\%$ 、GLU は $59.9 \pm 4.2\%$ 、AA は $61.8 \pm 3.7\%$ であり、いずれの投与でも有意の変化は認めなかった。

ii) NaCl 溶液投与による変化

空腸ではコントロールと有意差を認めず、2.7% NaCl 75ml/hour だけで $67.1 \pm 6.1\%$ と増加傾向を認めた。回腸においては筋電図的に変化はなかった。

II) 門脈血流量

1) 各種栄養素投与による変化 (図 3)

投与開始後門脈血流は数分のタイムラグの後すみやかに増加し FAT で 46.0 ± 6.2 分, GLU で 48.0 ± 5.2 分, AA で 46.0 ± 8.0 分でピークが出現し、ピーク時の平均門脈血流量は FAT で $133.5 \pm 4.9\%$ 、GLU で

$128.8 \pm 3.8\%$ 、AA で $121.4 \pm 3.3\%$ であった。ピークに達した後血流は多少の減少を認めたものの、投与中はほぼ一定の増加を示した。栄養素別の平均血流量は FAT で $124.3 \pm 1.0\%$ 、GLU で $119.9 \pm 1.1\%$ 、AA で $118.3 \pm 0.9\%$ と投与前に比べ有意な増加を認めた。栄養素間の比較では、FAT が GLU および AA より有意に平均門脈血流量は増加した。

2) NaCl 溶液投与による変化 (図 3)

NaCl 溶液 75ml/hour 投与で平均門脈血流量は増加し、特に 2.7%NaCl 75ml/hour 投与中の平均門脈血流量は空腹期に比べ $113.7 \pm 0.9\%$ と有意な増加を示した。

3) 各種栄養素および NaCl 溶液投与の比較 (図 4)

投与量と浸透圧比の等しい栄養素と NaCl 溶液投与において血流量を比較した。FAT に対する 0.9% NaCl 30ml/h 投与と GLU に対する 1.8% NaCl 75ml/h 投与の比較ではいずれも栄養素が NaCl 溶液と比較し門脈血流量は有意に増加していた。しかし AA に対する 2.7%NaCl 75ml/h 投与での比較では両者の門脈血流量増加に差はなかった。

考 案

今回の実験で消化管運動は 30kcal/h の FAT, GLU, AA の経腸投与により小腸では筋電図学的に食後期消化管運動へと変化した。そして最も門脈血流量の増加し

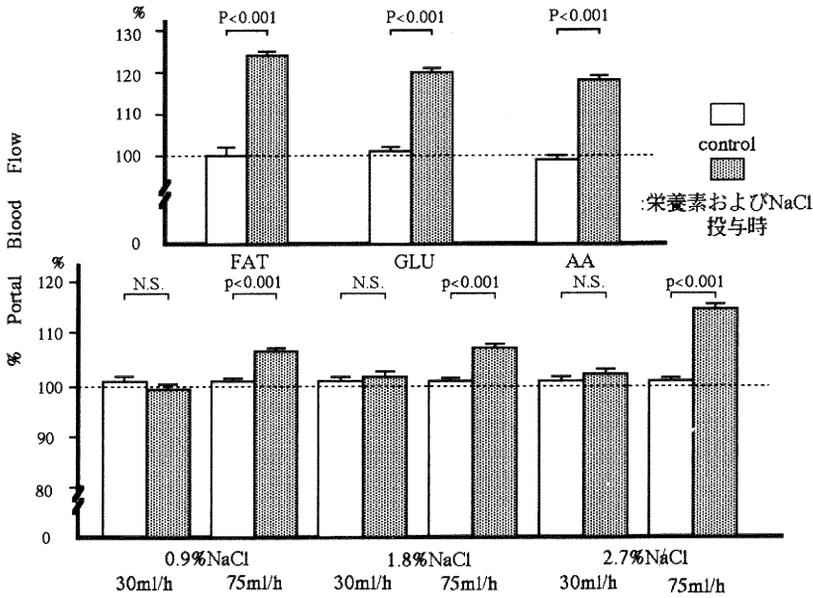


図3 各種栄養素（上段）および NaCl 溶液（下段）投与時の平均門脈血流量の変化

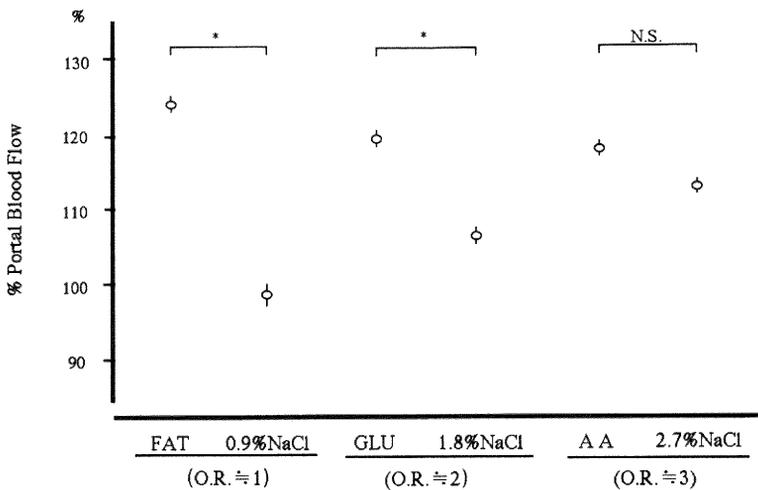


図4 同浸透圧および同投与量の各種栄養素と NaCl 溶液における門脈血流量の比較

FAT および 0.9% NaCl は 30ml/h で、GLU と 1.8% NaCl および AA と 2.7% NaCl は 75ml/h で空腸内に投与した。O.R. ; osmotic ratio, * ; P<0.0001, N.S. ; not significant

た FAT で phase III はほぼ完全に抑制され、三栄養素の中で門脈血流量の増加が最も低かった AA では少数の phase III が空腸もしくは回腸より散発的に発生した。各種栄養素の空腸内への持続投与では単位時間当たりの投与量を増加させると phase III の発現が抑制され、一定カロリーを越えると出現しなくなるとの報告がある⁶⁾。投与栄養素量が多いとつぎの MMC 発生までに時間を要し、等カロリーを投与した場合は脂肪、糖、蛋白質の順でより強い抑制が得られることが報告されている⁵⁾。また DeWever らは犬で 30kcal/kg の落花生油、蔗糖、乳蛋白を投与してそれぞれ 354 分、192 分、101 分の MMC 抑制時間があつたことから MMC の発現抑制は投与栄養素の投与量やカロリー量以上に栄養素のもつ化学的特性により強く影響されるとしている¹¹⁾。今回の 30kcal/h という比較的少量の栄養素持続投与で得られた結果はこれらの以前の報告ともよく一致する。

FAT 投与時のみ空腸上部でのスパイク重積率が他の栄養素および空腹期 phase II よりやや多いことを観察したが、これは空腸内に直接脂肪乳剤を投与し運動を観察した以前の成績とは少し異なる。脂肪投与後の空腸の収縮頻度もしくはスパイク重積率は低下するとの報告が多いが⁵⁾¹²⁾、いずれも比較的大量を一括注入した成績であり、通常行われる経腸栄養法の如く持続注入で投与した今回の投与方法とは異なる。脂肪乳剤が回腸内に一定量以上を投与された場合、胃、空腸の運動が抑制され、内容物の輸送速度も遅くなるというフィードバック機構の存在が既に明らかにされており¹³⁾¹⁴⁾、また、ブドウ糖の空腸内投与でも小腸のスパイク発生は、投与量が多くなると逆に抑制されることが知られている⁹⁾。アミノ酸投与は 3 剤の中では門脈血流量の増加も軽度で投与中も散発的に phase III の発生を見たが、腸管内に投与しても運動に影響をおよぼさないアミノ酸も多く、またスパイク活性を高めるものの、投与中も phase III 様の発生を認めるアミノ酸もある¹²⁾¹⁵⁾。しかし一般に蛋白質の加水分解は腸管運動を活発化し⁸⁾ 腸管血流量を増加させる¹⁶⁾。

食餌摂取後の門脈血流量の増加は、消化管で吸収された栄養素を肝に運搬するとともに肝での代謝に必要な酸素を供給する役割を果たしている。門脈血流測定では、各種栄養素の投与は少量にも関わらず門脈血流量の有意な増加を認めた。すなわち FAT、GLU、AA はそれぞれ 0.5、1.08、1.08 ml/min 投与にも関わらずその門脈血流の増加量は 50-125 ml/min であり、投与量の 50-100 倍の増加量を示し、食後の有効な肝血流量の増

加と考えられた。

1958 年にはすでに Mahmoud らは周期的な腸管の収縮は血液を門脈に送るポンプ作用を有し、結果的に肝血流の増加に重要な役割をもつことを示した¹⁷⁾。その後 Sarr らは周期的な腸管運動の変化は腸管内の栄養素の流れを調節し吸収や分泌に影響をおよぼし、空腸内の液体の輸送速度は phase により異なり、また吸収および静止ボリュームは輸送速度と相反することを示した¹⁸⁾。また、Fioramonti らは空腸では食後期の血流はスパイク活動の変動に伴い変化しすることを示し、空腹期では phase III 発生時に最も血流量は増加する¹⁹⁾²⁰⁾と報告している。

一方、熱量をもたない NaCl 溶液投与では消化管に空腹期同様に MMC の発生伝播が観察された。脂肪乳剤と量、浸透圧の等しい 0.9%NaCl 30ml/h の投与では phase I、phase II、phase III の各相が占める割合および MMC 周期ともに空腹期と同様であり門脈血流量の増加もなかった。しかし NaCl 溶液の投与量、濃度の上昇にともない空腸のスパイク重積率が増加し、運動静止期 phase I は短縮し、phase II の占める割合が増加した。この点に関して Prabhakar らは犬の十二指腸および遠位空腸に等張、非カロリー液の注入実験で一定投与量までは MMC 周期に変化はないが、phase I は短縮し、phase II が延長することを示している⁷⁾。今回の実験でも 1.8%NaCl 75ml/h 投与までは MMC の周期的発生と伝播は保たれていたが、2.7%NaCl 75ml/h 投与ではじめて MMC の発生間隔の延長を認めた。Ehrlein らは今回の実験より高張の NaCl 溶液を注入し、単位時間当たりの NaCl 投与量を上げると phase III は抑制され、再出現するまでの時間は遅延することを報告している⁶⁾。NaCl 溶液の投与でも小腸のスパイク発生を高め、phase II 様運動の占める割合を増加させたが、MMC 発生は保たれ、門脈血流量の増加も少なかった。Ehrlein らは単位時間当たりの栄養素量もしくは高張溶液の浸透圧を上げると phase III の伝播および発現が抑制され、その発生間隔は遅延し、一定量を超えると出現しなくなるが、その抑制効果は栄養素の方が強いと報告している⁶⁾。また Thompson らは NaCl 溶液の浸透圧（濃度）を上げると収縮は増すが、平均収縮圧の変化は浸透圧による収縮頻度には関係ないと報告している²¹⁾。

今回の経腸的各種栄養素投与後の消化管運動変化と門脈血流量増加は明らかに相互に関連して変動しており、消化管での消化や吸収過程と密に関係していることが示

唆された。ブドウ糖は能動輸送で吸収されたためにエネルギーを必要とする。そのために必要な酸素を供給するために上腸間膜動脈の血流は増加し^{16)22)~24)}、結果的に門脈血流は増加する。脂肪は単純拡散で吸収されリンパ管・胸管経由で大循環系に流入するが、腸管血流量増加と吸収には有意な関連があるとされている²³⁾。また、NaCl 吸収に関しても Na ポンプや Na・Cl 共役輸送機構など吸収にはエネルギーを必要とする。栄養素の腸管内投与後の腸管運動変化は、より多く腸管血流を受け入れ、より多くの血液を門脈経由で肝に環流するための合目的的变化と考えられる。

ま と め

本研究では各種栄養素投与後の消化管運動の変化ならびに門脈血流量の増加は、各栄養素により多少異なることを明らかにした。これらの変化は投与量、浸透圧比を同じくした NaCl 溶液の消化管運動、門脈血流量におよぼす影響がほとんどないことより、消化管運動の変化ならびに門脈血流量の増加は投与栄養素の浸透圧、量にはほとんど影響されず、各栄養素のもつ物質特性が大きく影響されるものと考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導御校閲を賜りました新潟大学医学部第一外科学教室島山勝義教授に心より深謝するとともに、直接御指導頂いた松尾仁之先生および教室の諸先生方に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Chou, C.C., Hsieh, C.P., Yu, Y.M., Kviety, P. P., Yu, L.C., Pittman, R. and Dabney, J.M.: Localization of mesenteric hyperemia during digestion in dogs. *Am. J. Physiol.*, **230** (Gastrointest. Liver Physiol. 3) : 583~589, 1976.
- 2) Chou, C.C., Kviety, P., Post, J. and Sit, S.P.: Constituents of chyme responsible for postprandial intestinal hyperemia. *Am. J. Physiol.* (Heart Circ. Physiol. 4) , **235**: 677~682, 1978.
- 3) Moneta, G.E., Taylor, D.C., Helton, W.S., Mulholland, M.W. and Strandness, Jr. D.E.: Duplex ultrasound measurement of postprandial intestinal blood flow; effect of meal composition. *Gastroenterology.*, **95**: 1294~301, 1988.
- 4) Vatner, S.F., Patrick, T.A., Higgins, C.B. and Franklin, D.: Regional circulatory adjustment to eating and digestion in conscious unrestrained primates. *J. Appl. Physiol.*, **36**: 524~529, 1974.
- 5) Schang, J.C., Dauchel, J., Sava, P., Bouchet, P., Lambert, A. and Grenier, J.F.: Specific effects of different food components on intestinal motility: electromyographic study in dogs. *Eur. Surg. Res.*, **10**: 425~432, 1978.
- 6) Ehrlein, H.J., Schmid, H.R. and Feinle, C.: Characteristic motor patterns of phase 2 and behaviour of phase 3 in the fed state. *J. Gastrointest. Mot.*, **4**; 317~327, 1992.
- 7) Prabhakar, L.P., Herkes, S.M., Smith, C.D., Behrns, K.E. and Sarr, M.G.: Effects of duodenal flow on interdigestive patterns of small bowel myoelectric activity. *J. Gastrointest. Mot.*, **4**: 71~76, 1992.
- 8) Eeckhout, C., Vantrappen, G., Peeters, T.L., Janssens, J. and De Wever, I.: Different meals produce different digestive motility patterns. *Dig. Dis. Sci.*, **29**: 219~224, 1984.
- 9) Defilippi, C., and Gomez, E.: Divergent effect of saline and glucose solutions on myoelectric and motor activity of canine small bowel. *J. Gastrointest. Mot.*, **5**: 161~166, 1993.
- 10) Sarna, S.K.: Cyclic motor activity; Migrating motor complex: 1985. *Gastroenterology.*, **89**: 894~913, 1985.
- 11) DeWever, I., Eeckhout, C., Vantrappen, G. and Hellemans, J.: Disruptive effect of test meals on interdigestive motor complex in dogs. *Am. J. Physiol.*, **235** (Endocrinol. Metab. Gastrointest. Physiol. 4) : 661~665, 1978.
- 12) Ruckebusch, M. and Fioramonti, J.: Electrical spiking activity and propulsion in small intestine in fed and fasted rats. *Gastroenterology.*, **68**: 1500~1508, 1975.
- 13) Soper, N.J., Chapman, N.J., Kelly, K.A., Brown, M.L., Phillips, S.F. and Go, V.L.W.: The 'ileal brake' after ileal pouch-anal anastomosis. *Gastroenterology.*, **98**: 111~116, 1990.
- 14) Holgate, A.M. and Read, N.W.: Effect of ileal infusion of intralipid on gastrointestinal transit, ileal flow rate, and carbohydrate absorption in

- humans after ingestion of a liquid meal. *Gastroenterology*, **88**: 1005~11, 1985.
- 15) **Bull, J.S., Grundy, D. and Scratcherd, T.**: The effect of intraluminal tryptophan and phenylalanine on small intestinal motility in the conscious dog. *J. Physiol.*, **367**: 353~362, 1985.
- 16) **Kvietys, P.R., Gallavan, R.H. and Chou, C.C.**: Contribution of bile to postprandial intestinal hyperemia. *Am. J. Physiol.*, **238** (Gastrointest. Liver Physiol. 1) : 284~288, 1980.
- 17) **Mahmoud, S. and Bran, J.W.**: Influence of rhythmic and tonic contraction of intestinal muscle on blood flow and blood reservoir capacity in dog intestine. *Am. J. Physiol.*, **193**: 386~392, 1958.
- 18) **Sarr, M.G., Kelly, K.A. and Phillips, S.F.**: Canine jejunal absorption and transit during interdigestive and digestive motor states. *Am. J. Physiol.*, **239** (Gastrointest. Liver Physiol. 2) : 167~172, 1980.
- 19) **Fioramonti, J. and Bueno, L.**: Relation between intestinal motility and mesenteric blood flow in the conscious dog. *Am. J. Physiol.*, **246** (Gastrointest. Liver Physiol. 9) : 108~113, 1984.
- 20) **Fioramonti, J. and Bueno, L.**: Role of motility in intestinal transit and absorption. *Presse Med.*, **18**: 249~254, 1989.
- 21) **Thompson, D.G. and Wingate, D.L.**: Effects of osmoreceptor stimulation on human duodenal motor activity. *Gut.*, **29**: 173~180, 1988.
- 22) **Bohlen, H.G.**: Intestinal tissue PO₂ and microvascular responses during glucose exposure. *Am. J. Physiol.*, **238** (Heart Circ. Physiol. 7) : 164~171, 1980.
- 23) **Chou, C.C., Nyhof, R.A., Kvietys, P.R., Sit, S.P. and Gallavan, Jr. R.H.**: Regulation of jejunal blood flow and oxygenation during glucose and oleic acid absorption. *Am. J. Physiol.*, **249** (Gastrointest. Liver Physiol. 12) : 691~701, 1985.
- 24) **Siregar, H. and Chou, C.C.**: Relative contribution of fat, protein, carbohydrate, and ethanol to intestinal hyperemia. *Am. J. Physiol.*, **242** (Gastrointest. Liver Physiol. 5) : 27~31, 1982.

(平成10年 5月 6日 受付)
