小腸広範切除後残存小腸の運動機能に 関する実験的研究

東邦大学医学部 第二外科学教室
(指導: 継 行男教授)

北 原 信 三

ELECTROMYOGRAPHICAL STUDY ON MOTOR FUNCTION OF RESIDUAL INTESTINE AFTER MASSIVE RESECTION OF SMALL INTESTINE

Shinzo KITAHARA

*The 2nd Department of Surgery, Toho University
School of Medicine, Tokyo
(Director: Prof.Y.Tsugu)*

Canine intestine 80% was resected, and the post-operative residual intestine was observed on its motor-function in time course by the use of electro-myographic test. The results are as follows.

1. Post-operative frequency of electric discharge was reduced, and it was reduced at the residual jejunum in time course, while it was nearly constant at the residual ileum.
2. Residual jejunum showed no significant change in the continuous time and amplitude of spike burst after operation. While residual ileum showed the post-operative increasing tendency.
3. When the ratio of active phase, average of spike burst occurrences in one minute was regarded as index of intestinal excitability, the excitability was increased in both jejunum and ileum at earlier stage after operation. However, the ileum showed earlier recovery tendency.
4. Electric discharge interval after resection became irregular, and the occurrence rate of antiperistaltic propagation was elevated.
5. Residual ileum showed a longer tendency of one series of MMC after operation. Residual jejunum showed numerous occurrences of MMC up to 3 months after operation, there after, occurring interval of MMC was extended, and MMC-series showed the shortened tendency.
6. Conduction velocity was higher after operation at the residual ileum, and it was not recovered even after 2-3 years, while residual jejunum showed a recovery trend with the peak at the 6th week after operation.

I. は じ め に

腸間膜動脈血栓症, イレウス, 放射線照射後障害等のため小腸広範切除を余儀なくされることは临床上ときどき経験されるが, このような場合には術後高度の下痢, 貧血, 栄養障害をきたし長期の非経口栄養管理を必要とする一方,

残存小腸の長さによってはある期間を経過すると徐々に下痢の軽減がみられ, 社会生活に復帰できるようになるのも事実である.

著者は犬を用いて小腸広範切除を施行し, 残存小腸の運動機能を消化管筋電図法を用いて観

察し、とくに残存小腸の運動機能面における代償能について検討を加え、若干の知見を得たの

で報告する。

II. 実 験 方 法

まず本実験に耐え得る犬と小腸切除範囲決定のために予備実験を行った。すなわち、体重 5.0～11.0 kg の雑種成犬 15 頭を用いて小腸下部 50%, 60%, 80%, 90% を切除後端々吻合し術後自然飼育状態で観察した。術後 3 週間以上生存した犬はそれぞれ 2/3(66.7%), 3/3(100%), 2/4(50%), 0/5(0%) であり、また 80% 以下の切除犬について 3 週間以上生存群および非生存群の術前平均体重をみると、それぞれ 8.6 ± 1.5 kg, 6.3 ± 1.5 kg で術前体重の少ないものに早期死亡が多かった。そこで生存可能な範囲で可及的広範切除を行うべく、本実験においては体重 8.5～13.5 kg (平均 11.1 kg) の雑種成犬 19 頭を用い切除範囲は 80% として実験対象とした。

実験犬は次の 2 群に分けて慢性犬を作成した。

第 1 群：上部小腸 80% 切除犬 10 頭

第 2 群：下部小腸 80% 切除犬 9 頭

筋電図導出用電極は、あらかじめ定めた部位(後述)に装着しておき、それぞれ対照としての活動電位を導出した後腸管を切除端々吻合し、術後 3 週、6 週、3 カ月、6 カ月と経時的に活動

電位を導出して得られた筋電図を比較検討した。長期生存犬についてはさらに術後 1 年、2～3 年にも観察することができた。

電極装着部位は次の如くである(図 1)。

第 1 群：Treitz 靱帯より 2 cm 肛門側の空腸に 1 個(E_1)、回腸末端より 20 cm 口側の回腸に 2 cm 間隔に 2 個(E_2 , E_3)。

第 2 群：Treitz 靱帯より 20 cm 肛門側の空腸に 2 cm 間隔に 2 個(E_1 , E_2)、回腸末端より 2 cm 口側の回腸に 1 個(E_3)。

電極は自製の双極電極で、市販の寸 6-6 鍼用銀針の先端 1.5 cm をイヤホンコードに刺入してハンダ付けし、電極先端 1.5 mm を残してアラルダイトで絶縁、24 時間放置して完全に乾燥した後さらに manicure coating を施した。極間距離は 1.5 mm, 極間抵抗 50 k Ω 以下となるようにした。

電極装着操作は thiopental 2.5～5.0 mg/kg 静脈麻酔下に腹部正中切開で開腹し、それぞれの双極銀針電極を筋層内に刺入し 4-0 血管縫合糸を用いて腸壁に固定した。リード線は一括して腰背部皮下に導いて埋没し随時とり出して活動電位を導出できるようにした。

小腸切除手術操作は、対照の活動電位を導出して 2～7 日後に同様に静麻下で開腹し、Treitz 靱帯から回盲部までの小腸全長を計測した後、第 1 群では回腸末端より全長の 20% にあたる回腸を残して小腸を切除して、吻合のために 4 cm 残した上部空腸と端々吻合した。第 2 群では、Treitz 靱帯より全長の 20% にあたる空腸を残して小腸を切除した後吻合のために 4 cm 残した末端回腸と端々吻合した。吻合には 3-0 絹糸を用い全層一層の結節縫合を行った。いずれも十二指腸および回盲弁は温存した。

活動電位導出時には塩酸ケタミン 10 mg/kg 皮下注下に皮膚を切開しリード線を取り出して増幅器に接続し、前記のように術後経時的に各部位の空腹時活動電位を 1～5 時間にわたり同

図 1. 小腸切除範囲と電極埋没部位(E_1 , E_2 , E_3 : 電極)

時記録した。同一電極による活動電位の導出は術後6週間前後が限度であるため、それ以後は新たに電極を同部位に再装着して導出した。

増幅器は日本光電製 RM-5 型 (4 チャンネル), 筋電図記録装置は Recticorder RJQ 3004 型を用い, 時定数は 0.03 sec とした。記録紙の速度は 5 mm/sec ならびに 10 mm/min とし後者は, migrating myoelectric complex (以下 MMC) の pattern の観察に用いた。

得られた筋電図についてはおもに spike 放電を検討対象とし, 個々の spike 放電に関しては頻度 (cpm), 振幅 (μV), 持続時間 (sec), 1 分間の平均 spike burst 発生数, 伝播様式, 伝播速度の経時的变化を観察した。また spike burst の series で形成される active phase の全体に占める比率, MMC の発生頻度, 間隔, 伝播様式,

伝播速度を観察し, 各時期における残存腸管の興奮性, 伝播の様相について検討した。

spike 放電頻度については, MMC 内の個々の spike 放電間隔 60 個以上を計測し 1 分間の平均 spike burst 数 (cpm) として求めた。個々の spike 放電の伝播に関しては, 2 cm 間隔で装着した上下の電極から得られた spike 放電のうちもっとも近接した放電の起始点を結び, 順蠕動性伝播か逆蠕動性伝播かを判断し, 伝播時間で 2 個の電極間距離を除して伝播速度を求めた。一方 basic electric rhythm (BER) についてはその発生頻度 (cpm) についてのみ検討した。また, 各時期における実験犬の体重, 便性の変化を観察し, 筋電図学的変化との関連についても検討を加えた。

III. 実 験 成 績

A 小腸切除前の筋電図 (対照)

a. 第 1 群 (上部小腸切除犬)

犬 10 頭のうち 4 頭は腸切除後 2 日~6 週で死亡したため残り 6 頭について検討した。長期生存犬 2 頭については術後 1 年および 2 年 8 カ月~2 年 10 カ月の活動電位 (E_2 , E_3) を導出した。

active phase における spike 放電頻度, 振幅, 持続時間, 1 分間の平均 spike burst 発生数, MMC の 1 時間当りの発生数, 発生間隔は表 1 に示した如くである。spike 伝播様式を $E_2 \cdot E_3$ でみると, 順蠕動性伝播を示すものは平均 $76.6 \pm 13.9\%$, 逆蠕動性伝播を示すものは平均 $15.7 \pm 11.1\%$ であり, 順蠕動性伝播速度は平均 15.2 ± 3.2 mm/sec であった。MMC について伝播様式をみると順蠕動性伝播を示すものが平均 35.0%, ほぼ同時発生のものが 30.0%, 逆蠕動性伝播を示すものが 35.0% であり, 順蠕動性伝播速度は平均 9.5 ± 10.7 cm/min であった。また active phase の全体に占める比率は E_1 で平均 $30.9 \pm 14.0\%$, $E_2 \cdot E_3$ では平均 $18.9 \pm 1.5\%$ であった。BER については発生頻度についてのみ検討し, E_1 で 19.00~20.11 (平均 19.51 ± 0.52) cpm, $E_2 \cdot E_3$ では 12.22~13.81 (平均 $13.18 \pm$

0.59) cpm であった。

b. 第 2 群 (下部小腸切除犬)

犬 9 頭のうち 2 頭は術後 2~10 日で死亡, 他の 1 頭は術後 3 カ月電極埋没手術中に死亡したため残り 6 頭について検討した。さらに長期生存犬については, 術後 1 年 (4 頭), 術後 2 年 8 カ月~2 年 9 カ月 (3 頭) の活動電位 (E_1 , E_2) を導出した。

spike 放電頻度, 振幅, 持続時間, 1 分間の平均 spike burst 発生数, MMC の 1 時間当りの発生数, 発生間隔は表 1 に示した。spike 伝播様式を $E_1 \cdot E_2$ でみると, 順蠕動性伝播を示すものは平均 $80.5 \pm 10.5\%$, 逆蠕動性伝播を示すものは平均 $7.9 \pm 7.4\%$ であり, 順蠕動性伝播速度は平均 53.5 ± 28.6 mm/sec であった。さらに MMC について伝播様式をみると順蠕動性伝播を示すものが平均 70.8%, ほぼ同時発生のものが 25.0%, 逆蠕動性伝播を示すものは 4.3% であり, 順蠕動性伝播速度は平均 7.3 ± 5.4 cm/min であった。また active phase の全体に占める比率は $E_1 \cdot E_2$ で平均 $17.9 \pm 21.6\%$, E_3 では平均 $28.2 \pm 7.2\%$ であった。BER 発生頻度は $E_1 \cdot E_2$ で 18.66~20.02 (平均 19.29 ± 0.51) cpm, E_3 では 13.49~15.12 (平均 14.18 ± 0.84) cpm で

表 1. 術前における筋電図学的分析

	a. 第 1 群		B. 第 2 群	
	E ₁	E ₂ , E ₃	E ₁ , E ₂	E ₃
spike 放電頻度 (cpm)	18.71~19.66 (19.29±0.55)	12.11~13.91 (13.09±0.60)	18.06~20.80 (19.11±0.92)	11.63~15.19 (12.94±1.95)
spike 振幅 (μV)	212.5~689.2 (435.3±188.5)	142.2~185.6 (158.6±24.6)	192.3~799.3 (421.6±224.8)	166.9~606.9 (322.2±246.1)
spike burst 持続時間 (sec)	0.54~0.96 (0.78±0.15)	0.92~2.03 (1.42±0.56)	0.66~1.28 (0.96±0.27)	1.15~1.56 (1.35±0.21)
分時 spike burst 発生数 (個/min)	2.2~9.5 (6.1±3.0)	1.8~9.4 (4.6±2.6)	1.1~10.3 (4.5±4.1)	2.9~4.5 (3.8±0.8)
MMC 分時発生数 (個/min)	1.9~5.2 (3.0±1.7)	1.3~8.1 (3.9±2.5)	0.5~6.6 (2.5±2.8)	2.2~4.1 (3.1±1.0)
MMC 発生間隔 (min)	1.6~24.3 (10.3±9.0)	2.1~38.2 (17.3±13.1)	5.6~22.4 (10.8±5.2)	3.4~9.7 (8.1±3.1)

図 2. 術前の筋電図とその伝播 (a: 第 1 群, b: 第 2 群) MMC および個々の spike burst が規則正しく口側から肛門側へ伝播する。

あった (表 1, 図 2)。

B. 小腸切除後の筋電図 (図 3)

1. spike 放電頻度 (図 4, 5)

a. 第 1 群

E₁: 術後 3 週では 17.44~19.86 (平均 18.82±0.90)cpm, 6 週では 17.16~19.45 (平均 18.75±

0.91)cpm, 3 カ月では 13.67~19.65 (平均 17.49±2.25)cpm, 6 カ月では 13.84~19.36 (平均 17.42±2.10) cpm で経時的に減少傾向がみられ, 術前と比べて 3 カ月で平均 9.3%, 6 カ月では平均 9.7% の減少がみられた。

E₂, E₃: 術後 3 週では 9.20~10.72 (平均

図3. 術後の筋電図の経時的変化 (a: 第1群, b: 第2群)

図4. spike 放電頻度の経時的変動 (筋電図) 第1群 (a) では術直後に放電間隔が広くなるが, その後大きな変動はみられないのに対し, 第2群 (b) では術後経時的に放電間隔が開いてくる。

図5. 放電頻度の経時的変動

9.83±0.43) cpm, 6週では9.21~10.72 (平均 9.84±0.44) cpm, 3カ月では9.89~10.54 (平均 10.24±0.21) cpm, 6カ月では9.69~10.52 (平均 10.07±0.32) cpmで切除前と比べて3週で24.9%の減少を示したがその後はほぼ横臥いで、3カ月で21.8%, 6カ月では23.1%の減少率でむしろやや回復傾向を示した。このうち2頭については術後1年で18.9%, 2~3年で15.1%の減少率を示し術前値に復することはなかった。

b. 第2群

E₁, E₂: 術後3週では16.45~20.39 (平均 18.81±1.08) cpm, 6週では17.51~20.33 (平均 18.59±0.94) cpm, 3カ月では16.77~17.94 (平均 17.59±0.41) cpm, 6カ月では15.71~18.38 (平均 17.74±1.28) cpm, 1年では15.57~18.34 (平均 17.00±1.07) cpm, 2~3年では17.49~18.41 (平均 18.28±0.57) cpmで術後経時的に減少する傾向がみられ、術前と比べて3カ月で8.0%, 6カ月で7.2%の減少率を示していた。また1年, 2~3年でも術前に比べ11.2%, 5.1%の減少率を示し術前値に復することはなかった。これは第1群のE₁と同様の傾向を示すものと考えられた。

E₃: 術後3週では9.61~9.85 (平均 9.71±0.13) cpm, 6週では9.73~10.76 (平均 10.13±

0.55) cpm, 3カ月では9.59~9.93 (平均 9.81±0.19) cpm, 6カ月では9.97~11.04 (平均 10.36±0.59)であり、3週では術前に比べて25.9%の減少を示したがその後はほぼ横臥いでむしろやや回復傾向を示した。しかし術後値に復帰することとはなく3カ月で24.2%, 6カ月で19.9%の減少率を示していた。これも第1群のE₂, E₃と同様の傾向を示すものと考えられ、吻合部の上・下ではその残存腸管の長さにかかわらず同様の傾向を示すものと考えられた。

2. spike 振幅 (表2)

a. 第1群

E₁: 術後3週で減少したほか6週以後では術前と比べて大きな変動はみられなかった。

E₂, E₃: 術後増加傾向を示したが、このうち2頭については1年で平均304.5±111.9 μVで長期になると回復傾向を示すことが示唆された。

b. 第2群

E₁, E₂: 術後3週, 6週と早期にやや減少し、3カ月, 6カ月では回復した。しかし1年ではやや増加したものの2~3年では再び術前値に近づいた (表2b)。

E₃: 術後3カ月で減少したほかはやや増加した。

表 2. spike 振幅, 持続時間の経時的変動

		術 前	3 W	6 W	3 M	6 M	1 Y	2~3 Y
振 幅 μV	E_1	435.3 ± 188.5	279.0* ± 130.2	439.9 ± 89.8	550.4 ± 272.3	442.8 ± 119.1	—	—
	$E_2 \cdot E_3$	158.6 ± 24.6	186.9 ± 57.6	342.1* ± 112.0	271.1** ± 81.2	602.2* ± 129.2	304.5* ± 111.9	245.6 ± 109.1
持 続 時 間 sec	E_1	0.78 ± 0.15	0.86 ± 0.15	0.78 ± 0.18	0.89 ± 0.19	0.98 ± 0.22	—	—
	$E_2 \cdot E_3$	1.42 ± 0.56	1.23 ± 0.38	1.36 ± 0.41	1.93* ± 0.76	2.11* ± 0.72	1.35 ± 0.37	1.34 ± 0.44

*P<0.05 **P<0.1

		術 前	3 W	6 W	3 M	6 M	1 Y	2~3 Y
振 幅 μV	E_1	421.6 ± 224.1	386.1 ± 111.4	360.1 ± 136.1	448.2 ± 175.2	402.4 ± 149.6	547.2 ± 269.2	401.9 ± 113.4
	$E_2 \cdot E_3$	322.2 ± 246.1	384.7 ± 189.4	336.1 ± 232.1	251.7 ± 86.1	418.0 ± 130.4	—	—
持 続 時 間 sec	E_1	0.96 ± 0.27	0.98 ± 0.20	0.84 ± 0.08	0.83 ± 0.22	1.22 ± 0.37	0.94 ± 0.15	0.79 ± 0.10
	$E_2 \cdot E_3$	1.35 ± 0.21	1.48 ± 0.21	1.07 ± 0.37	1.29 ± 0.85	1.52 ± 0.66	—	—

3. spike burst 持続時間

a. 第 1 群

 E_1 : 術前と比べてやや延長を示した. E_2, E_3 : 術後 3 カ月, 6 カ月では有意に延長がみられたが, ほかでは術前と比べて大きな変動はみられなかった.

b. 第 2 群

 E_1, E_2 : 術後有意の変動はみられなかった. E_3 : 術後 6 週でやや短縮がみられたが有意の変動はみられなかった.

4. 1 分間の平均 spike burst 発生数 (図 6)

a. 第 1 群

 E_1 : 術後 3 週では 3.6~11.2 (平均 7.6 ± 3.1) 個/min, 6 週では 4.4~12.8 (平均 8.5 ± 3.8) 個/min, 3 カ月では 4.5~10.2 (平均 6.6 ± 2.8) 個/min, 6 カ月では 2.1~7.8 (平均 5.8 ± 2.9) 個/min で術後経時的に増加し 3~6 カ月で術前値に復した. E_2, E_3 : 術後 3 週では 3.0~16.3 (平均 7.6 ± 4.8) 個/min, 6 週では 3.8~8.0 (平均 6.1 ± 1.3) 個/min, 3 カ月では 3.0~7.2 (平均 5.1 ± 1.3) 個/min, 6 カ月では 3.8~5.1 (平均 4.8 ± 1.2) 個/minで術後経時的に増加したが 6 カ月では術前値に復した. このうち 2 頭については, 術後 1 年で平均 4.2 ± 2.1 個/min, 2~3 年では 7.8 ± 1.2 個/min で, この 2 頭の術前平均 2.8 ± 1.05 個/min と比べると増加を示した.

b. 第 2 群

 E_1, E_2 : 術後 3 週では 3.7~9.9 (平均 6.6 ± 2.7) 個/min, 6 週では 4.3~13.4 (平均 9.6 ± 3.9) 個/min, 3 カ月では 1.5~12.4 (平均 7.9 ± 4.5) 個/min, 6 カ月では 4.5~9.2 (平均 6.9 ± 1.6) 個/min で術後はいずれも術前値より増加していた. また 1 年では $2.6 \sim 8.2$ (平均 5.0 ± 2.4) 個/min, 2~3 年では 4.8~6.4 (平均 5.6 ± 0.7) 個/min で術前値に回復する傾向がみられた. E_3 : 術後 3 週では 1.6~8.0 (平均 5.0 ± 3.2) 個/min, 6 週では 8.1~11.0 (平均 9.4 ± 1.5) 個/min, 3 カ月では 5.0~6.4 (平均 7.0 ± 2.4) 個/min, 6 カ月では 3.5~4.8 (平均 4.0 ± 0.7) 個/min であり, 術後増加, 6 週を peak に 6 カ月では回復傾向を示した.

図6. 1分間の平均 spike burst 発生数

5. 興奮伝播様式

a. 第1群

$E_2 \leftrightarrow E_3$: 順蠕動性伝播を示すものの割合は術後3週で平均63.5%, 6週では平均45.8%, 3カ月で平均53.8%, 6カ月では平均57.9%, 同時発生の割合は3週で平均9.8%, 6週で平均7.1%, 3カ月で平均8.8%, 6カ月では平均7.9%であり, 逆蠕動性伝播の割合は3週で平均26.5%, 6週で平均47.1%, 3カ月で平均37.4%, 6カ月では平均34.2%であって, いずれも術前と比べて高率であった。このうち2頭における1年, 2~3年の逆蠕動性伝播発生頻度はそれぞれ平均56.2%, 23.0%であり, 2~3年では回復傾向をみせたが, なお術前値と比較すると高率であった。

b. 第2群

$E_1 \leftrightarrow E_2$: 順蠕動性伝播を示すものの割合は術後3週で平均74.6%, 6週で平均65.8%, 3カ月で平均73.1%, 6カ月では平均65.4%, 同時発生の割合は術後3週で平均9.3%, 6週で平均11.1%, 3カ月で平均8.4%, 6カ月では平均10.2%であり, 逆蠕動性伝播を示すものの割合が術後3週で平均14.4%, 6週で平均21.8%, 3

カ月で平均18.7%, 6カ月では平均24.4%と術後増加を示した。1年では平均9.1%, 2~3年では平均10.5%と回復傾向がみられた(図7, 8)。

6. 興奮伝播速度

内容輸送速度を示唆するものとして順蠕動性伝播を対象とした。

a. 第1群

$E_2 \rightarrow E_3$: 術後いずれも術前と比べて高値で経時的増加傾向がみられた(表3, 図9)。

b. 第2群

$E_1 \rightarrow E_2$: 術後早期には術前と比べて高値を示したが, 3カ月では低値を示し以後はほぼ術前値に復した(表3)。

7. 1時間当りのMMC発生数

a. 第1群

E_1 : 術後3週で1.4~5.8(平均 3.2 ± 2.0)個/hr, 6週で2.4~6.3(平均 4.0 ± 1.4)個/hr, 3カ月で3.1~6.9(平均 4.5 ± 1.6)個/hr, 6カ月では1.3~3.6(平均 2.1 ± 1.0)個/hrで術後経時的に増加し, 3カ月をpeakに6カ月では術前値よりも減少した。

E_2, E_3 : 術後3週では1.9~7.2(平均 4.7 ± 1.5)個/hr, 6週では1.4~6.8(平均 3.5 ± 1.7)個/hr

図7. 放電の逆蠕動性伝播頻度の経時的変動

図8. 放電の逆蠕動性伝播の術後増加(筋電図) 矢印は伝播方向を示す。(a: 第1群, b: 第2群)

表3. spike伝播速度の経時的変動

	術 前	3 W	6 W	3 M	6 M	1 Y	2~3 Y
a. 第1群 (上部小腸切除) E ₂ →E ₃	15.2 ± 3.2	27.5* ± 7.4	27.2* ± 8.7	34.4* ± 7.0	40.2* ± 19.2	44.5* ± 3.7	85.6 ± 52.8
b. 第2群 (下部小腸切除) E ₁ →E ₂	53.5 ± 28.6	57.3 ± 31.2	88.3 ± 11.0	31.5** ± 15.2	48.4 ± 17.6	40.6 ± 6.8	51.5 ± 29.3

*P<0.05

**P<0.1

図9. 興奮伝播速度の術後増加（第1群）

hr, 3 カ月では $1.9 \sim 6.6$ (平均 4.4 ± 1.6) 個/hr, 6 カ月では $2.6 \sim 7.0$ (平均 4.5 ± 1.3) 個/hr で6週でやや低下を示したほかは大きな変動はみられず, むしろ増加傾向を示した. このうち2頭における1年, 2~3年の値はそれぞれ平均で 4.3 ± 2.0 個/hr, 4.4 ± 3.8 個/hr で, いずれも大きな変化はみられなかった (図10).

b. 第2群

E_1, E_2 : 術後3週で $1.4 \sim 6.2$ (平均 3.2 ± 1.9) 個/hr, 6週では $1.6 \sim 8.0$ (平均 4.7 ± 2.8) 個/hr, 3カ月では $1.5 \sim 14.2$ (平均 5.8 ± 4.9) 個/hr, 6カ月では $0.8 \sim 6.6$ (平均 3.7 ± 2.1) 個/hr で3カ月をpeakに増加傾向がみられた. 1年では平均 3.0 ± 1.2 個/hr, 2~3年では 3.9 ± 1.9 個/hr であった (図10).

E_3 : 術後3週では $2.0 \sim 3.7$ (平均 2.9 ± 0.9) 個/hr, 6週では $0.6 \sim 4.9$ (平均 2.7 ± 2.2) 個/hr,

3カ月では $0.8 \sim 4.6$ (平均 2.6 ± 1.9) 個/hr, 6カ月では $1.8 \sim 4.7$ (平均 3.6 ± 1.6) 個/hr であり大きな変動はみられなかった.

8. MMC 発生間隔

a. 第1群

E_1 : 術後3週では $4.5 \sim 25.1$ (平均 9.3 ± 9.4) min, 6週では $2.8 \sim 12.4$ (平均 6.1 ± 3.8) min, 3カ月では $4.6 \sim 11.1$ (平均 7.4 ± 2.5) min, 6カ月では $3.8 \sim 49.2$ (平均 18.8 ± 18.2) min で術後短縮傾向を示したが6カ月では術前値より延長した.

E_2, E_3 : 術後3週では $2.1 \sim 23.8$ (平均 7.9 ± 6.2) min, 6週では $4.5 \sim 14.2$ (平均 7.8 ± 3.1) min, 3カ月では $3.1 \sim 23.9$ (平均 10.1 ± 7.4) min, 6カ月では $5.2 \sim 13.7$ (平均 9.0 ± 2.9) min であり, いずれも術前と比べて短縮していた. このうち2頭における1年, 2~3年の値はそれぞれ平均

図10. MMC 発生数 (個/hr) と間隔 (min)

6.4±1.8 min, 7.7±5.9 min でいずれも2頭の術前平均より短縮していた (図10)。

b. 第2群

E_1, E_2 : 術後3週では2.8~34.2 (平均10.1±8.9)min, 6週では3.6~12.1 (平均6.8±2.3)min, 3カ月では3.6±15.7 (平均7.3±3.0)min, 6カ月では6.8~48.0 (平均15.4±13.8)minであり, 1年では平均19.5±9.6 min, 2~3年では平均9.3±0.8 min で早期には短縮したがその後延長, 2~3年では術前値に近く回復した (図10)。

E_3 : 術後3週では5.3~38.4 (平均15.7±15.5)min, 6週では2.8~10.6 (平均7.8±3.6)min, 3カ月では6.4~12.4 (平均8.8±2.6)min, 6カ月では9.1~11.9 (平均9.5±1.7)minであり, 3週でやや延長したが他では変動をみなかった。

9. MMC 伝播様式 (図11)

a. 第1群

$E_2 \leftrightarrow E_3$: 順蠕動性伝播を示すものの割合は術後3週で平均75.0%, 6週で平均75.0%, 3カ月で平均76.9%, 6カ月では平均95.8%, 1年では平均55.8%, 2~3年では平均100%であり, 同時発生ものの割合は術後3週で平均0%, 6週で平均20.8%, 3カ月で平均8.3%, 6カ月で平均0%, 1年では平均7.7%, 2~3年では平均0%, 逆蠕動性伝播を示すものの割合は術後3週で平均25.0%, 6週で平均4.2%, 3カ月で平均14.8%, 6カ月では平均4.2%, さらに1年では平均36.5%, 2~3年では平均0%であったが

variationが大きく一定の傾向は求められなかった。

b. 第2群

$E_1 \leftrightarrow E_2$: 順蠕動性伝播を示すものの割合は術後3週では平均85.4%, 6週で平均90.0%, 3カ月で平均91.5%と経時的に増加したが, 6カ月では平均73.9%と術前値に近かった。術後1年では平均80.0%, 2~3年では平均64.5%であった。同時発生ものの割合は術後3週で平均4.2%, 6週で平均5.0%, 3カ月で平均5.1%, 6カ月では平均23.3%, 1年では平均6.7%, 2~3年では平均16.3%であり, 逆蠕動性伝播を示すものの割合は, 術後3週で平均10.4%, 6週で平均5.0%, 3カ月で平均3.4%, 6カ月では平均2.8%であり, 術後3週で増加したほかは術前値と比し大きな変動はみられなかったが, 1年では平均13.3%, 2~3年では平均19.2%でいずれも術前に比べて増加していた (図11)。

10. MMC 伝播速度

順蠕動性伝播について検討した。

a. 第1群

$E_2 \rightarrow E_3$: 術後3週では平均4.3±3.1 cm/min, 6週では平均6.0±4.6 cm/min, 3カ月では平均4.2±2.7 cm/minと遅延したが6カ月では平均10.4±4.1 cm/minで術前値に回復するように思われた。しかし術後1年, 2~3年ではそれぞれ平均2.1±1.7 cm/min, 11.9±10.3 cm/minで一定傾向はみられなかった。

図 11. MMC 伝播様式の経時的推移

b. 第 2 群

$E_1 \rightarrow E_2$: 術後 3 週で平均 14.6 ± 16.3 cm/min, 6 週で平均 7.9 ± 3.9 cm/min, 3 カ月では平均 5.4 ± 1.8 cm/min, 6 カ月では平均 4.3 ± 3.0 cm/min で術後早期に速くなったが, その後はむしろ遅延傾向がみられた. しかし術後 1 年では平均 7.5 ± 2.4 cm/min, 2~3 年では平均 15.0 ± 3.1 cm/min で再度速くなる傾向がみられた.

11. active phase の全体に占める比率 (図 12)

a. 第 1 群

E_1 : 術後 3 週では $15.8 \sim 48.2$ (平均 29.9 ± 14.5)%, 6 週では $19.8 \sim 58.8$ (平均 39.1 ± 17.5)%, 3 カ月では 19.9 ± 41.9 (平均 30.1 ± 8.4)%, 6 カ月では $15.9 \sim 28.6$ (平均 24.0 ± 5.2)% で大きな変動はみられなかった.

E_2, E_3 : 術後 3 週では $42.3 \sim 78.6$ (平均 63.3 ± 14.1)%, 6 週では $27.6 \sim 75.1$ (平均 45.2 ± 18.1)%, 3 カ月では $22.7 \sim 56.7$ (平均 43.7 ± 12.0)%, 6 カ月では $29.0 \sim 41.4$ (平均 $36.8 \pm$

4.8)% で術後増加したが, 経時的に徐々に回復傾向を示し 6 カ月ではほぼ術前値に復した. このうち 2 頭における 1 年, 2~3 年の値はそれぞれ平均 38.3 ± 12.6 %, 52.8 ± 15.1 % であり, 6 カ月を境に再びやや増加傾向を示した.

b. 第 2 群

E_1, E_2 : 術後 3 週では $9.1 \sim 59.8$ (平均 28.0 ± 22.1)%, 6 週で $13.6 \sim 77.6$ (平均 38.4 ± 27.0)%, 3 カ月で $8.9 \sim 56.0$ (平均 37.1 ± 20.6)%, 6 カ月では $22.0 \sim 47.0$ (平均 35.1 ± 10.8)% と術後増加をみた. 術後 1 年では平均 21.6 ± 9.6 % と減少, 2~3 年では平均 32.7 ± 3.3 % と再増加がみられたが, 術前値との比較では有意差はみられなかった.

E_3 : 術後 3 週では $18.8 \sim 71.7$ (平均 40.0 ± 28.0)%, 6 週では $30.2 \sim 100.0$ (平均 69.2 ± 35.6)%, 3 カ月で $38.7 \sim 100.0$ (平均 61.0 ± 33.9)% と増加を示したが, 6 カ月では $22.1 \sim 38.3$ (平均 29.1 ± 8.3)% と回復した.

12. BER 発生頻度 (図 5)

BER 間隔を分時発生頻度 (cpm) として求めた.

a. 第 1 群

図 12. active phase の比率の経時的推移

E_1 : 術後3週では17.28~19.87(平均19.05±1.18)cpm, 6週では17.44~19.89(平均18.92±0.90)cpm, 3カ月では13.46~19.30(平均17.44±2.32)cpm, 6カ月では14.55~20.12(平均17.76±2.06)cpmで、術後経時的に減少傾向がみられ、術前と比べて3カ月では10.6%, 6カ月では9.0%の減少率を示した。

E_2 , E_3 : 術後3週では9.66~10.51(平均10.07±0.34)cpm, 6週では9.20~10.78(平均9.85±0.46)cpm, 3カ月では9.89~10.73(平均10.31±0.28)cpmであり、術後3週で術前に比べて18.8%の減少を示したがその後大きな変動はみられなかった。このうち2頭について術後1年, 2~3年では、それぞれ平均10.66±0.30cpm, 11.97±1.68cpmでやや回復傾向を示したが、なお術前に比して9.0%の減少率を維持していた。

IV. 考

小腸広範切除後の病態については、臨床的にはPullan(1959), Winawerら(1966)によりIII期に分けられ、術後早期には頻回の下痢、水・電解質の喪失をきたす(第I期)が、徐々に下痢が寛解し栄養障害が問題となってくる(第II期)。しかし種々の代償作用、生体の適応によりやがて個々の残存腸管の吸収能力に応じた一定のレベルに安定する(第III期)とされている。

著者も小腸広範切除後の患者で、術後3~4週すると下痢が寛解して経口摂取が可能となり、身体的にも活動的となってきて社会復帰可能となる症例をいくつか経験した。ここには、栄養素の吸収レベルに対する生体の適応と同時に残存腸管の、あるいは他臓器の代償機能が働くと考えられる。

小腸広範切除後には残存腸管の長さの短縮による絶対的な吸収面積の減少により、種々の栄養素の吸収障害、他臓器への影響が現われる。

代償機能としては形態学的に残存腸管の延長、粘膜の肥厚、絨毛の増高が、さらに機能的にはgastric emptying timeの延長、残存腸管通過時間の延長が報告されている。

Martinら(1953)は、残存腸管は拡張し、壁

b. 第2群

E_1 , E_2 : 術後3週で16.78~20.23(平均18.86±1.06)cpm, 6週では17.89~20.53(平均18.97±0.80)cpm, 3カ月で17.16~18.62(平均17.92±0.42)cpm, 6カ月では17.13~19.40(平均18.00±0.81)cpmと減少し術後1年, 2~3年ではそれぞれ平均17.94±0.59cpm, 18.80±0.57cpmでやや回復傾向を示した。

E_3 : 術後3週で9.77~10.28(平均9.96±0.28)cpm, 6週で9.77~10.56(平均10.09±0.41)cpm, 3カ月で9.40~10.38(平均9.91±0.49), 6カ月では9.59~13.69(平均12.13±2.22)cpmで3カ月まで術前と比べて有意に減少した。

いずれもspike放電頻度とほぼ同様の傾向を示すと考えられた。

察

は浮腫と筋肉の肥大により厚くなり、粘膜にも肥大がみられたと述べ、Scheffan(1976)は24cmの残存空腸と左側結腸を吻合した患者で、barium mealを用いた検査および検死の結果から腸管の拡張と延長、粘膜の過形成、肥大を報告している。また西城(1977)も実験的に絨毛先端の伸長、肥大、上皮細胞数の増加、杯細胞の増加を指摘し、これらの形態学的代償傾向の出現時期は運動面における機能的代償より遅れると主張した。橋本(1978)も同様の結果と大腸腺管層の肥厚を適応のあらわれとしている。

Pullan(1959)は、腸管の拡張は必ずしも吸収面積の増加を意味せず利益とは言えないが、粘膜細胞数の増加は代償能と言えるとし、Winawerら(1980)もレ線学的な残存腸管の術後の拡張は吸収能の増大というよりむしろmechanicalな拡張であると述べている。Weserら(1977)はこれらの形態学的変化が胆汁や膵分泌による粘膜刺激の結果を生じると述べている。

腸管の運動機能の観察方法としては従来より腹窓法, Magnus法, Trendelenburg法, 内圧曲線描写法, X線学的方法, isotopeを用いた

方法などが行われ、近年では筋電図を用いた電気生理学的な方法や、force transducerを用いた腸管ひずみ曲線描写法などが行われるようになってきている。

小腸広範切除後の残存腸管の運動機能については、生体において、しかも長期にわたる観察が必要なため、臨床的にBaあるいはBa mealを用いたX線学的方法や、実験的に色素や物体を注入して消化管のtransit timeを論じたものが多い。

Althausenら(1950)はgastric emptying timeならびにtransit timeの延長を報告し、Pillingら(1957)も消化管通過時間の遅延を指摘している。Reynell(1956)はphenol redを注入した実験でtransit timeは下部小腸が切除された方が速いと述べ、gastric emptying timeは腸切除後normalであったとしている。一方、山本(1963)は犬を用いて挿入した異物の移送状態から、小腸広範切除後小腸1/2切除の場合上部小腸切除では6カ月、下部小腸切除では8週間で遺残腸管内内容移動速度が遅延するが、3/4切除になると上部切除では正常よりも内容移動速度が速くなり、下部切除では正常と有意差を認めなかったとし、下部切除の方が上部切除よりも有利であると述べている。また、Leonard(1967)は2例の広範切除症例(下部小腸切除)に両側迷切、幽門形成、胃瘻造設を施し、術後cinefluorographyで残存小腸の拡張と蠕動の遅延を認め、推進する動きよりむしろ攪拌運動が認められたと報告した。橋本(1978)は、AChE染色によるAChE活性の変化から小腸も大腸もintestinal hurryの時期には活性低下を、代償期には活性の増強を示したと述べ、回盲部が切除されるとintestinal hurryの時期が延長し代償期も遅くなるとした。

消化管の収縮運動機能を電気生理学的に捉えようとする試みはAlvarez and Mahoney(1921)が腸管固有運動にほぼ一致した電位変動を認めたのに始まるが、その後Bozlerによりspike potentialとslow potentialの存在が示され、spike群の振幅、持続時間が収縮の強さと、またslow potentialはtonusと関係するこ

とが報告されその後の研究に大きな影響を与えた。

slow waveは縦走筋の活動電位として発生し、pace setter potentialあるいはbasic electric rhythm(BER)と呼ばれ、腸管収縮を規制するものとされるが収縮とは直接結びつかない。

一方、spike waveは腸管収縮と直接関係するものとされ、balloon法あるいはforce transducerを用いた腸管の機械曲線との同時記録によればspike burstが腸管の収縮曲線にやや先行して出現することから、腸管の1回の収縮に1群のspike burstが対応することが確認されている。またspike burstの振幅、持続時間あるいはspike burst内のspike数と収縮の強さが相関するという報告が多い。

また、Szurszewski(1969)は犬の空腹期の筋電図を導出し、尾側に伝播する強い活動電位の帯が周期的にくり返し起ることを報告し(migrating electric complex)、これはCarlsonら(1972)により確認されinterdigestive myoelectric complexと表現された。Codeら(1974)はこの空腹期の活動電位の周期的なくり返しを4相に分け、Phase I~Phase IVが順次に出て下方に伝播すると述べ、Phase IIIにあたるactiveなelectric complexが最も特徴的であるとした。

このような筋電図学の発達の中で、小腸広範切除後の残存腸管の運動を筋電図法を用いて検討した報告は少ない。

小野ら(1967)は犬の小腸1/3、2/3切除後の大腸の筋電図から右側結腸での著明な活動電位の抑制効果を認め、大腸の機能的代償作用の1つと考えた。この傾向は切除範囲が広範になるほど著明であったと述べている。下山ら(1967)も小腸広範切除後の犬の上行結腸の筋電図を導出し、上行結腸の運動機能低下を認め、このため回腸末端での内容貯留時間が遅延するとした。このような術後の残存結腸の筋電図学的研究で橋本(1978)は、左側結腸で右側より早く運動抑制傾向を示したと述べている。これらは残存結腸の運動についての検討であるが、一方

残存小腸の運動機能について蔵本(1971)は、犬の代償期における筋電図ではslow waveのfrequencyが低下傾向を示すと述べ、この運動機能抑制と解される変化が残存腸管の代償能に当たると示唆し、西城(1977)は、仔犬を用いて小腸下部1/2, 2/3切除および回盲部を含む1/2切除を行って術後経時的に残存小腸の筋電図学的検討を行い、spike burstを指標として、1/2切除群では術後4週以後、2/3切除群では5週以後運動機能低下を示す傾向を認め、それは主として回腸末端で顕著であるとし、回盲部が切除されると残存腸管の運動機能低下の発現時期は遅くなり12週以降になると述べている。

一方玉真(1971)は、小腸に外科的吻合操作が加えられると、術後早期には筋電図学的にspike burstの不規則性、spike数の減少、振幅の低下がみられ、術後3週間で回復傾向が明らかとなると述べ、大西(1973)は、吻合術後1週以内では吻合上部にbackground excitabilityを増大させる状態が存在し吻合上部にspike burstの出現率が高いことを述べている。辻村(1965)は、吻合術後1~2週間で浮腫、緊張異常、腸拡張などが徐々に解消してくるが、1週間では吻合上下の筋電図patternは正常腸と異なり活性は低下していると述べており、柴田ら(1974)は、筋電図上吻合操作の影響がとれるのは術後約10日としている。

著者は成犬を用いて小腸を上部からと下部からそれぞれ80%切除し、残存小腸の運動機能の変化を筋電図法を用いて主としてspike potentialを指標に経時的に観察したが、外科的吻合操作そのものによる影響を避けるために、術後3週から活動電位の導出を開始した。これは便性の変化という観点からみるとintestinal hurryの時期から代償期への移行時期にあたるといえる。

術後spike放電頻度について上部小腸切除の場合の残存回腸では、術後3週で24.9%の減少がみられた。これまでの研究では小腸を外科的に完全横切し吻合すると、吻合下部の放電頻度は術後減少し回復しないと考えられている。柴

田(1973)は、分時spike群発生頻度は吻合線下部では約4/分少なくなり、術後2年6ヵ月後でも23.4%少なかったと述べている。したがって上部小腸広範切除後の吻合下部残存回腸におけるspike放電頻度の減少は、小腸が大量に切除された代償としての変化というよりも腸管が完全横切されたための術後の変化と考えられる。事実その後の経時的観察では有意な変動はなくむしろ回復傾向がみられている。これに対して下部小腸広範切除後の吻合上部空腸においてはspike放電頻度は経時的に減少傾向を示した。小腸横切後の吻合線上部における放電頻度は、術後一定期間において外科的操作の影響がとれると正常と変わらないことからすると、この経時的減少傾向は広範に腸管が切除されたことによって生じた変化と考えられる。ただ、この残存空腸の放電頻度の経時的減少が代償機能の表われであるとしても、果して腸内容の移送遅延にどの程度の影響を与え得るかは疑問である。もしこの放電頻度の減少が内容移送の遅延につながるとすれば、代償機能と言えなくても回腸が残存していた方が運動機能的に有利であると考えられる。この傾向は上部小腸切除の空腸起始部、下部小腸切除の回腸末端部でもそれぞれ下部小腸切除後の残存空腸、上部小腸切除後の残存回腸と同様の傾向がみられ、西城(1977)の報告による末端回腸での放電間隔の経時的延長すなわち放電頻度の減少は認められなかった。成犬と仔犬という対象の相違によって生じた差異であろうか。

spike burstの振幅、持続時間は前述のように腸管収縮の強さと関連すると言われるが、残存空腸では術後有意の変動はみられず、残存回腸では術後振幅は増大傾向を示したが、持続時間は術後3ヵ月と6ヵ月で延長をみたほかは有意な変動をみなかった。柴田ら(1974)はspike群の大きさとstrain gaugeによる機械曲線との相関関係を定量的に測定することは困難であったと述べているように、振幅、持続時間が必ずしも腸管運動の強さの指標とはならないが、残存回腸では空腸に比して術後は比較的強い収縮が生ずることが示唆された。しかしこのことか

ら intestinal hurry の時期とその後の代償期を区分することは困難であった。

1 分間の平均 spike burst 発生数および active phase の全体に占める比率は、残存回腸ではともに術後 3 週で増加し以後回復が早い傾向を示したのに対し、残存空腸では 1 分間の平均 spike burst 発生数は術後 6 週まで有意に増加、active phase の比率は術後 6 カ月まで増加し以後回復傾向を示した。これらを腸管の興奮性の指標と考えると残存空腸の方が回腸に比して術後長期にわたって興奮性が高まっていると考えられた。また安定期と考えられる術後 2~3 年では空腸、回腸ともに術前に比して興奮性が増していた。これは安定期に入ってからにも時に下痢の憎悪がみられることと関連があるのかも知れない。

術後放電間隔は不規則となり残存空腸・回腸ともに逆蠕動性放電頻度が増加した。この傾向は残存回腸の方がより著明であったが、空腸では 1 年、回腸では 2~3 年で回復傾向がみられた。したがってこれは他の順応が完成し安定するまでの間の一時的な代償機能の表われとみられ、Leonard (1967) のいう腸内容の攪拌する運動が増すこととの関連が示唆された。

電氣的興奮の伝播速度に関しては、残存回腸では術後速くなる傾向を示し 2~3 年でも回復しなかったのに対し、残存空腸では術後増加するが 6 週を peak に減少しその後回復傾向がみられた。しかし術前において空腸における興奮伝播速度は回腸と比べて速く、術後の各時期における絶対的な伝播速度を比較すると術後 6 週までは残存空腸の方が速くその後はほぼ回腸と同等である。したがって術後早期には残存空腸の方が内容移送速度が大きく残存回腸に比べると不利であるが、代償面では旺盛で 6 週以後ではほぼ同等となることが示唆された。

次に Szurszewski, Code らのいう interdigestive migrating myoelectric complex (MMC) の考え方から spike burst の series を捉えてその発生頻度、発生間隔、伝播様式、伝播速度を検討してみた。発生頻度は残存回腸では有意な変動がなく、残存空腸では術後 6 週、3

カ月で増加した。series と series の間隔は、残存回腸では術後短縮しこの傾向は持続した。一方、残存空腸では 6 週、3 カ月までは短縮、その後 1 年までは延長を示し 2~3 年で回復した。すなわち残存回腸では術後 1 つの series が長くなる傾向を認め、残存空腸では術後 MMC の発生が多くなるが 3 カ月以後では MMC と MMC の間隔が長くなり、1 つ 1 つの series も短くなる傾向がみられた。これは残存空腸における運動抑制と考えられるがこれらの変化は術後 2~3 年では回復した。伝播様式については一定の傾向を認めることはできなかったが、伝播速度では下部小腸切除後の残存空腸において 3 週で増加を示し、術後早期の下痢との関連が示唆された。しかし上部小腸切除後の残存回腸では一定傾向がみられなかった。小沢ら(1985)は、MMC の伝播に関して端々吻合下部では術後吻

図 13. 便性と体重の経時的変動小腸広範切除後残存小腸の運動機能

合下部から新たに MMC が発生し (lower stump electric complex : LSEC) 下部に伝播すると述べているが、この点を考えあわせると著者の場合 2 点間における観察であるためこの LSEC をも混じえて検討している可能性があり、一定の傾向が得られなかったとも思われる。

術後の犬の便性、体重の回復についてみると、上部小腸切除に比して下部小腸切除の方が便性の回復も早く、体重についても回復が早く術前体重を上回るものもみられた (図 13)。

小腸広範切除後の生体の順応は複雑であり、単に運動機能のみで論じることはできず clear cut に術後の病態を明らかにするのは難しい。著者が指標とした筋電図所見の 1 つ 1 つの項目すべてについて一定の傾向を示すとは言えないが、下部小腸広範切除後の残存空腸では上部小腸広範切除後の残存回腸に比して spike 放電頻

度についても、逆蠕動性放電頻度、spike 放電伝播速度についても絶対値でみると不利と言えるが、経時的な放電頻度の減少、伝播速度にみる 6 週以後の減少傾向、MMC における 3 カ月以後の間隔延長、MMC の長さの短縮傾向など広範切除後の代償能力の点では優れており、順応性が回腸よりも良好であると考えられた。術後の便性、体重の変動における下部小腸広範切除犬の回復の早いことをみても、残存空腸の順応性の優れていることが示唆され、術後 6 週～3 カ月が広範切除後の 1 つの転換期と思われた。

さらにこれらの筋電図上の所見は長期になると多くは術前値に回復する傾向を示し、運動機能上の変化は、他の代償機能の発現、生体の適応の完成までの一時的な代償作用である可能性が示唆される。

V. 結

語

1. 雑種成犬を用いて小腸 80% を切除端々吻合して術後経時的に残存小腸の運動機能を観察した。

2. 運動機能の観察は、消化管筋電図法により小腸の電気的活動を指標にした。

3. 切除術後 spike 放電頻度は減少するが、下部小腸切除の場合残存空腸では経時的に減少するのに対し、上部小腸切除の場合残存回腸ではその後ほぼ一定であった。

4. 残存回腸における術後 spike 放電頻度の減少は腸横切効果によると考えられ、広範切除後の代償能と考えられる放電頻度の減少は残存空腸すなわち吻合部より上部の小腸のみにみられた。

5. spike 放電の振幅、持続時間は下部小腸切除後の残存空腸では術後有意の変動はみられず、上部小腸切除後の残存回腸では術後増大傾向がみられた。

6. 1 分間の spike burst 発生数平均、active phase の比率を腸管の興奮性の指標と考えると、術後早期には残存空腸、残存回腸ともにその興奮性は増大するが、回腸の方が回復が早い傾向がみられた。

7. 切除術後放電間隔は不規則となり、放電の逆蠕動性伝播頻度が増加した。

8. 電気的興奮の伝播速度は、上部小腸切除後の残存回腸では術後速くなる傾向を示し 2～3 年経ても回復しなかったのに対し、下部小腸切除後の残存空腸では 6 週を peak に減少し回復傾向がみられた。

9. 上部小腸切除後の残存回腸では、術後 MMC の 1 つの series が長くなる傾向を認め、下部小腸切除後の残存空腸では、術後 3 カ月までは MMC の発生が多くなるが、その後 MMC の発生間隔の延長、MMC の series の短縮傾向がみられたが 2～3 年では回復した。

10. 小腸広範切除後の腸内容の移動を遅延させ、吸収能を高めようとする働きに合致する腸運動上の変化は、回腸よりも空腸でより強く現われることが推察された。しかしいずれの変化も術後 2～3 年すると回復傾向を示すものが多く、生体の適応が完成するまでの一時的な代償作用と考えられる。

稿を終わるに臨み、御教示、御校閲を賜った継 行男教授に深甚なる感謝を捧げるとともに、御協力下さ

た教室の諸先生方に厚く感謝致します。

文 献

- Althausen, T.L. *et al.* (1950). 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**: 126-139.
- Alveretz, W.C. and Mahoney, L.J. (1921). Action currents in stomach and intestine. *Amer. J. Physiol.* **58**: 476-493.
- Bozler, E. (1938). Electric stimulation and conduction of excitation in smooth muscle. *Amer. J. Physiol.* **58**: 476-493.
- Bozler, E. (1939). Electrophysiological studies on the motility of the gastrointestinal tract. *Amer. J. Physiol.* **127**: 301-307.
- Bozler, E. (1946). The relation of the action potentials to mechanical activity in intestinal muscle. *Amer. J. Physiol.* **146**: 469-501.
- Carlson, G.M. *et al.* (1972). Mechanism of propagation of intestinal interdigestive myoelectric complex. *Amer. J. Physiol.* **222**: 1027-1030.
- Code, C.F. and Marlett, J.A. (1974). The interdigestive myoelectric complex of the stomach and small bowel of dogs. *J. Physiol.* **246**: 289-309.
- Daniel, E.E. and Irwin, J. (1970). The electrical activity of the stomach and upper intestine as determinant of mechanical activity. *Jap. J. Smooth Muscle Res.* **6**: 97-98.
- 橋本 剛 (1978). 小腸広範切除後の腸管運動動態ならびに組織学的研究. 三重医学 **21**: 485-516.
- Holaday, D.A. and Volk, H. (1958). Electrical activity of the small intestine with special reference to the origin of rhythmicity. *Amer. J. Physiol.* **195**: 505-515.
- 本田健三郎 (1959). 消化管の動作電流及び内圧の変化についての実験的研究. 日外科宝函 **29**: 527-547.
- 市川三太 (1971). 蠕動. 日生理誌 **33**: 116-125.
- 市川三太 (1972). 消化管を中心とした平滑筋の slow wave について. 日本平滑筋誌 **8**: 16-31.
- 亀井英文 (1959). 腸管の電気生理学的研究, 特にイレウスならびに腹膜炎時の電気刺激に対する反応について. 四国医会誌 **16**: 39-56.
- 蔵本守雄 (1971). 広範回腸切除後の機能障害と対策. I. 広範回腸切除の残存消化管における代償機能について. 日本平滑筋誌 **7**: 118-124.
- Leonard, A.S. *et al.* (1967). Massive small bowel resections Operative and dietary management. *Arch. Surg.* **95**: 429-435.
- Martin, J.R. *et al.* (1953). Massive resections of the small intestine. *Canad. Med. Assoc. J.* **69**: 429-433.
- 西島早見 (1955). 急性イレウス時に於ける腸管活動電流に就いて. 日外会誌 **55**: 1286-1299.
- 小野慶一 (1967). 広範囲小腸切除の大腸運動機能におよぼす影響. 日本平滑筋誌 **3**: 114-119.
- 大西 哲 (1974). 小腸端々吻合術後早期の興奮伝播系の変動に関する研究. 日本平滑筋誌 **10**: 65-75.
- 小澤哲郎 (1985). 横切吻合後の interdigestive migrating electric complex に関する実験的研究. 日本平滑筋誌 **21**: 45-55.
- Pilling, G.P. and Cresson, S.L. (1957). Massive resection of the small intestine in the neonatal period. Report of two successful cases and review of the literature. *Pediatrics* **19**: 940-948.
- Pullan, J.M. (1959). Massive intestinal resection. *Proc. Roy. Soc. Med.* **52**: 31-37.
- Reynell, P.C. and Spray, G.H. (1956). Small intestinal function in the rat after massive resections. *Gastroenterology* **31**: 361-368.
- 西城英郎 (1977). 小腸広範切除後の病態生理に関する実験的研究. 三重医学 **21**: 109-138.
- Scheffan, M. *et al.* (1976). Intestinal adaptation after extensive resection of the small intestine and prolonged administration of parenteral nutrition. *Surg. Gynec. Obstet.* **143**: 757-762.
- 柴田族光 (1973). 小腸運動機能に関する実験的研究 (第1報). 日本平滑筋誌 **9**: 109-122.

- 柴田族光 (1973). 小腸運動機構に関する実験的研究 (第2報). 日本平滑筋誌 9: 187-199.
- 柴田族光ら (1973). 外科的操作による小腸律動収縮頻数の変化. 東邦医会誌 20: 741-749.
- 柴田族光ら (1974). 小腸端々吻合後の運動機能に関する実験的研究. 日消外会誌 7: 551-559.
- 下山 孝ら (1967). 消化管切除後吸収不良症候群. 代謝 4: 693-706.
- Szurzewski, J.H. (1969). A migrating electric complex of the canine small intestine. *Amer. J. Physiol.* 217: 1757-1763.
- 玉真捷二 (1971). 小腸吻合術後の機能に関する実験的研究. 日本平滑筋誌 7: 184-199.
- 辻村武文 (1965). 小腸端々吻合術後における興奮伝播に関する研究. 日本平滑筋誌 1: 30-41.
- Weser, E. *et al.* (1977). Stimulation of mucosal growth in the rat ileum by bile and pancreatic secretions after jejunal resection. *Gastroenterology* 73: 524-529.
- Winawer, S.J. *et al.* (1966). Successful management of massive small-bowel resection based on assessment of absorption defects and nutritional needs. *N. Eng. J. Med.* 274: 72-78.
- Winawer, S.J. and Zamcheck, N. (1980). Pathophysiology of small intestinal resection in man. *Prog. Gastroent.* 1: 339-356.
- 山本達郎 (1963). 広汎小腸切除に関する実験的研究 腸内容移動並びに腸重量の変動. 日外会誌 64: 645-666.

(1986年10月6日受付)