幽門保存胃切除・兼・有茎空腸移植時の胃・腸運動 機能に関する実験的・筋電図学的研究

奈良県立医科大学 第一外科学教室
(主任： 白鳥常男教授)

松 原 康 泰

ELECTROMYOGRAPHIC STUDIES ON GASTRIC AND INTESTINAL MOTOR FUNCTION FOLLOWING PYLORUS PRESERVING GASTRECTOMY WITH JEJUNAL INTERPOSITION IN DOGS

Yasuhiro MATSUBARA

Department of Surgery, Nara Medical University, Kashiwara
(Director: Prof. T. Shiratori)

The gastric and intestinal motor function following pylorus preserving gastrectomy with jejunal interposition were studied electromyographically in dogs. The action potentials were recorded from the interposed jejunal segment, the preserving pylorus and the duodenum before and after insertion of warm water. Studies were made on the frequency, the propagation velocity of the spike-bursts in the portions mentioned above, and the incidence of the spike-bursts which propagated from the distal portion of the interposed jejunal segment to the preserving pylorus, and from the preserving pylorus to the proximal portion of the duodenum.

The results obtained are as follows:

- 1) The frequency of the spike-bursts found in the interposed jejunal segment, the preserving pylorus, and the duodenum showed a remarkable increase after insertion of warm water.
- 2) The propagation velocity of the spike-bursts in the interposed jejunal segment, the preserving pylorus, and the duodenum were accelerated after insertion of warm water.
- 3) There were observed a moderate increase in the incidence of the spike-bursts which propagated from the distal portion of the interposed jejunal segment to the preserving pylorus, and from the preserving pylorus to the proximal portion of the duodenum after insertion of warm water.

These findings suggested that the motor function of the interposed jejunal segment, that of the preserving pylorus, and that of the duodenum after pylorus preserving gastrectomy with jejunal interposition might be kept not yet injured enough to transport the contents from the interposed jejunal segment into the duodenum.

は じ め に

榎・白鳥ら¹⁾は、胃全摘出術および近側胃切除術が必要と思われる際に、幽門輪部から口側 1.5

～2.0 cm までの幽門洞部を残して、近側の胃を切除し、食道と幽門部との間に 40～50 cm の空腸

を有茎移植する手術を、ダンピング症候群および逆流性食道炎を防止するなどの目的の下に行なっている。

著者はこの手術を行なった際の、移植された空腸、温存された幽門部ならびに温存幽門部と隣接した十二指腸における内容の輸送がどのような機序で行なわれるか、温存幽門部の括約機能がダンピング防止および逆流性食道炎防止の役割をどの程

度果し得るか、また、この際の各部の運動機能が果して生理的な運動といい得るかについて、イヌに幽門保存胃横切離を行ない、保存幽門部に空腸の移植術を施行し、移植空腸から微温水を注入した時の移植空腸、保存された幽門部ならびに隣接十二指腸の運動機能を、急性実験で筋電図を用いて観察したので報告する。

実 験 方 法

実験動物には、体重約 15 kg 前後の雑種成犬 17 頭を用いた。24 時間絶食させた後、室温 20~25 °C で、25% サイアミラールナトリウム 10 ml の静脈麻酔下に背臥位に固定し、気管内チューブを挿入して、人工呼吸器による調節呼吸下に正中切開にて開腹した。

手術は図 1 のように、幽門輪部より口側 2.0 cm の部にて胃を横切離し、それより肛側の幽門部を温存し、トライツ靱帯より肛側約 10 cm の部ならびに 30 cm の部位で腸を切離し、移植空腸の肛門側断端を温存幽門部に端々吻合した。トライツ靱帯より約 10 cm の口側断端ならびに 30 cm の部位の肛側断端は、それぞれ縫合閉鎖した。つぎに、移植空腸の口側端 9 に号ネラトンカテーテルを挿入した。

電極は図 1 のように、移植空腸においては吻合部より口側 3 cm に A、2 cm に B、1 cm に C の電極を、温存幽門部においては胃・十二指腸接合部より口側 1 cm の部に D、また、十二指腸については胃・十二指腸接合部より肛側へ 1 cm に E、2 cm に F、3 cm に G の電極を漿膜面に装着し、各々縫合固定した。電極としては直径 0.3 mm、長さ 1.5 mm、極間距離 1.5 mm の白金製双極固定針電極を用いた。

筋電図は、手術的操作そのものによる因子がほぼ除外されたとされる時点（手術操作終了後約 20~30 分）で、まず、対照として前述の 7 カ所より筋電図を 20 分間にわたり導出した。ついで、9 号ネラトンカテーテルより 90 cmH₂O にて、温度約 35~40 °C の微温水を 50 ml 注入時、更に 50 ml を追加注入した 100 ml 注入時、さらに 50 ml 追加した 150 ml 注入時の 3 時点で、それぞれ注入直後から 30 分までの筋電図を導出した。筋電図の観察には三栄測器万能筋電計を用い、時定数 0.05 秒とし、spike potential を中心に直線ペン書き式記録器で記録した。

図 1. 有茎空腸移植術および電極装着部位

実 験 成 績

電極 A, B, C, D, E, F, G から導出された筋電図は図 2 に示す様なパターンのもので、これらの筋電図の spike potential ならびに spike burst を対象にして、移植有茎空腸、幽門部および十二指腸における放電頻度、伝播速度および有茎空腸より幽門部、幽門輪部より十二指腸への興奮伝播ならびに関連放電などについての観察を試みた。

図 2. 幽門保存有茎空腸移植術後筋電図

I. 放電頻度

移植手術後約 20~30 分で、手術操作の影響がとれ、noise が消失し、安定した筋電図がえられるようになった。この時点より、30 分間にわたり導出された筋電図を、微温水注入前の対照とした。微温水注入後の放電頻度の変化については、

注入直後から時期の経過とともに減少し、約 20 分で安定する傾向がみられた。したがって、注入前の対照と、50 ml, 100 ml および 150 ml 注入直後と 20 分後の放電頻度を比較した。

また、この際、肉眼的観察も併せ行ったが、注入量を増加するにつれ、微温水の貯留は移植空腸より十二指腸の方が大となり、腸管の拡張も移植腸管より十二指腸が著しくなる傾向がみられた。

A. 有茎移植空腸部

1) 注入前 (対照)

空腸移植後 20 分時における電極 A, B および C より得られた各部の放電頻度は、表 1, 図 3 のように、A 部が高く、ついで、B 部、C 部の順に肛側に向うにつれて低くなる傾向がみられた。肉眼的には腸壁の収縮による動きが見られたが、明らかな分節、振子、推進の蠕動運動は認められなかった。

2) 50 ml 注入時

50 ml 注入時の放電頻度は注入直後および 20 分後ともに、A 部が高く、ついで、B 部、C 部の順に低くなった。また、注入前にくらべると、A, B, C 部のいずれもが放電頻度の増加を示した (表 1, 図 3)。肉眼的には分節、振子、推進の蠕動運動が認められ、運動機能は亢進した。

3) 100 ml 注入時

注入直後および 20 分後のいずれにおいても、放電頻度は A 部が高く、ついで、B 部、C 部の順に低くなる傾向を示した。また、注入前および 50 ml 注入時にくらべると、100 ml 注入時には A, B, C いずれの部でも放電頻度の増加が見られた (表 1, 図 3)。肉眼的には分節、振子、推進の蠕動運動が著明に認められ、運動機能は最も亢進

表 1. 有茎移植空腸部における微温水注入時の放電頻度 (c. p. m.)

注入量 部位 時間	注入前 (対照)			注 入 後								
	移植後 20 分			50 ml 注入時			100 ml 注入時			150 ml 注入時		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
直 後	—	—	—	11.4 ±3.1	10.6 ±1.9	10.4 ±2.3	11.3 ±2.5	11.1 ±0.7	11.0 ±1.2	12.2 ±1.7	10.3 ±3.1	10.1 ±3.5
20 分 後	10.6 ±1.3	9.5 ±1.1	9.1 ±1.0	10.7 ±1.0	9.8 ±0.5	9.3 ±1.2	10.8 ±0.6	10.8 ±0.4	10.7 ±0.1	7.0 ±1.9	7.0 ±1.0	7.0 ±1.8

図 3. 有茎移植空腸部における微温水注入時の放電頻度

した。

4) 150ml 注入時

放電頻度は、注入直後では A 部が高く、ついで、B 部、C 部の順に低くなったが、注入後 20 分ではこれらの各部位に差異がみられなかった。また、注入前にくらべると、A, B, C の何れの部位でも注入直後には放電頻度の増加がみられたが、注入後 20 分ではかえって減少した。50ml および 100ml 注入時にくらべると、注入直後では、放電頻度は A 部では増加、B および C 部では減少する傾向がみられ、注入 20 分後では A, B および C 部いずれでも減少がみられた。また、注入直後にくらべ、20 分後の減少の程度は 50ml、100ml 注入時のそれにくらべ著明であった (表 1, 図 3)。

肉眼的には、有茎空腸は過伸展の状態となったものではかえって、分節、振子、推進の蠕動運動は認めにくくなった。

B. 温存幽門部

1) 注入前 (対照)

幽門部 D 部における移植 20 分後の放電頻度は、表 2 と図 4 のように、1.9 c.p.m. であった。

肉眼的には殆んど蠕動運動は認められないが、稀に弱い幽門輪の収縮、弛緩の律動的運動が観察された。

2) 50ml 注入時

50ml 注入時の放電頻度は直後、20 分後いずれにおいても、注入前にくらべ明らかに増加がみ

れた (表 2, 図 4)。肉眼的には、幽門輪部は律動的な括約運動が認められた。

3) 100ml 注入時

100ml 注入時でも、50ml 注入時と同様に、放電頻度は注入直後、20 分後のいずれにおいても、注入前の対照にくらべ増加した。また、50ml 注入時にくらべると、放電頻度は注入直後ではわずかな減少を示したが、20 分後ではかえって 50ml 注入時より増加を示した (表 2, 図 4)。肉眼的には spike burst に一致して、強い括約運動が観察された。

4) 150ml 注入時

150ml 注入時の放電頻度は注入前の対照にくらべ、注入直後には増加を示したが、20 分後には減少を示した。50ml 注入時および 100ml 注入時との比較では、注入直後では 50ml 注入時にくらべると僅かに減少がみられ、また、100ml 注入時にくらべると殆んど変化がみられなかったが、20 分

表 2. 温存幽門部における微温水注入時の放電頻度 (c.p.m.)

注入量 時間	注入前 (対照)	注 入 後			
	移 植 後 20 分	50 ml 注 入 時	100 ml 注 入 時	150 ml 注 入 時	
直 後	—	3.0±0.3	2.9±0.6	2.9±0.3	
20 分 後	1.9±0.3	2.4±0.4	2.6±0.3	1.7±1.0

図 4. 温存幽門部における微温水注入時の放電頻度

後では両者に比べ、明らかな減少がみられた。また、直後から 20 分後までの減少の程度は、150 ml 注入時には 50 ml、100 ml 注入時に比べ著明であった (表 2, 図 4)。

肉眼的には、幽門部は強い括約作用を営み、収縮時には、表面の漿膜は白色の乏血所見を呈し、時には筋硬直を伴う幽門痙攣様の所見もみられた。

C. 十二指腸部

1) 注入前 (対照)

空腸移植後 20 分時における電極 E, F および G の各部の放電頻度は、表 3, 図 5 の如く、E 部が高く、ついで、F 部、G 部の順に肛側に向うにつれて低下する傾向がみられた。肉眼的には、収縮運動は明らかでなかった。

2) 50 ml 注入時

50 ml 注入時の放電頻度は、注入直後および 20 分後ともに、E 部が高く、ついで、F 部、G 部の

順に低くなった。また、注入前に比べると、E, F, G 部の各部とも放電頻度の増加がみられた (表 3, 図 5)。肉眼的には、E, F, G 部ともに弱い収縮、弛緩がみられたが、分節運動は明らかでなかった。

3) 100 ml 注入時

放電頻度は、注入直後では E 部が高く、ついで、G 部、F 部の順に低くなった。しかし、20 分後では E 部が高く、ついで、F 部、G 部の順に低くなった。また、直後、20 分後における E, F, G 各部の放電頻度はそれぞれ注入前、50 ml 注入時に比べ明らかな増加を示した (表 3, 図 5)。肉眼的には収縮、弛緩が明らかになり、球部は全体として強い収縮、弛緩を繰り返すのが観察された。

4) 150 ml 注入時

放電頻度は注入直後では E 部が高く、ついで、F 部、G 部の順に低くなった。しかし、20 分後で

表 3. 十二指腸部における微温水注入時の放電頻度 (c.p.m.)

注入量 部位 時間	注入前 (対照)			注 入 後								
	移植後 20 分			50 ml 注入時			100 ml 注入時			150 ml 注入時		
	E	F	G	E	F	G	E	F	G	E	F	G
直 後	—	—	—	13.2 ±0.7	12.8 ±2.4	12.3 ±2.5	14.1 ±1.9	13.4 ±0.1	13.5 ±1.4	14.2 ±1.2	13.0 ±1.5	12.6 ±2.1
20 分 後	11.5 ±0.2	10.9 ±0.3	10.8 ±0.3	12.6 ±1.0	12.1 ±1.9	11.8 ±1.7	14.0 ±1.2	13.4 ±1.5	13.3 ±1.6	6.4 ±1.7	6.4 ±1.1	6.4 ±0.4

図 5. 十二指腸部における微温水注入時の放電頻度

は直後にくらべ著しい低下を示したが、各部位間に差異はみられなかった。また、注入直後では注入前、50ml 注入時よりも E, F, G 各部とも、放電頻度は増加したが、100ml 注入時とくらべると E 部のみが増加し、F, G 部では減少した。20 分後では注入前、50ml 注入時、100ml 注入時よりも、各部における放電頻度はかえって著明に減少した。また、注入直後から 20 分までの減少の程度は 50ml, 100ml 注入時にくらべ、150ml 注入時に著明であった (表 3, 図 5)。肉眼的には、十二指腸は著しく膨満し、収縮運動がみられたが、その頻度は著しく少なかった。

D. 小 括

有茎移植空腸の A, B, C 部、幽門部の D 部な

らびに十二指腸の E, F, G 部の各部について、注入前とそれぞれ 50ml, 100ml および 150ml 注入後 20 分時の放電頻度を一括して示すと、表 4, 図 6 のようである。注入量との関係についてみると、各部ともに放電頻度は 100ml で最も高く、ついで高いのは 50ml 注入時であり、150ml 注入時には注入前よりかえって低下する傾向がみられた。つぎに、部位別に放電頻度をみると、注入前の対照、50ml 注入時および 100ml 注入時には十二指腸の E 部が高く、ついで、F, G 部の順に低くなり、さらに、有茎移植空腸 A, B, C 部、幽門部 D の順に減少する傾向がみられた。

すなわち、十二指腸起始部より肛側にゆく程、放電頻度が低下し、放電頻度勾配 frequency

表 4. 微温水注入量と部位別放電頻度 (c.p.m.)

(注入後 20 分時)

部位 注入量	A	B	C	D	E	F	G
注入前 (対照)	10.6±1.3	9.5±1.1	9.1±1.0	1.9±0.3	11.5±0.2	10.9±0.3	10.8±0.1
50 ml 注入時	10.7±1.0	9.8±0.5	9.3±1.2	2.4±0.4	12.6±1.0	12.1±1.9	11.8±1.7
100 ml 注入時	10.8±0.6	10.8±0.4	10.7±0.1	2.6±0.3	14.0±1.2	13.4±1.5	13.3±1.6
150 ml 注入時	7.0±1.9	7.0±1.0	7.0±1.8	1.7±1.0	6.4±1.7	6.4±1.1	6.4±0.4

図 6. 微温水注入量と部位別放電頻 (注入時 20 分の安定時)

gradient がみられた。しかし、150ml 注入時のみ、有茎移植空腸部の方が十二指腸部よりも放電頻度が高いという成績が得られた。

II. 伝播速度

前述した如く、手術後 20 分で手術操作の影響がとれ、安定した時点で各部における筋電図を導出し、この際の伝播速度を注入前値（対照）とした。さらに、50ml、100ml および 150ml を注入し、それぞれ 20 分後の安定した筋電図における伝播速度を、先の注入前値（対照）に比較し、検

討した。

A. 注入量と伝播速度

1) 有茎移植空腸部

A→B ならびに B→C での伝播速度はともに 100ml 注入時が最も速やかで、ついで、50ml 注入時、注入前の順となり、最も遅いのは 150ml 注入時であった。また、A→B と B→C の伝播速度を比較すると、注入前、50ml 注入時、100ml 注入時は A→B よりも B→C の方が遅かったが、150ml 注入時には A→B よりも B→C の方が速かった。

すなわち、有茎移植空腸部の伝播速度は注入前にくらべ、50ml、100ml 注入時までは注入量が多くなる程速くなる傾向がみられたが、150ml 注入時には膨満状態になるためか、かえって注入前より遅くなる傾向がみられた（表 5, 図 7）。

2) 温存幽門部より隣接十二指腸部への伝播速度

温存幽門部より十二指腸に伝播したと推定される関連放電についてみると、D→E での伝播速度は 100ml 注入時で最も速く、ついで、150ml 注入時であり、さらに 50ml 注入時の順となり、注入前が最も遅延する傾向を示した。すなわち、温存幽門部より十二指腸部への伝播速度は有茎空腸と同様、注入量が多くなる程速やかとなる傾向があるが、150ml 注入時には膨満状態になるためか、100ml 注入時よりはかえって遅延した。しかし、注入前の対照ならびに 50ml 注入時よりは速やかであった（表 5, 図 7）。

3) 十二指腸部

E→F ならびに F→G における伝播速度はともに注入前よりも 50ml 注入時、さらに 100ml 注

表 5. 微温水注入量と部位別伝播速度 (cm/sec)

(注入後 20 分時)

部位 注入量	A→B	B→C	D→E	E→F	F→G
注入前 (対照)	0.39±0.02	0.35±0.02	0.34±0.04	0.47±0.06	0.49±0.02
50ml 注入時	0.44±0.07	0.42±0.15	0.38±0.02	0.56±0.07	0.55±0.12
100ml 注入時	0.45±0.06	0.43±0.01	0.52±0.05	0.65±0.18	0.61±0.03
150ml 注入時	0.23±0.14	0.31±0.13	0.41±0.19	0.62±0.15	0.60±0.20

図 7. 微温水注入量と部位別伝播速度 (注入後 20 分)

入時と、注入量が増加する程速やかとなった。しかし、150ml 注入時では膨満状態になるため、100ml 注入時よりはかえって遅くなるが、それでも注入前ならびに 50ml 注入時よりは速やかであった。完全に膨満状態になれば、spike および spike burst が消失する場合もみられた。

また、E→F、F→G の伝播速度を比較すると、注入前では E→F の方が F→G より遅かったが、注入後では 50ml、100ml および 150ml いずれの場合でも、E→F では F→G よりも促進する傾向がみられた (表 5, 図 7)。

以上、移植空腸部、幽門部から隣接十二指腸部および十二指腸部の伝播速度を要約すれば、50ml、100ml と注入量が増すにつれて伝播速度は速くなる傾向がみられた。しかし、150ml 注入時では膨満状態になり、かえって、移植空腸部では注入前よりも遅延を示し、幽門部より隣接十二指腸部および十二指腸部では最も促進を示す 100ml 注入時より遅延する傾向がみられた。

B. 各部位における伝播速度の比較

A の項で述べて来た A→B、B→C、D→E、E→F、F→G の 5 ケ所における伝播速度についての相互関係を比較検討した。

1) 注入前 (対照)

注入前の伝播速度を、部位別にみると表 5, 図 7 のように、F→G の伝播速度が速く、E→F、A→B、B→C、D→E の順に遅くなり、十二指腸部の方が移植空腸部より速く、温存幽門部より十二指腸部にかけての伝播速度が最も遅延した。

2) 50ml 注入時

50ml 注入時の伝播速度は各部ともに注入前よりは促進を示し、部位別には E→F、F→G、A→B、B→C、D→E の順に速やかであった。すなわち、十二指腸部の伝播速度は移植空腸部よりも速やかで、温存幽門部より隣接十二指腸部にかけての伝播速度が最も遅延した (表 5, 図 7)。

3) 100ml 注入時

100ml 注入時の伝播速度は各部ともに注入前および 50ml 注入時よりも速く、部位別には E→F が最も速く、ついで、F→G、D→E、A→B、B→C の順に速やかであった。すなわち、十二指腸部の伝播速度が最も速やかで、ついで、温存幽門部より隣接十二指腸部にかけてであり、移植空腸部の伝播速度が最も遅延した (表 5, 図 7)。

4) 150ml 注入時

150ml 注入時には、A→B および B→C における伝播速度は注入前、50ml 注入時、100ml 注入時のいずれの伝播速度より遅延した。また、D→E、E→F、F→G では注入前ならびに 50ml 注入時よりは速やかで、100ml 注入時より遅かった。部位別には、E→F が最も速く、ついで、F→G、D→E、B→C、A→B の順となった。すなわち、十二指腸部が最も速やかで、ついで、温存幽門部より隣接十二指腸部にかけての順となり、移植空腸部が最も遅かった (表 5, 図 7)。

C. 小 括

伝播速度は有茎移植空腸部、温存幽門部より隣接十二指腸部へかけて、および十二指腸部ともに、注入前に比較し、50ml、100ml と注入量を増すに従い、速くなった。

しかし、150ml 注入時には、有茎空腸部では膨満状態になる為に、注入前、50ml 注入時ならびに 100ml 注入時よりかえって遅延した。また、温存幽門部より隣接十二指腸部および十二指腸部においては注入前ならびに 50ml 注入時よりも速やかであったが、100ml 注入時より遅くなる傾向がみられた。

部位別伝播速度をみると、注入前には移植空腸

図 8. 有茎空腸と温存幽門部間における関連放電と非関連放電

図 9. 温存幽門部と隣接十二指腸間における関連放電と非関連放電

部と幽門部より隣接十二指腸部との間に差は見られず、両者の伝播速度にくらべると十二指腸部の伝播速度が速かった。微温水を注入した場合には、十二指腸部の方が幽門部から隣接十二指腸部より速く、移植空腸部が最も遅かった。また、移植空腸部および十二指腸部においては、口側の方が肛門側に比べ速やかである傾向がみられた。

III 関連放電の出現頻度

移植空腸部から温存幽門部へ (C→D)、および温存幽門部より隣接十二指腸部へ (D→E)、一定の時間差 time lag をもつ比較的、規則的な spike potential および spike burst が認められるものを、それぞれの空腸と幽門部の吻合部および幽門輪部を越えて内容を輸送するのに有利な現象と考え、関連放電として検討を加えてみた。図 8、図 9 にそれぞれ移植空腸部から温存幽門部への関連放電ならびに幽門部から十二指腸部への関連放電とみなされる筋電図を示した。

A. 有茎移植空腸部から温存幽門部への関連放電

有茎移植空腸部から温存幽門部への関連放電の出現頻度は表 6 の如く、注入前の対照時には 32.0% であったが、50 ml 注入時には直後、20 分後ともに注入前より増加を示した。100 ml 注入時には直後、20 分後ともに 50 ml 注入時より増加がみられた。また、150 ml 注入時には直後は 100 ml 注入時より減少したが、それでも 50 ml 注入時より増加し、20 分後には 100 ml、50 ml 注入時よりも減少したが、注入前よりは増加した。

表 6. 有茎移植空腸と温存幽門部間の関連放電の出現頻度

注入量 時間	注入前 (対照)	注 入 後			
	移 植 後 20 分	50 ml 注 入 時	100 ml 注 入 時	150 ml 注 入 時	
直 後	—	52.8±13.0	73.6±11.7	68.0±2.4	
20 分 後	32.0±6.7	58.5±13.8	81.8±8.5	42.9±8.3	

(頻度は 20 放電中の出現数を % で示した.)

考

slow wave と spike potential について

Bozler²⁻⁴⁾ 以来、消化管活動電位は slow potential と spike potential の 2 つの component より

また、直後と 20 分後を比較すると、50 ml および 100 ml 注入時ではいずれも 20 分後の方が出現頻度が高かったが、150 ml 注入時には 20 分後の方が直後に比べ頻度が減少した。すなわち、150 ml 注入時には移植空腸部および温存幽門部が膨満するため、かえって時間が経つにつれ関連放電の出現頻度が低下する傾向がみられた。

B. 温存幽門部より隣接十二指腸部への関連放電出現頻度

温存幽門部より十二指腸部への関連放電の出現頻度は表 7 のように、注入前の対照では 56.0% であったが、微温水 50 ml 注入時には直後、20 分後ともに注入前に比べ増加がみられた。100 ml 注入時には直後、20 分後ともに 50 ml 注入時より増加を示した。150 ml 注入時には直後、20 分後ともに 100 ml 注入時より減少をみたが、50 ml 注入時よりは増加を示した。直後と 20 分後を比較すると、50 ml および 150 ml 注入時には、20 分後の方が直後より減少を示し、100 ml 注入時には、直後と 20 分後の間に明らかな差異がみられなかった。

表 7. 温存幽門部と隣接十二指腸部間の関連放電の出現頻度

注入量 時間	注入前 (対照)	注 入 後			
	移 植 後 20 分	50 ml 注 入 時	100 ml 注 入 時	150 ml 注 入 時	
直 後	—	77.4±5.9	91.1±4.6	87.5±12.5	
20 分 後	56.0±3.3	66.0±11.3	91.1±10.4	66.7±9.5	

(頻度は 20 放電中の出現数を % で示した.)

C. 小 括

移植空腸部と温存幽門部間、および温存幽門部と隣接十二指腸部間における関連放電の出現頻度は、微温水の注入量を 50 ml から 100 ml と増量するにつれて、増加をみたが、150 ml 注入時には減少を示した。

案

成り立つことが指摘されているが、slow potential は膜電位の変化を反映し、spike potential は主として、slow potential が firing level に達した時

励起され、収縮運動を伴うと解するものが多い。今回の著者の研究は幽門保存有茎空腸移植術直後の運動機能の解明を目的としているので、spike potential を中心に観察を行なった。

小腸における frequency gradient について

正常小腸運動に関して、古くは Alvarez⁵⁻⁸⁾ の研究があり、ウサギを用いた実験から、律動性収縮の頻度が十二指腸で最も多く、下部小腸にゆく程、頻度が減少することを観察し、初めて gradient theory⁶⁾ を唱えたが、以来、これを支持する多くの報告⁹⁻²⁷⁾ がある。著者の場合にも、放電頻度は口側より肛側に向う程減少し、放電頻度勾配がみられた。

これらの frequency gradient の発生については、Code²¹⁾ らは小腸の各部で、細胞群がその部固有の rhythm を持って集合しており、口側程 intrinsic rhythm の頻度が大きく、肛側程少くなるため、口側の頻度に肛側の固有の rhythm が追従できずに生じるものと推論している。Diamant^{ら^{22,23)}} は、slow wave の減少の程度は連続的でなく、非連続的で frequency plateau が階段状に連らなると述べている。

また、Nelsen^{ら^{20,24)}} は階段状に減少する頻度減数勾配を模式的に loosely coupled oscillator の集合を想定し、理解しようとしている。これに対し、正務²⁵⁾ は Code と同様、slow wave は腸管各部で固有 rhythm をもっているものと考え、frequency gradient を理解している。さらに、この intrinsic rhythm に、十二指腸より出て加重するように働く刺激を仮定し、driving force と呼んでいるが、これが小腸における pace maker として働くものと考えている。

このように、小腸運動は最口側の pace maker により、小腸各部の自動能に基づく intrinsic rhythm が支配されていると考えられるが、その局在に関し、Milton¹¹⁾、Code²¹⁾ は *papilla vateri* の部にあるとし、正務²⁵⁾ は十二指腸全体に分布していると述べ、Daniel^{ら^{12,15)}}、柴田²⁷⁾、木下²⁸⁾ は幽門輪部より、*papilla vateri* の部の間に分布していると考えている。有茎空腸移植に際しては、これら口側の pace maker からの支配が断たれるので、主として移植腸管の最口側の自動能による intrinsic rhythm で支配されるようになるものと推論される。このため、有茎空腸においては自動

能が極めて重要な役割を演じるものと考えられるが、これら消化管運動の自動能については筋原説、神経原説の2つがある。すなわち、Magnus²⁹⁾ は Auerbach 神経叢を除いた輪状筋片に律動的収縮が認められないことより、神経原説を唱えたが、その後、Gunn³⁰⁾、Alvarez³¹⁾、Gasser³²⁾、Evans³³⁾、大倉³⁴⁾ は Magnus の実験の追試を行ない、律動的収縮が認められたことより、筋原説の立場をとった。近年、福原³⁵⁾ は、これらの神経細胞を除外した筋片にも軸索は残存し、acetylcholine が産生されるため自動運動がみられるのではないかと指摘し、神経原説をとっている。

何れにしろ、小腸各部は自動能が強く、それぞれ intrinsic rhythm を持っている反面、先述の pace maker の部の固有 rhythm により、これら各部の intrinsic rhythm が control されているものと考えられる。

また、逆に、小腸各部はその intrinsic rhythm により、何れも pace maker となりえる潜在的能力があり、このため、著者らの実験のように、横切離を施行して上位 pace maker よりの支配を断つと、先述のように、下部腸管の口側断端が新たな pace maker となり、その部の intrinsic rhythm で、下部消化管の運動が制御されるようになるものと考えられる。

消化管運動の興奮伝播には筋原性の経路あるいは intrinsic nerve を介する神経原性の経路が想定されている。柴田^{26,27)} はイヌにおける実験から、小腸運動の興奮は縦走筋層を介して下部へ伝播するのではないかと推論している。Milton¹¹⁾ は、slow wave 自身には直接的に神経性伝播はないので、主として筋細胞間の伝導系 nexus を介して伝播されるのではないかと考えている。

一方、Henderson^{ら³⁶⁾}、Daniel^{ら³⁷⁾} は、この平滑筋細胞間の連絡には2種類あり、一つは輪走筋だけにみられる nexus 結合（細胞膜が5層をなして連結している）で、もう一つは縦走筋、時には輪走筋にもみられるもので、細胞膜がある一定の間隔をおいて相対して連絡することを指摘し、さらにまた、これらの結合を介して syncytium のように膜電位の synchronization が起こり、興奮の伝播がみられるが、興奮伝播の範囲は狭く、腸管では3~7本の線維が0.45mm位の興奮単位

を形成していると述べている。

移植有茎空腸部の運動機能

今回の著者の報告を除いて、有茎空腸移植時の運動機能に関しての報告は見当たらないが、小腸各部より isolated segment を作成し、その部の運動を追究した実験的報告は多い。Castleton³⁸⁾ はトライツ靱帯より 30 cm 末梢側空腸の分節を孤立させたところ、17~18 回/min であった律動頻数が 12~14 回/min に減少したと述べている。

また、Douglas ら³⁹⁾ は 2 頭のイヌの上部空腸に isolated loop を置き、その運動を観察した結果、平均 3.1~5.0 回/min と術前の律動頻数より減少したと報告している。また、柴田^{26,27)} によると、上部空腸における isolated segment の平均律動頻度は 12.6 回/min であったという。有茎空腸移植も一種の isolated segment と考えられ、spike potential を中心にみた著者の筋電図観察による成績をみると、9.1~10.6 回/min で frequency gradient を示し、これらの報告とほぼ同様の傾向が得られている。

著者の観察した有茎移植空腸部の運動についてみると、内容空虚時には口側断端が自動能により pace maker となり、各部の intrinsic rhythm を control、収縮運動を起しており、かつ口側の放電頻度が高いことから、内容を口側から肛門側に送るに有利な現象と考えられる。

また、微温水を注入した時には腸内容の刺激により、各部の spike potential の frequency が増加することから内容の輸送運動が増強されたと考えられる。このことは、移植空腸に入れた微温水が幽門部を経て十二指腸に送られる本実験での所見からも立証された。すなわち、移植腸管でも正常腸管における同様に、内容負荷により intrinsic rhythm と intrinsic conduction が増加、増強し、運動機能を亢進するものと考えられた。

福原³⁵⁾ は内容負荷時の興奮性の増強について、口側の一点に刺激を加えると、その部で興奮が高まり、尾側において低下するが、内容負荷時のように口側から尾側にかけて、内圧刺激が連続的に加わるときには、尾側の興奮性の低下は刺激による亢進により圧倒され、全体として亢進を示すものと説明している。

これらの内容負荷時にみられる運動機能の亢進

は有茎空腸の代用胃としての作用、すなわち、内容攪拌、輸送等に有利な所見と解される。しかしながら、注入当初にみられる興奮所見は注入量の増加した 150 ml 注入時になると時間の経過とともに減弱し、spike potential の frequency の減少を来すようになることから、内容が充満し、過伸展の状態まで拡張されると腸管ではかえって疲労現象により spike potential の frequency は減少し、intrinsic conduction の頻度を減少させるように作用することも考えられる。また、この疲労現象は十二指腸部にくらべ、移植空腸で明らかにみられるのは移植した場合に疲労現象が起き易い条件があることを示唆していると思われる。本実験における内容大量注入時の所見はイレウス時の腸管の運動機能と対比し、興味深い。

温存幽門部の運動機能

幽門括約機能といっても、幽門輪部には括約筋と呼ばれる特別な筋構造はなく、単に輪状筋が厚みを増し、幽門輪部を形成して括約作用を営んでいるにすぎない⁴⁰⁾。このため、幽門輪部の運動は幽門洞部よりの蠕動波がそのまま伝播してくることになる。ただ、この部の特徴として田中⁴¹⁾ は、幽門輪部は活動電位を欠き、伸びにくい性質があると述べている。高野⁴²⁾ も胃壁を伸展した時の伸び率は幽門部が最も小さく、胃縦軸、横軸方向の伸び率にほとんど差異が認められないことを報告している。

病態時の幽門運動機能に関しては、分節的胃切除術時、幽門輪部の運動機能が異常に亢進し、胃内容の通過障害を来し、また、近側胃切除術の際、切除範囲が 1/2 を越えて幽門洞部で胃が横切離される際、胃内容の通過障害を来すことが知られており⁴³⁾、このため、幽門ドレナージ手術が行なわれている。この原因として、Wagensteen⁴⁴⁾ は迷走神経が断たれることを挙げたが、岡林⁴⁵⁾ は各部位における胃横切離実験から、幽門輪部より 3 cm 口側から胃の 1/2 の高さまでの間で横切離すると、幽門輪部の収縮圧が上昇することを報告し、迷切によると言うよりも横切離自体が原因であることを示唆した。さらに、幽門輪部が 1~2 cm 保存された場合には、幽門輪部の収縮圧は正常に近く、通過障害を示さないことを明らかにした。この実験成績から、幽門輪部を 1.5 cm 残した幽門保存胃切除術が槇⁴⁶⁾ により考案され、

現在広く行われているが、白鳥⁴³⁾は術後3~4週間後のレ線学的観察から、臨床的にも温存幽門部が2cm以上になると、胃内容の通過障害がおこり、幽門筋切離を必要とする事態が生じる可能性がある」と指摘している。

一方、井上⁴⁷⁾は幽門輪部を1.5cm温存した際に、胃内容は正常時よりも小さく千切られるように十二指腸に排出されると述べている。

幽門保存胃亜全摘兼有茎空腸移植術は、槇・白鳥¹⁾により、前述の幽門保存胃切除術を近側胃亜全摘術時の幽門部保存に応用し、有茎空腸移植術を付加して開発されたものである。教室における白鳥・岡林らの本手術後のレ線透視で、幽門保存胃切除術におけると同様、通過障害は認められていない。

著者の実験では幽門部の筋電図上、微温水注入前に比べ、注入後には放電の出現頻度は増加することが観察されており、また、肉眼的観察で、注入した内容も十二指腸に送られていることより、幽門部の運動機能は生理的に近い状態に保たれているものと推察され、本手術を行なった臨床例に見られた幽門部の機能を充分裏づける成績といえよう。

十二指腸部の運動

十二指腸運動と幽門洞部と電気的活動は分離されているとBass⁴⁸⁾は報告し、また、Davenport⁴⁹⁾は十二指腸球部におけるrhythmと胃のrhythmが無関係であると述べ、胃と十二指腸運動に関連が認められないと主張している。

一方では、Thomas⁵⁰⁾らによれば、胃の蠕動波が幽門輪部に近づいている間は十二指腸のrhythmic contractionが抑制され、蠕動波が幽門輪部に達すると同時に抑制が解除され、十二指腸に収縮がみられると報告している。また、Daniel¹²⁾は幽門部と十二指腸部よりそれぞれ導出した波型が同じpatternを示したことから、胃の活動電位が十二指腸に伝播すると述べている。さらに、Carlson⁵¹⁾は、胃と十二指腸運動の関連は胃運動の強いときにみられ、胃の運動が弱いとか欠如している場合には十二指腸上部の運動は独自のrhythmを示すことを報告し、豊原⁵²⁾は筋電図による観察から、胃を胃体部と幽門洞部の境界で横切離し、下部胃に興奮を起こさせると、横切離前に比べ、十二指腸に一見伝播したと思われる関連

放電が増し、十二指腸のより遠側にまで伝播する傾向があると述べている。

著者の観察では、胃の活動電位の約56%が十二指腸活動電位と関連があり、微温水の注入により、その頻度は66~91%に増加することをみており、豊原⁵²⁾の成績とよく一致した。幽門部と十二指腸起始部の間の伝搬に関して、Bass⁴⁸⁾は内容の移動によるmechanicalなconductionを重視し、volume conduction説を唱えた。また、Allen⁵³⁾は、幽門部と十二指腸のB.E.Rに関連は認められないが、食餌摂取時には幽門部のB.E.Rと十二指腸のfast activityが関連を示すと述べている。Reinke⁵⁴⁾もmechanogramによる観察から、食餌摂取時にantrumに出現したpatternのあるものが十二指腸にも伝わることを指摘し、volume conduction説を支持する報告が多い。

しかしながら、他方ではRosenbaum⁵⁵⁾のように、胃運動と十二指腸運動の関連は胃より十二指腸に走る筋線維を介するとの考えもあり、Alvarez⁷⁾も幽門部より十二指腸に蠕動が伝わるのは、幽門部より十二指腸に走る縦走筋がこれに関与していると推論している。

さらに、Daniel¹⁵⁾は、幽門部における粘膜下の双極性有髄神経叢が運動性neuronとの間にsynaptic conductionを形成し、幽門部より十二指腸への神経性伝播がみられるとの立場をとっている。

いずれにしろ、最近では、幽門部と十二指腸運動は全く無関係に独立したものでなく、両者の間にはvolume conduction説、筋線維または神経を介するなど、何らかの形における興奮伝播とこれを調節する機構が存在すると考えるものが多い。

これらのことから、単なる有茎移植空腸の場合には十二指腸との間に、内容の移動に伴う機械的な伝播しか期待できないのに反し、幽門保存有茎空腸移植では1.5cm幽門輪部を温存することにより、より生理的な意味で、幽門部と十二指腸との間に興奮の伝播あるいはその調節機構が維持されている可能性が示唆される。

吻合部興奮伝播

一般に消化管吻合後の興奮伝播については、東田⁵⁶⁾の腹窓法による観察の如く、吻合直後より

蠕動波が伝播するとする者もあるが、術後吻合上下の蠕動は全く独立して営まれ、術後数週間より数ヶ月経れば正常に回復するとするものが多い。たとえば、栗津⁵⁷⁾、西垣戸⁵⁸⁾ はイヌ回腸における横切離、端々吻合実験における spike burst の観察から、術後 4 週間で興奮伝播がみられると報告し、田中ら⁵⁹⁾ は slow wave を中心に観察し、術後 1 ヶ月から正常に回復すると述べている。藤岡⁶⁰⁾ は吻合部の組織学的観察から、結合織による修復が術後 3 日目より始まり、壁内神経叢の再生と吻合部の癒合状態から、術後約 2 ヶ月で完全治癒がみられると報告しているが、田北^{61,62)}、久米川ら⁶³⁾ も腹窓法によるシネマトグラフィー、超生実験等の観察から、吻合部の興奮伝播が円滑に行なわれるようになるには術後 2 ヶ月を要すると述べている。このように、一般には機械的損傷により、吻合上下に一時期、興奮伝播の遮断が起るものと考えられている。しかしながら、全く同期しないとする報告もあり、正務²⁵⁾ は 12 ヶ月間、柴田^{26,27)} は 14 ヶ月間の観察から、吻合下部の頻度が正常に復さないと述べ、なかでも、柴田^{26,27)} はほぼ永久的に回復しないのでないかと推論している。岡林ら⁶⁴⁾ のイヌにおける横切離実験では、幽門洞部と胃体境界部で横切離、端々吻合した場合に、術後 4 ヶ月を経過しても、上・下胃に活動電位の伝播は認められないが、幽門輪部より 2 cm の部の横切離では術後 3 日目より活動電位の同期を示した。このことから、一般には、吻合部の壁在神経叢の再生による興奮伝播がみられるためにはかなりの長期間を要するものと考えられるが、幽門輪部のように筋層の発達した部では神経連絡、あるいは、筋層の癒着の癒合の完成しない時期から、吻合上部の蠕動収縮が trigger となって、吻合下部に機械的収縮を励起し、intrinsic nerve や nexus formation の回復によらないでも、恰かも興奮伝播が行なわれるのかごとき態度をとる場合のあることが示唆される。

著者の実験は開腹下における急性期のものであり、内容空虚時には当然、吻合上下の興奮伝播は認められない筈であるが、一見、同期しているかの如き time lag をもって、吻合上下から活動電位が得られることがあり、しかも内容負荷により

増加する傾向がみられ、volume conduction の関与が考えられた。この点に関しては、幽門保存有茎空腸移植術では、有茎空腸は異所性におかれて吻合が行なわれるものであり、神経再生等による興奮伝播を想定すること自体に無理がある。したがって、内容負荷あるいは移動に伴う機械的刺激により、intrinsic reflex による volume conduction と呼ばれるような、一種の興奮伝播の形態が考えられる。

以上、幽門保存有茎空腸移植時の運動機能について、若干の文献的考察を加えて述べたが、有茎空腸においては、intrinsic rhythm で収縮運動を起しており、かつ、口側の放電頻度が高いことから、内容が口側から肛門側に送るに便利な運動が観察された。

また、微温水の注入により、内容空虚時より spike potential の frequency 並びに有茎空腸より温存幽門部への関連放電頻度が増加することから、内容負荷時に輸送運動が増加されることが考えられる。しかも、幽門部の spike potential は規則的に出現し、微温水注入後にその頻度が増加することより、興奮の度合いが高まる事がうかがわれるが、肉眼的観察でも注入内容が十二指腸に送られていることから、生理的に近い機能が保たれているものと推察された。

また、温存幽門部と十二指腸運動は全く独立して営まれるものでなく、内容空虚時の関連放電頻度より内容負荷時の関連頻度が増加することより、両者の間には、何らかの形の興奮伝搬とこれを調節する機構が存在することが示唆される。単なる有茎空腸移植では、移植空腸と十二指腸の間には内容の移動に伴う機械的伝搬しか期待できないのに反し、本術式では 1.5 cm 幽門部を温存することにより、幽門部より十二指腸への興奮の伝搬と、その調節機構が維持されているので、一層生理的な内容輸送が行なわれるものと考えられる。

これらのことより、幽門保存有茎空腸移植術は単純性有茎空腸移植術に比較し、ダンピング症候群および逆流性食道炎の防止に有利であることはもとより、消化管運動機能の立場からみて、より生理的に近い再建術式と考えられる。

結

イヌを用いて、幽門保存有茎空腸移植時の移植空腸部、温存幽門部および温存幽門部と隣接した十二指腸部の運動機能を微温水注入の前後について、筋電図学的に観察し、つぎのような結果を得た。

1) 放電頻度は微温水の注入量を増加するにつれ、移植空腸部、温存幽門部らおよび十二指腸部ともに、著しく増加し、運動機能の亢進がみられた。しかし、注入量を増し、膨満が著しくなると注入前より減少し、運動機能の低下がみられた。また、これらの放電頻度は肛門側に向かうに従い減少する傾向を示した。

2) 伝播速度は、有茎空腸移植部、温存幽門部より隣接十二指腸部にかけて、および十二指腸部の何れにおいても、注入量が増すにつれて促進したが、膨満が著しくなれば、かえって遅延し、運動機能の減弱が認められた。また、注入前には移植空腸部ならびに温存幽門部から隣接十二指腸部への伝播速度にくらべ十二指腸部の伝播速度が速やかであった。微温水注入時には、十二指腸部が幽門部より隣接十二指腸部にかけての伝播速度よ

語

り速く、移植空腸部で最も遅かった。

3) 有茎移植空腸部と温存幽門部との関連放電出現頻度は、注入量が増加するにつれ高頻度となった。膨満が著しくなるとかえって低下をみるが、それでも注入前よりは頻度が高かった。

4) 温存幽門部より十二指腸部への関連放電出現頻度は、注入量が増加するにつれ、高頻度となった。膨満が著しくなると、かえって低下する傾向がみられた。

以上の結果より、幽門保存有茎空腸移植術の急性実験において、内容の注入により移植空腸部、温存幽門部および十二指腸部の何れにおいても放電頻度、伝播速度から運動機能の亢進がみられるとともに、内容の輸送に有利な移植空腸部から幽門部へおよび幽門部から隣接十二指腸部への関連放電の出現頻度が増加することなどから、移植空腸部、温存幽門部および十二指腸部の運動機能がほぼ満足すべき状態に維持されていることが推察された。

御指導頂いた奈良県立医科大学白鳥常男教授ならびに岡林敏彦博士に深謝する。

文

- 1) Maki, T. *et al.*: Application of Maki-procedure for the cases of total gastrectomy. IIIrd World Congress of C.I.C.D., Chicago (U.S.A.) October. 1974.
- 2) Bozler, E.: The action potentials of visceral smooth muscle. *Amer. J. Physiol.*, **124**, 502-510, 1938.
- 3) Bozler, E.: Electrophysiological studies on the motility of the gastrointestinal tract. *Amer. J. Physiol.*, **127**, 301-307, 1939.
- 4) Bozler, E.: The relation of the action potentials to mechanical activity in intestinal muscle. *Amer. J. Physiol.*, **146**, 496-501, 1946.
- 5) Alvarez, W.C.: Functional variations in contractions of different parts of the small intestine. *Amer. J. Physiol.*, **35**, 177-193, 1914.
- 6) Alvarez, W.C., *et al.*: Action currents in stomach and intestine. *Amer. J. Physiol.*,

献

- 58, 476-493, 1922.
- 7) Alvarez, W.C. & Mahoney, L.J.: The relations between gastric and duodenal peristalsis. *Amer. J. Physiol.*, **64**, 371-386, 1923.
- 8) Alvarez, W.C.: Further studies on intestinal rhythm. *Amer. J. Physiol.*, **37**, 267-281, 1951.
- 9) Duestow, C.B.: The activity of isolated intestinal segments. *Arch. Surg.*, **24**, 565-573, 1932.
- 10) Armstrong, H.I.O., Milton, G.W. & Smith, A.W.M.: Electropotential changes of the small intestine. *J. Physiol.*, **131**, 147-153, 1956.
- 11) Milton, G.W. & Smith, A.W.M.: The pacemaking area of the duodenum. *J. Physiol.*, **132**, 100-114, 1956.
- 12) Daniel, E.E. *et al.*: Electrical activity of the small intestine. *Gastroenterology*, **37**, 268-281, 1959.

- 13) Daniel, E.E., Honour, A.J. & Bogoch, A.: Electrical activity of the longitudinal muscle of dog small intestine studied *in vivo* using microelectrodes. *Amer. J. Physiol.*, **198**, 113-118, 1960.
- 14) Hasselbrack, R. & Thomas, J.E.: Control of intestinal rhythmic contractions by a duodenal pace-maker. *Amer. J. Physiol.*, **201**, 955-960, 1961.
- 15) Daniel, E.E. *et al.*: Electrical activity of the gastrointestinal tract as an indication of mechanical activity. *Amer. J. Digest. Disease*, **8**, 54-102, 1963.
- 16) Steggerda, F.R.: The physiological gradient of the intestine. *Gastroenterology*, **44**, 207, 1963.
- 17) Bass, P. & Wiley, J.N.: Effect of ligation and morphine on electric and motor activity of dog duodenum. *Amer. J. Physiol.*, **208**, 908-913, 1965.
- 18) Christensen, J. *et al.*: The small intestinal basic electrical rhythm (slow-wave) frequency gradient in normal men and in patients with a variety of disease. *Gastroenterology*, **50**, 309-315, 1966.
- 19) Bunker, C.E., Johnson, L.P. & Nelsen, T.S.: Chronic *in situ* studies of the electrical activity of the small intestine. *Arch. Surg.*, **95**, 259-268, 1967.
- 20) Nelsen, T.S. & Becker, J.C.: Stimulation of the electrical and mechanical gradient of the small intestine. *Amer. J. Physiol.*, **214**, 749-757, 1968.
- 21) Code, C.F. & Szurszewski, J.H.: The effect of duodenal and mid small bowel transection on the frequency gradient of the pace-setter potential in the canine small intestine. *J. Physiol.*, **207**, 281-289, 1970.
- 22) Diamant, N.E. & Bortoff, A.: Effects of transection on the intestinal slow-wave frequency gradient. *Amer. J. Physiol.*, **216**, 734-743, 1969.
- 23) Diamant, N.E. & Bortoff, A.: Nature of the intestinal slow-wave frequency gradient. *Amer. J. Physiol.*, **216**, 301-307, 1969.
- 24) Nelsen, T.S.: A theory of integrated gastrointestinal motor activity based on the chain oscillatory model. *Amer. J. Digest. Disease*, **16**, 543-547, 1971.
- 25) 正務秀彦: 小腸の基本的電気律動と外科的侵襲との関係についての実験的研究. *日外会誌*, **72**, 302-320, 1971.
- 26) 柴田族光: 小腸運動機構に関する実験的研究(第1報). *日平滑筋誌*, **9**, 109-122, 1973.
- 27) 柴田族光: 小腸運動機構に関する実験的研究(第2報). *日平滑筋誌*, **9**, 187-199, 1973.
- 28) 木下智治: 十二指腸平滑筋筋電図の実験的研究. *日平滑筋誌*, **4**, 115-129, 1968.
- 29) Magnus, R.: Die Beziehungen des Darmnervensystems zur automatischen Darmbewegung. *Pflügers Arch.*, **102**, 349-363, 1904.
- 30) Gunn, J.A. & Underhill, S.W.F.: Experiments on the surviving mammalian intestine. *Quart. J. exp. Physiol.*, **8**, 275-296, 1914.
- 31) Alvarez, W.C. & Mahoney, L.J.: The myogenic nature of the rhythmic contractions of the intestine. *Amer. J. Physiol.*, **59**, 421-430, 1921.
- 32) Gasser, H.S.: Plexus-free preparations of the small intestine. A study of their rhythmicity and their response to drugs. *J. Pharmacol. exp. Ther.*, **27**, 395-410, 1926.
- 33) Evans, D.H.L. & Schild, H.O.: The reactions of plexus-free circular muscle of cat jejunum to drugs. *J. Physiol.*, **119**, 376-399, 1953.
- 34) 大倉 透: 筋電図を中心とした腸管の病態生理学的研究, 特に神経系機能脱落について. *日外会誌*, **66**, 812-832, 1965.
- 35) 福原 武: 壁内神経細胞による胃腸運動調節の機序. *日平滑筋誌*, **3**, 1-18, 1967.
- 36) Henderson, R.M., Duchon, G. & Daniel, E.E.: Cell contacts in duodenal smooth muscle layers. *Amer. J. Physiol.*, **221**, 564-574, 1971.
- 37) Daniel, E.E., *et al.*: The possible role of close contacts (nexuses) in the propagation of control electrical activity in the stomach and small intestine. *Amer. J. Digest.*, **16**, 611-622, 1971.
- 38) Castleton, K.B.: An experimental study of the movements of the small intestine. *Amer. J. Physiol.*, **107**, 641-646, 1933.
- 39) Douglas, D.M.: The decrease in frequency of contraction of the jejunum after

- transplantation to ileum. J. Physiol., **110**, 66-75, 1949.
- 40) 吉田 完 : 人胃における筋層の構成について, 第1編. 外科的切除胃における筋層構成. 日平滑筋誌, **1**, 80-94, 1965.
- 41) 田中直樹 : 胃運動の生理. 臨床外科, **30**, 473-475, 1975.
- 42) 高野満夫 : 胃壁のトーンズに関する 実験的研究. 日平滑筋誌, **10**, 43-52, 1974.
- 43) 白鳥常男 : 外科的見地から見た胃の病態生理——特に運動機能を中心として——. 日平滑筋誌, **2**, 1-14, 1966.
- 44) Wangenstein, O.H.: The place of segmental resection surgery of peptic ulcer. In Harkins and Nyhus: *Surgery of the stomach and duodenum*. 1st ed., Little Brown & Co., Boston, pp. 444-445, 1962.
- 45) 岡林敏彦 : 胃横切離の幽門運動機能におよぼす影響. 日平滑筋誌, **3**, 70-79, 1967.
- 46) 槇哲夫ら : 胃良性疾病に対する胃切除法についての検討. 外科治療, **13**, 505-512, 1965.
- 47) 井上勇之助ら : 幽門形成術による胃十二指腸興奮伝播の影響について. 日平滑筋誌, **8**, 274-275, 1972.
- 48) Bass, P., Code, C.F. & Lambert, E.H.: Electric activity of gastroduodenal junction. Amer. J. Physiol., **201**, 587-592, 1961.
- 49) Davenport, H.W.: *Physiology of the digestive tract*. 2nd ed., Year Book Pub. Chicago, 1966.
- 50) Thomas, J.E. & Crider, J.O.: Rhythmic changes in duodenal motility associated with gastric peristalsis. Amer. J. Physiol., **111**, 124-129, 1935.
- 51) Carlson, H.C., Code, C.F. & Nelson, P.A.: Motor action of the canine gastroduodenal junction. A cine-radiographic, pressure, and electric study. Amer. J. Digest., **11**, 155-172, 1966.
- 52) 豊原一字ら : 胃横切離および迷走神経切離の胃・十二指腸運動におよぼす影響 (第2報). 日平滑筋誌, **8**, 273-274, 1972.
- 53) Allen, G.L., Poole, E.W. & Code, C.F.: Relationship between electrical activities of antrum and duodenum. Amer. J. Physiol., **207**, 906-910, 1964.
- 54) Reinke, D.A. *et al.*: Patterns of dog gastrointestinal contractile activity monitored *in vivo* with extraluminal force transducers. Amer. J. Dig. Dis. New series, **12**, 113-141, 1967.
- 55) Rosenbaum, A.H., Reinke, D.A. & Bennett, D.R.: In vivo force, frequency, and velocity of dog gastrointestinal contractile activity. Amer. J. Dig. Dis. New series, **12**, 142-153, 1968.
- 56) 東田 徹 : 人工的に腸管を切断し, 各種吻合術を施した場合の腸管運動の観察. 日生理誌, **14**, 272-281, 1952.
- 57) 栗津三郎 : 胃腸手術後の筋電図学的変化について. 臨消会誌, **8**, 623-627, 1960.
- 58) 西垣戸和雄 : 逆蠕動及び順蠕動性回腸側々吻合に於ける筋電図学的変化に就いて. 日消会誌, **57**, 459-469, 1960.
- 59) 田中太平, 他 : 消化管筋電図における slow wave の意義. 日平滑筋誌, **2**, 85-92, 1966.
- 60) 藤岡興人 : 腸管吻合創の癒合に関する実験的研究. 医学研究, **29**, 117-138, 1959.
- 61) 田北周平 : 胃全摘 (或は切除) 喘々吻合術後の運動機能に関する考察. 臨床と研究, **29**, 757, 1952.
- 62) 田北周平, 久米川久夫 : 小腸喘々吻合術後の腸運動機能. 日新医学, **40**, 84-89, 1953.
- 63) 久米川久夫 : 小腸吻合術後の運動機能に関する実験的研究. 医学研究, **25**, 194-212, 1955.
- 64) 岡林敏彦 : 小野慶一ら; “胃角部附近良性疾病に対する幽門洞部温存胃切除術”に対する追加. 第5回, 日本消化器病学会, 東京, 1975.