広範囲腸切除後の機能障害と対策

I. 広範囲腸切除の残存消化管における代償機能について

徳島大学医学部 第1外科教室
(主任: 田北周平教授)

蔵 本 守 雄

ELECTROMYOGRAPHIC STUDY OF THE RESIDUAL DIGESTIVE TRACTS AFTER MASSIVE BOWEL RESECTIONS

Morio KURAMOTO

The First Department of Surgery, School of Medicine, Tokushima University,
Tokushima (Director: Prof. Shuhei Takita)

Electrical activity was recorded from the stomach, duodenum, jejunum and ileum of 8 mongrel dogs which survived for more than two years after 90% massive bowel resections. Despite a considerable delay in gastric emptying time in the dogs with massive bowel resections, the electrogram revealed no substantial difference between the electrical activities of the stomach in normal dogs and the dogs with massive bowel resections. The basic electrical rhythm in the jejunum orad to the anastomotic line was 15-17 cycles/min., and in the ileum caudad to the anastomosis was 8-12 cycles/min. This evidence indicates that the gradient of the slow wave rhythm is maintained even for more than two years after jejunoileal anastomosis and the frequency of the slow wave of the residual digestive tracts generally tend to decrease in compensatory stage.

緒 言

広範囲腸切除後、残存消化管に機能的および器質的代償がおこりうることは周知の事実である。臨床例や動物実験で術後の short bowel syndrome を克服して長期生存しえたものでは、残存消化管の食物通過時間が延長することが認められている。このような残存消化管運動の病態生理特に代

償については十分には追究されておらず、報告にとぼしい。著者はイヌの小腸を 90% 切除後、長期間生存せしめえたものについて残存消化管機能を電気生理学的に追究し、若干の知見を得たのでここに報告し、諸家のご批判をうけたい。

実 験 方 法

実験には体重 7.0~15.0 kg の雑種イヌ 25 頭を用い、ラボナール麻酔にて開腹し、回盲部から口側 10 cm の回腸を残して上方へ 90% の小腸広範囲切除を行なった。そのうち、切除後端々吻合だけ

を行なったものは 8 例、外科的に腸内容輸送遅滞をおこさせる目的で Anderson の方法¹⁾、すなわち吻合より上部で 1 cm 巾に縦走筋を剝脱後、端々吻合を行なったものは 17 例であった。前者の

表 1. 術後体重経過表 (kg)

ケース番号	術 前	術 後				
		1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	6ヶ月	24ヶ月
No. 1	9.6	7.9	8.6	8.2	9.4	11.1
2	11.2	9.0	9.5	9.2	11.0	13.0
3	8.0	8.2	7.8	7.5	9.0	10.2
4	15.0	11.6	10.3	9.7	11.0	13.0
5	7.6	7.1	7.0	7.6	9.0	10.8
6	8.8	7.9	7.8	8.5	8.6	8.8
7	7.7	7.0	8.0	8.1	8.6	8.5
8	7.0	5.6	5.3	5.9	6.2	8.5

2年以上生存しえたのは3例、後者で2年以上生存したのは5例であった。生存した各例とも2年後には術前の体重に近い値か、またはそれ以上になっていた(表1)。術後1年目および2年目に残存消化管造影を行ない、食物の残存消化管における停滞時間を測定し、停滞時間の延長をみとめている。これらの8例についてラボナール麻酔下を開腹を行ない、胃、十二指腸、空腸、回腸に200 μ の銀針電極を刺入し、単極誘導法にて電気的活動を測定した。不関電極は下肢皮下におき、記録は室温20°C~30°Cとし、開腹後30~90分の間に行なった。筋電図の増巾および記録は三栄

図 1. 筋電図導出部位

測器の生体電気現象増巾器およびペン書きライターを用いた。time constant は slow wave を求めるために1.5秒を用いた。胃からの導出にあたっては電極間隔を3cm、十二指腸および吻合部腸では2cmの間隔で4ヶ所において記録した(図1)。

実 験 成 績

90% 広範囲腸切除後、代償期にある胃体部下

部および前庭部大彎側からの導出では、4.0~4.8 cycles/min. の正蠕動放電が上下の方向へ規則正しく伝播されるのがみとめられた。これは広範囲

図 2. 広範囲腸切除後におけるイヌ胃の平滑筋筋電図

図 3. 広範囲腸切除後におけるイヌの十二指腸筋電図

図 4. 広範囲腸切除後におけるイヌの空腸回腸吻合部腸筋電図

図 5. 広範囲腸切除後におけるイヌの吻合部腸筋電図

図 6. 広範囲腸切除後におけるイヌの吻合部腸筋電図

腸切除を行っていない正常胃筋電図と比較してほとんど差異がなく、広範囲腸切除代償期にみとめられる胃内容通過遅滞を説明すべき所見は得られなかった。胃平滑筋の内圧に対する反応をしら

べたが、3例中1例に内圧が上昇すると逆蠕動放電が増加する例があったが、これとても広範囲腸切除を行わない正常胃にも認めうることで、広範囲腸切除胃に特有なものとは言えない(図2)。

十二指腸からの導出では sinusoidal の frequency で 15.0~17.0 cycles/min. の slow wave が得られた(図3)。

吻合部における導出では吻合上部の空腸では 15.0~17.0 cycles/min. で、吻合下部の回腸は 8.0~12.0 cycles/min. であった。図4は吻合部導出の1例であるが、空腸の電極1では 14.0 cycles/min. の規則正しいリズムの波形を示している。これより 2cm 肛門側で吻合部に近い空腸に刺入した電極2でも前者とおなじ frequency ではあるが、前者より規則性に欠ける波形を示している。吻合線より下の回腸に刺入した電極3, 4では 1, 2より frequency の低い 9.0 cycles/min. の規則性にやゝ欠ける slow wave pattern を示している。図5, 図6も吻合部における筋電図であるが、同様な所見がみとめられる。8例についてえられた slow wave の frequency を表にすると表2のごとくなり、空腸と回腸の frequency を比較すると著明な差がみとめられる。

表 2. 広範囲腸切除後の残存消化管にみられる slow wave の発生頻度 (cycle/min), (90% 切除, 2年経過後)

部 位	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
胃	4.8	4.4				4.0		
十 二 指 腸		17.0			15.0			16.0
空 腸	15.0	17.0	14.0	12.0	14.6	17.0	16.0	14.4
回 腸		9.0		12.0	9.0	10.0	8.0	10.2

考 察

著者が筋電図導出を行なった8例は代償期にあり、いずれも術前の体重近くに回復していたことはすでに述べた。広範囲腸切除後の代償機能のうち、消化吸收面における代償については、Stasoff²⁾, Wildegans³⁾ により窒素排泄の面より追究され、窒素排泄が時間の経過とともに改善されることが報告されている。また Dowling and Booth⁴⁾ により切除後の残存空腸および回腸における糖の吸

収能が測定され、吸収能力が術後早期よりしだいに増加し、1カ月後に最高に達することが報告されている。また残存小腸のみならず、胃、大腸にも代償が起こり、胃内容通過の遅滞、大腸の intestinalization³⁾ などが報告されている⁵⁻¹⁰⁾。

代償の形態学的変化としては、腸絨毛の高さの増加、腸重量の増加、腸絨毛細胞の肥大および増殖、筋層の肥厚などが報告されている。

一方、残存消化管の運動にも代償がおこりうることが知られている。Althausen¹¹⁾, Stahlgren¹²⁾, Jackson and Linder¹³⁾ は消化管造影を行ない、胃内容通過遅滞をみとめている。Pilling and Cresson³⁾ は残存小腸における腸内容通過遅滞をみとめている。切除部位の相異による残存小腸における通過時間の変化については、低位切除が通過時間が早い (jejunal hurry) とされている。しかしこれら術後の代償期における運動病態生理に関する知見はいまだ少ない。入山¹⁴⁾ は大腸垂全摘出後下痢の回復機転をレ線学的、電気生理学的に追究し、その主因が残存回腸の労作性筋層肥大に伴う運動低下にあるとしている。小野¹⁵⁾ は広範囲小腸切除後の大腸における運動機能を電気生理学的に追究して、右結腸においては放電数の減少、規則性の消失することを認めている。

正常腸の電気生理学的研究に関してはほぼ一定した所見がえられている。Szurszewski¹⁶⁾ は15コ単極および5コ双極白金電極を十二指腸から回腸に順次埋設し、無麻酔下のイヌの小腸平滑筋々電図を導出した。その結果、周期的にくり返しおこる slow wave, すなわちいわゆる pacesetter potential が全小腸にわたって記録され、その形状は種々であるが、十二指腸から空腸にかけては一定であり、回腸附近は変化しやすく、時として記録されないこともある。上部 30~116cm の小腸では frequency plateau を示し、frequency は 18.2~19.9 cycles/min. であり、下部になるにしたがって減少し、回腸では 13.3~14.8 cycles/min. となり、減少は幽門からの距離に関係があるとしている。これは Alvarez の gradient theory を意識下イヌで示そうとしたものである。

Diamant and Bortoff¹⁷⁾ は吸引電極を用いて in situ または in vitro で、ネコ、イヌ、サルの小腸から単相性の slow wave を導出した。無傷腸では slow wave の frequency は下部にゆくにしたがって階段状に減少し、1つの frequency plateau から次の frequency plateau までの長さおよび位置は種々であり、この隣接部は waxing and waning の領域により境されている。小腸を切離して小さな Segment に分けると slow wave は下部にむかって直線状に減少する。これらの現象は腸平滑筋が、除々に frequency の減少する、ゆるく結合した oscillator のつながりであり、

waxing and waning は隣接した frequency の異なる細胞群の干渉現象だと説明している。このように小腸平滑筋の電気活動に関して gradient が依存することは確かである。さらに gradient が腸切離, clamp, 腸切離吻合などにより影響を受けることについてもほぼ一定の所見がえられている。Milton¹⁸⁾ は十二指腸の Bieble loop を作成し、stainless steel 電極を用い、切離吻合後 60 日までの吻合部の電気活動を記録した。吻合上部では 18.09±1.04 waves/min, 吻合下部では 13.91±1.42 waves/min で、吻合下部の frequency の低下を認めている。Bass¹⁹⁾ も Bieble loop で十二指腸の電気活動を観察し、結紮下部の BER (電氣的基礎活動) は上部の 19 cycles/min から下部の 14.6 cycles/min に減少することを報告している。Bunker²⁰⁾ は stainless steel 電極をイヌの小腸に埋設して、切離前が空腸で 19 cycles/min, 切離後には 13~14 cycles/min に低下させている。Diamant and Bortoff²¹⁾ は麻酔下でイヌを用い吸引電極により腸筋電図を導出し、切離下部の in situ gradient の減少または消失をみとめている。正務²²⁾ は in situ で腸筋電図を導出し、正常イヌでは上部空腸は 18 cycles/min, 回腸末端では 12~13 cycles/min であり、Treitz 靱帯下部 5cm での切離吻合後 12 カ月経過した例での BER は術後早期のものと変化がなく切離吻合下部は回腸末端部とおなじ値に低下した状態を保つことをみとめている。

著者の場合は 90% 腸切除を行ない 2 年以上経過しているイヌを用いたのであるが、その吻合上部の十二指腸と空腸の BER は 15~17 cycles/min と 14 cycles/min であり、吻合下部の回腸では 8.0~12 cycles/min と、吻合部を境に step wise に BER が低下していた。これは frequency の高い空腸と低い回腸を吻合後 2 年以上経過しても各々の frequency が保たれることを示している。またこの値はラボナール麻酔下でしかも開腹下にえられているので、麻酔および開腹時間の影響を考慮に入れなければならない。Milton¹⁸⁾ はチオペンタールで導入し、エーテルで維持した麻酔下で腸筋電図を記録し、麻酔時間と frequency の関係をしらべた。これによると急激な麻酔相の変化には slow wave の frequency は影響されないが、深い麻酔状態では低下し、軽麻酔下では麻酔

時間の経過とともにしだいに低下することが示されている。著者の場合も同様な所見がみとめられたが、この条件を考慮に入れても、代償された残存小腸、ことに残存回腸では *slow wave* の *frequency* が数サイクル低下していると考えることができる。

他方、腸の小切除吻合後の摘出超生条件下における興奮伝播に関しては、田北-久米川²³⁾ は肉眼的所見の映画記録法により、術後2カ月を経ると興奮伝播が円滑に行なわれることを示し、辻村²⁴⁾ もウサギを用いて同様に *in vitro* で腸筋電図を

導出し、*spike burst* がほぼ2カ月後には吻合線を越えてスムーズに吻合下部に伝播される事実を認めている。このような実験結果の相違はおそらく実験方法の相違に関係があるであろう。特に著者がイヌにおける *in vivo* の観察で *slow wave* を対象としている点や田北-久米川、辻村らの標本が吻合の直上直下を含む小腸片であって *Trendelenburg* 法による内圧が全標本内で平等に加えられているという点などが一つの原因と考えうる。

結

語

1. 広範囲 (90%) 腸切除後、代償期にあるイヌ8例について胃、十二指腸、空腸、回腸の筋電図を導出した。

2. 胃からの導出では正常胃筋電図と差異のない筋電図が得られ、代償期の胃内容通過遅滞を説明すべき所見はえられなかった。

3. 吻合部では吻合線より口側空腸の BER は 15~17 cycles/min, 吻合線より肛門側の回腸では 8~12 cycles/min であり、明らかに *frequency* の低下がみられた。

4. 一般に代償期の残存小腸における *slow wave* の *frequency* は低下の傾向を示す。

文

献

- Schiller, W.R., DiDio, L.J.A. & Anderson, M.C.: Production of artificial sphincters. *Arch. Surg.*, **95**, 433-442, 1967.
- Stasoff, B.: Experimentelle Untersuchungen über die kompensatorischen Vorgänge der Darmresektionen. *Beitr. Klin. Chir.*, **89**, 527-586, 1914.
- Dowling, R.H.: Compensatory changes in intestinal absorption. *Brit. Med. Bull.*, **23**, 275-278, 1967.
- Dowling, R.H. & Booth, C.C.: Functional compensation after small-bowel resection in man. *Lancet*, Vol. II, (1936), 146-147, 1966.
- Dowling, R.H. & Booth, C.C.: Structural and functional changes following small intestinal resection in the rat. *Clin. Sci.*, **32**, 139-149, 1967.
- Bochkov, N.P.: Morphological changes in the jejunum and ileum of rats after wide resection of the small intestine. *Bull. Exp. Biol. Med.*, **47**, 339-343, 1958.
- Clatworthy, H.W., Saleeby, R. & Lovin-good, C.: Extensive small bowel resection in young dogs: Its effect on growth and development. *Surgery*, **32**, 341-351, 1952.
- Loran, M.R. and Althausen, T.L.: Cellular proliferation of intestinal epithelia in the rat two months after partial resection of the ileum. *Biophysic. Biochem. Cytol.*, **7**, 667-671, 1960.
- Porus, R.L.: Epithelial hyperplasia following massive small bowel resection in man. *Gastroenterology*, **48**, 753-757, 1965.
- Skala, I. & Konrádová, V.: Hypertrophy of the small intestine after its partial resection in the rat. *Amer. J. Dig. Dis.*, **14**, 182-188, 1969.
- Althausen, T.L., Doig, R.K., Uyeyama, K. & Weiden, S.: I. Digestion and absorption after massive resection of the small intestine. II. Recovery of the absorptive function as shown by intestinal absorption tests in two patients and a consideration of compensatory mechanisms. *Gastroenterology*, **16**, 126-134, 1950.

- 12) Stahlgren, L.H., Umana, G., Roy, R. & Donnelly, J.: A study of intestinal absorption in dogs following massive small intestinal resection and insertion of an anti-peristaltic segment. *Ann. Surg.*, **156**, 483-492, 1962.
- 13) Jackson, W.P.W., Linder, C.C. & Berman, S.: Small gut insufficiency following intestinal surgery-I, a clinical and metabolic study of a man surviving with 7 inches of small intestine. *S. Afr. J. Clin. Sc.*, **2**, 70-112, 1951.
- 14) 入山圭二 : 大腸亜全切除後の下痢回復機構と回腸運動の変化, 日平滑誌, **6**, 20-32, 1970.
- 15) 小野慶一, 渡辺 襄, 鈴木行三, 土田 博, 阿保 優, 杉山 譲, 野崎修一, 杉沢利雄 : 広範囲小腸切除の大腸運動機能におよぼす影響. 日平滑誌, **3**, 114-119, 1967.
- 16) Szurszewski, J.H., Elveback, L.R., & Code, C.F.: Configuration and frequency gradient of electric slow wave over canine small bowel. *Amer. J. Physiol.*, **218**, 1468-1473, 1970.
- 17) Diamant, N.E. & Bortoff, A.: Nature of the intestinal slow wave frequency gradient. *Amer. J. Physiol.*, **216**, 301-307, 1969.
- 18) Milton, G.W. & Smith, A.W.M.: The pacemaking area of the duodenum. *J. Physiol.*, **132**, 100-114, 1956.
- 19) Bass, P. & Wiley, J.N.: Electrical and extraluminal contractile force activity of the duodenum of the dog. *Amer. J. Dig. Dis.*, **10**, 183-200, 1965.
- 20) 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.
- 21) Diamant, N.E. & Bortoff, A.: Effects of transection on the intestinal slow wave frequency gradient. *Amer. J. Physiol.*, **216**, 734-743, 1969.
- 22) 正務秀彦 : 小腸の基本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.
- 23) 田北周平, 久米川久夫 : 小腸端端吻合術後の腸運動機能. 日新医学, **40**, 84-89, 1953.
- 24) 辻村武文 : 小腸端々吻合術後に於ける興奮伝播に関する研究. 日平滑誌, **1**, 30-41, 1965.

(1971年6月28日受付)