胃壁切截の胃活動電位に及ぼす影響に関する研究

大阪大学医学部 第一外科学教室

(指導 曲直部寿夫教授)

狩 野 光 将

INFLUENCE OF GASTRIC SECTION ON GASTRIC ACTION POTENTIAL

Mitsumasa KANO

The 1st Surgical Department, Osaka University Medical School

(Director : Prof. H. Manabe)

The author intended to clarify whether the portion that maintained the regularity of gastric action potentials existed or not.

After various sections of the canine stomach the epoxyenamel-coated platinum electrode was implanted to record gastric action potential chronically.

The portion that regulated the rhythm of gastric action potentials was suggested to exist in the corpus ventriculi near the prepyloric part on the greater curvature side.

緒 言

消化管の電気生理学的研究はカエルまたはハトの胃腸の摘出標本による Stübel¹⁾ の研究に始まる。Alvarez²⁾ (1922) がイヌの胃の各部の活動電位について発表して以来、胃活動電位の研究は Tschermak³⁾, Richter⁴⁾, Berkson⁵⁾, Bozler^{6,7)}, Milton⁸⁾, Bass⁹⁾, 丹生^{10,11)}, 市河¹²⁾, 尾形¹³⁾, 吉永¹⁴⁾, 田北^{15,16)}, 西島¹⁷⁾, 白鳥^{18,19)} などにより報告されているが、Bozler 以前の研究は不備な点が多く信頼性に欠ける所がある。しかし Bozler 以後の報告にしても、いずれも摘出標本または開腹時の急性実験であり、必ずしも正常機能を取り扱ったものとは受け取り難い。これに対して南²⁰⁾ は植込電極法を考案し、初めて胃活動電位の長期間の経日的測定を可能とした。すなわち、閉腹状態の、より生理的な胃運動機能の研究を可能ならしめた。

南²⁰⁾ は植込電極を用いて種々の観察を行なったが、とりわけ胃幽門洞部近くの胃体部において横軸方向切離一縫合を行なったところ、幽門側の胃の放電間隔は最初強く延長し、規則性も著しく乱れたが、徐々に機能を回復し、術後第6ないし14日目になると吻合部噴門側、幽門側の放電の同調が認められることを報告した。田北、白鳥などもほぼ同様の実験を行ない、術後3週間以上経過しても吻合部噴門側、幽門側の機能的連絡が生じ難いと報告した。両者の相異はその後の共同実験²¹⁾ の結果実験方法の細部の点において異なるところに由来することが、明らかになった。

第1の相違点は縫合法の差異である。田北、白鳥などは、全層縫合に加うるに漿膜、筋、層縫合を行なう2層縫合であるが、南は粘膜層の縫合に加うるに固有筋層、漿膜縫合を行なう、2層縫合であり、このように縫合すれば、縫合部噴門側、幽門側の放電の同調が生ずることが共同実験で確認された。第2の相異点は、切離部位の位置の差異であり、白鳥などは幽門から、かなりへだたった場所で切離を行なっているのに反し、南は幽門にかなり近接した部位に切離線を選んでいることが判明した。

しかし、このような切離線の位置の相違が、どの程度胃の活動電位のリズムに影響をおよぼすかに関しては結論を得るに至らなかった。胃の切截部位の相違によって胃の活動電位の乱れが生じたり、またその正常状態への回復に要する期間に差を生ずることは外科臨床において看過し難い事実である。

そこで著者は胃の如何なる場所に、如何なる程度の切截を加えれば胃の活動電位のリズムが変化するかをイヌを用いて系統的に検索し、その成績から胃の活動電位の規則性を維持して行く上に主要な役割を演じている場所が存在するのか、もし存在するとすれば、それは果して那邊にあるかを知らんとした。すなわち、まず大弯側あるいは小弯側の胃壁の一部が健常のまま残存するように部分的な切截を種々の方向に加えて活動電位を記録測定した。

次いで南の行なった切離線より遙か噴門寄りの場所で

完全横軸方向切離を行なった。さらに小弯側あるいは大弯側の一部に弓状切離を行ない、次第にその範囲を縮小して残胃の活動電位のリズムの変化を観察した。その結

果、胃体部と幽門洞部の境界附近において比較的限局した領域に、活動電位の規則性の維持をつかさどる機構が存在することを確かめたので報告する。

実 験 方 法

I. 実験動物

体重 10kg 前後の健康な雑種成犬 75 頭を使用した。

II. 手術法

実験犬は絶食させ、ラボナール (0.05g/kg) 静脈麻酔を行ない、手術台上に仰臥位で四肢を固定した。剃毛の後に手術野を無菌的に保ち、上腹部正中切開にて開腹し、胃に達した。胃を栄養する血管をなるべく損傷しないように注意を払い、原則として粘膜層、筋層を含めて全層に次のような各種の切截縫合を行ない、しかる後に電極を植込んだ。なお縫合法は 2 層縫合とした。すなわち、粘膜は連続縫合とし、筋層漿膜はランペール結節縫合を行ない、筋層切離端を正確に合せるように特に注意した。

1. 部分的切截一縫合

a 縦軸方向部分切截一縫合

(i) 胃体部噴門側大弯より幽門の方向に向って幽

門側の一部を残して縦方向に近い前後壁全層切截を加え、直ちに旧通りに縫合を行なった(図1,A)。

(ii) 幽門附近大弯より体部噴門側に向って噴門側の一部を残すように縦方向に近い前後壁全層切截を加え、直ちに縫合を行なった(図1,B)。

b. 横軸方向部分切截一縫合

(i) 胃体部において胃横軸方向に、大弯より小弯側に向って前後壁全層切截をすゝめ、この切截を途中で止めて、小弯側に健常部分を種々の長さに残し、直ちに旧通りに縫合を行なった(図1,C)。

(ii) 胃体部において前項とは逆方向に、小弯より大弯側に向って胃横軸方向に前後壁全層切截をすゝめ、この切截を途中で止めて、大弯側に健常部分を種々の長さに残し、直ちに縫合を行なった(図1,D)。

以上の 4 種の部分切截法を行なった場合、導出用電極

図 1. 手 術 法

を切截部両側に図の如く植込んだ。

2. 完全切離—縫合

a. 胃体部高位横軸方向前後壁全層切離—縫合

教室の南が行なった胃体部幽門洞部横軸方向全層切離—縫合（胃体部横切）に対して著者はさらに高い位置、すなわちより噴門寄りで胃切離を行なった。そして直ちに縫合部より噴門側および幽門側に電極を植込んだ（図1, E）。

b. 大弯側前後壁大弓状切離—縫合

胃体部大弯側の一部を切離後直ちに縫合した。すなわち胃体部大弯側より幽門洞部に向い、大弯を弦とする弓状の前後壁全層切離を行ない、その切離線の小弯に最も接近した部位は横軸の2分の1におよんだ。そして胃の大弯側を一旦遊離した後、直ちに旧通りに縫合し、縫合部小弯側および大弯側に電極を植込んだ（図1, F）。

c. 小弯側前後壁弓状切離—縫合

胃体部小弯側に弓状の全層切離を行ない、旧通りに縫合を行なった。縫合部小弯側および大弯側に電極を植込んだ（図1, G）。

d. 胃大弯側遊離胃嚢作成

胃体部および幽門洞部大弯側に前後壁弓状全層切離を行ない、胃体部大弯側の一部を完全に遊離せしめるように断端を別々に縫合し、胃嚢（Orator の胃嚢にあたる）を作成した。この胃嚢中の分泌物を排出するために胃空腸吻合術を行ない、かつ十二指腸内容がこの胃嚢中に停滞しないように Braun 空腸吻合術を追加した。胃嚢および残胃におのおの電極を植込んだ（図1, H）。

e. 大弯側前後壁小弓状切離—縫合

胃体部および幽門洞部において、大弯に2~3cmの弦を持ち最も小弯に接した部位が胃横軸の2分の1となるように小弓状の前後壁全層切離—縫合を大弯上の種々の位置を変えて行なった。放電間隔変化の指標として活動電位の比較的認め易い幽門洞部に電極を植込んだ（表2, 挿入図参照）。

f. 前壁大弯側大弓状切除断端縫合

胃体部より幽門洞部に亘る間において、活動電位のリズムを規制すると思われる部位を取り残さないように、大弯に約8cmの弦を持ち最も小弯側に接近した部分が

(I) 環状白金電極（南）

200μ 白金線 180μ ポリビニール絶縁銅線

(II) 全白金環状電極（著者）

200μ 白金線 200μ エポキシエナメル絶縁
99.99% 白金線

(III) 全白金環針状電極（著者）

200μ エポキシエナメル絶縁
99.99% 白金線

図2. 電 極

横軸の2分の1になるように、前壁に弓状線を引き、これと大弯で囲まれる範囲に全層切除術を行ない、残存前壁断端と後壁断端との縫合を行なった。放電間隔変化の指標として、前後壁幽門洞部に電極を植込んだ(表3, 挿入図参照)。

g. 後壁大弯側大弓状切除断端縫合

胃体部より幽門洞部に亘る間において、活動電位のリズムを規制すると思われる部位を取り残さないように後壁大弯に約8cmの弦を持ち、最も小弯側に接近した部分が横軸の2分の1になるように弓状線を引き、これと後壁大弯で囲まれる範囲に後壁のみの全層切除術を行ない、前壁断端と後壁の残存断端との縫合を行なった。放電間隔変化の指標として前後壁幽門洞部に電極を植込んだ(表4, 挿入図参照)。

III. 活動電位導出法

1. 電極

a. 径200 μ の純度99.99%の白金線に耐酸耐熱性のエポキシエナメル被覆を施し、先端を外径約1.5mmの環状とし、この部分の被覆をフジリバー液で剥がし、白金線を露出せしめ電極とし、これに連なる被覆線を螺旋状となし導線とした。

b. a.の電極の先端を長さ1mmの針状となし、これに環状部分と螺旋状部分を連ね、先端の針状部分のみをフジリバー液で被覆を剥がし、白金線を露出せしめた

電極を作った(図2)。

2. 電極固定法

イヌ胃漿膜下に尖刀の先端で小切開を加え、白金環状部を創内に完全に埋没し、これを細い絹糸で縫着固定した。

導線を腹膜外に導き、皮下を通して腰背部皮下に留めた。

3. 導出方法

計測の度に腰背部創より導線を取り出し、後肢趾端皮下に針状層電極を不閉電極として使用した単極導出法と、各植込電極相互による双極導出法を行ない、同時記録を行なった。

4. 記録方法

三栄測器製13誘導インク書き脳波計にこの導線を接続して記録した。時定数は0.1Sec.記録速度は0.2cm/Sec.および1.5cm/Sec.を使用した。また記録時にはラボナール0.025g/kg静脈麻酔を行ない、腹臥位にて測定した。

IV. 剖検後切截部位測定

完全切離縫合の実験群においては切截部位をより正確に記録するために、活動電位記録測定後剖検を行ない、胃の摘出を行なって胃内容を完全に除き胃を空虚にし、その切截部位の長さの計測を行なった。

実験成績

I. 電極の比較

従来の環状白金電極と著者の電極との比較を犬3頭を用い行なった。

同一犬に南の作製した従来の環状白金電極(白金環にポリビニールエナメル絶縁銅線を鑲附けたもの)と著者の考案せる全白金環状電極および全白金針状電極を植込み、経日的に胃活動電位を記録してその減衰の程度を比較した。

3種の電極共、術翌日は同様の電位を示す。3週間後になると南の電極で導出できる電位はnoise levelに没し、著者の全白金針状電極の場合も南の電極と同様で、活動電位の判定が困難となったが、全白金環状電極はなお300 μ Vの電位を保った。よって著者は、全白金環状電極を以下の実験に使用した。

II. 胃壁切截縫合

1. 部分的切截—縫合

a. 縦軸方向部分切截—縫合

(i) 体部大弯噴門側より幽門に向かって(図1-A)イヌ10頭を用いた。各々の電極から得た活動電位の放電間隔の変動をinterval diagramで表わした。すなわち

任意の放電間隔より一連番号を附し、各放電間隔番号を順に横軸にとり放電間隔を縦軸にとった。10例中9例では術後第1日目に小弯側および大弯側から導出せる活動電位のinterval diagramを描くと、この両者の放電間隔曲線は一致した。放電間隔は正常値を示した。図3の左に代表例イヌNo.9のinterval diagramを示した。

他の1例イヌNo.10では術後第1日目で小弯側と大弯側における活動電位の放電間隔は大部分10秒前後であるが時に18秒まで延長と乱れが見られた。しかし小弯側と大弯側を比較すればその放電間隔はほぼ一致していた。第3日目になると放電間隔は殆んど10秒前後になり乱れが少なくなって来た(図3)。

(ii) 大弯幽門附近より体部噴門側へ(図1-B)

イヌ5頭を用いた。放電間隔は全例術後第1日目に小弯側および大弯側において一致し、放電間隔は約10秒で乱れを認めなかった。

b. 横軸方向部分切截—縫合

(i) 大弯より小弯側へ(図1,C)

イヌ6頭を用いた。切截を途中で止めて小弯側に健常部分を種々の長さで残した。

図 3. 縦軸方向部分切截—縫合 (体部大彎噴門側より幽門に向って)

図 4. 胃横軸方向部分切截—縫合 (大彎より小彎側へ)

幽門洞部横軸全長の2分の1を残すと、術後第1日目に縫合部噴門側および幽門側の放電間隔は規則性があり一致したものは4例中3例であった。しかし、他の1例イヌ No. 1 では術当日において、縫合部噴門側および幽門側共に放電間隔がほぼ一致しているが、延長と乱れが著しかった (図 4, A)。

これが術後第1日目になると、切截縫合部より噴門側では 10~13 秒と放電間隔が規則正しく短縮するのに反

し、幽門側ではいまだ 20~30 秒と延長し不規則である (図 4, B)

第2日目には放電間隔の乱れを残しているが部分的に規則性が現れ、また放電間隔の短縮する所が見られた。第5日目になると乱れは軽度となり、規則性が恢復して来た (図 4, C)。

第7日目以後は噴門側、幽門側の放電間隔に一致を来たした。

図 5. 胃横軸方向部分切截—縫合 (小彎より大彎側へ横軸の 1cm を残す)

小彎側に 1cm 残して切截を加えた場合、縫合部噴門側および幽門側の放電間隔は術後第 1 日目に規則正しく一致した。

小彎側に 5mm 残して切截を加えた場合、術後第 1 日目噴門側の放電間隔は 14 秒前後で規則正しいのに対し、幽門側の放電間隔は 14 秒前後で噴門側と一致する時もあるが 24 秒前後に延長することもある。術後第 3 日目になると幽門側の放電間隔は 14 秒前後に短縮し噴門側の放電間隔と一致した。

(ii) 小彎より大彎側へ (図 1, D)

イヌ 11 頭を用いた。切截を途中で止めて、大彎側に健常部分を種々の長さに残した。すなわち大彎から小彎に至る幽門洞部横軸全長の 2 分の 1, 4 分の 1, 1cm, および 5mm が大彎側において健常のまま残るように、切截部と残存部の比率を種々に変えて前後壁全層に切截—縫合を行ない、どの程度に迄切截を加えれば、放電間隔が縫合部噴門側および幽門側において変化をきたすかを検索した。

大彎側の 2 分の 1 を残して切截を加えた場合、縫合部噴門側、幽門側の放電間隔はすでに術後第 1 日目において規則正しく一致した。放電間隔は 10—15 秒で、乱れを認めなかった。幽門前庭部横軸の 4 分の 1 を残して小彎より横軸方向に切截を加えると、すべて第 1 日目より噴門側、幽門側の放電間隔は一致し、ほぼ規則的であった。

次に 1cm 残すように小彎より横軸方向に切截—縫合を行なうと、第 1 日目より縫合部噴門側、幽門側の放電間隔は一致したが、不規則な著しい延長が見られた (図

5, A)。

第 2 日目ではまず縫合部噴門側の放電間隔は短縮し、規則性が現れるが、縫合部幽門側では第 1 日目に比し、幾分か短縮の傾向が見られるがいまだ乱れが著しかった。(図 5, B) これが第 4 日目以後になると放電間隔は 13 秒前後に落ち着き、放電間隔は規則性を有し、噴門側、幽門側の放電間隔は一致した (図 5, C)。

すなわち、初め縫合部噴門側、幽門側ともに延長し、放電間隔は乱れたまゝば一致するが、日が経つと縫合部噴門側より先に放電間隔の規則性と短縮が現れ、次いで第 4 日目以後には噴門側の放電間隔が短縮し、かつ一致した放電を認めた。

大彎側で 5mm 残す如く小彎より横軸方向に切截を加えると、同様縫合部噴門側、幽門側の放電間隔は第 1 日目に一部一致しなかったが、第 2 日目以後には噴門側幽門側ともに一致し、10 秒前後に短縮した。

c. 活動電位伝導の方向

部分的切截—縫合の A より B に至る 4 方法では各々切截—縫合線の両側、およびこの切截—縫合線を非切截部に延長して出来る線を仮定し、この仮定線の両側に電極を植込んだ (図 6, A~D)。かくして縫合線両側の活動電位の放電間隔が一致する時期に各電極相互間の双極誘導法により活動電位伝導の方向を検討した。尚活動電位は正蠕動方向のもののみを採り上げた。

C の場合、① と ② の間の伝導方向は不明であるが、一見 ①→③、②→④、③→④ の伝導が行われる様に考えられる。しかし南の横軸方向前後壁全層切離術直後の結果から術後第 1 日目に ②→④ の如く切截—縫合部を乗

A	犬 No. 9	③ → ④	C	犬 No. 1	③ → ④
	10	?		2	③ → ④
	12	③ → ④		15	③ → ④
	61	④ → ③		16	③ → ④
	67	?		143	③ → ④
	68	(③ → ④)		144	③ → ④
	73	④ → ③	D	犬 No. 3	④ → ③
	74	(③ → ④)		4	④ → ③
	75	(④ → ③)		5	④ → ③
	77	(③ → ④)		11	④ → ③
B	犬 No. 6	③ → ④		22	? ③
	7	③ → ④		23	④ → ③
	8	③ → ④		24	④ → ③
	13	③ → ④		26	④ → ③
	14	③ → ④		27	④ → ③
				33	④ → ③
				34	④ → ③

図 6. 活動電位伝導方向

り越えて直接活動電位の伝導が行われることは有り得ないので、①→③→④の方向に伝導が行なわれると考えられる。Dでも同様の所見を得た。

Bの場合は、①→②、および③→④の方向に伝導が見られる。

しかし、Aの場合は、①→②の方向の伝導が全例に見られたが、③と④の間では同一症例でも③→④の場合と④→③の場合があり伝導方向は定まらなかった。

2 完全切離—縫合

a. 胃体部高位横軸方向前後壁全層切離縫合(図1,E) イヌ2頭を用い幽門より大弯全長の5分の3以上の場所で行なった。

縫合部より噴門側では活動電位の明瞭な導出は不可能

であった。幽門側では術後第1日目において放電間隔は12~13秒であり、延長も乱れも示さなかった。

b. 大弯側前後壁大弓状切離—縫合(図1,F) イヌ8頭を用いた。

代表例としてイヌNo. 88の成績を示す。縫合部の大弯側と小弯側の活動電位を測定すると第1日目では大弯側の放電間隔は14~28秒とほぼ規則性が保たれているのに対し、小弯側は30~140秒と著しい延長を示し(図7,上,8,A)。第3日目になると21~70秒と短縮の傾向を示し(図8,B)、第12日目には小弯側、大弯側の放電間隔は全く一致し(図7,下,8,C)、第13日目においても同様であった。

他の5頭もほぼ同様の成績であり、縫合部大弯側、小弯側の放電間隔は術後第8~14日目で一致した(表1)。

図 7. 胃大弯側前後壁大弓状切離—縫合 No. 88 イヌ

図 8. 胃大彎側前後壁大弓状切離—縫合 No. 88 犬

表 1. 胃大彎側前後壁大弓状切離—縫合

イヌ	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
No. 71		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±	—	+
No. 79		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±	+	—
No. 82		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±	+	—	—
No. 86		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
No. 88		—	—	—	—	—	±	—	—	—	±	—	+	—	—
No. 91		—	—	—	—	—	±	+	—	—	—	—	—	—	—

++完全に一致 ±一致の傾向あり ---一致せず

なお、2頭のイヌで同じ弓状切離—縫合を、大弯における位置を変えて行なった。すなわち、体部大弯の下大切痕よりも噴門に近く、大弯側前後壁弓状切離—縫合を行なったが、縫合部よりも大弯側から活動電位は明瞭に導出できなかった。しかし、縫合部より小弯側の幽門洞部の放電間隔は術後第1日目においてほぼ正常に保たれていた。それ故、体部大弯側に筋放電のリズムを規制する部位があるだろうと考えられる。

c. 小弯側前後壁弓状切離—縫合 (図1, G)

イヌ2頭を用いた。術後第1日目において、縫合部小弯側では放電間隔が26~94秒と著しい延長を示し、不規則性を示したが、大弯側の放電間隔は14~25秒と比較的正常に近い放電間隔を示し、また規則性もほぼよく保たれていた (図9)。

d. 胃大弯側遊離胃嚢作成 (図1, H)

イヌ2頭を用いた。この胃嚢の活動電位を測定すると、第1日目において放電間隔は18~26秒と規則性が比較的保たれているのに反し、残胃の放電間隔は14~89秒と著しく延長し、乱れを示した (図10, A)。

図 9. 胃小彎側前後壁弓状切離—縫合 No. 80 犬

この胃嚢と残胃の放電間隔は術後第15日目を経過するも一致しなかった (図10, B)。

e. 大弯側前後壁小弓状切離—縫合

図 10. 胃大彎側遊離胃嚢作成 No. 79 犬

表 2. 大 彎 切 離 部 位

イヌ	剖 検 計 測 値						放 電 間 隔		
	a(cm)	b(cm)	c(cm)	$\frac{b}{a} \times 100$ (%)	$\frac{c}{a} \times 100$ (%)	$\frac{b+c}{a} \times 100$ (%)	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ (sec)	S(sec)	$\frac{S}{\bar{X}}$
No 120	22	2	1.5	9	7	16	12.8 ± 0.08	0.59	0.05
93	29	2	3	7	10	17	11.3 ± 0.05	0.34	0.03
119	25	2.5	2	10	8	18	20.4 ± 0.24	1.67	0.08
118	21.5	3.5	1.5	16	7	23	37.6 ± 1.32	9.32	0.25
107	24	5	1.5	21	6	27	20.4 ± 1.42	10.06	0.49
109	18.5	3.5	2	19	11	29	22.7 ± 0.25	1.76	0.08
112	24	5.5	2	23	8	31	22.3 ± 0.67	4.76	0.21
108	22	5	2	23	9	32	30.1 ± 1.10	7.78	0.26
110	19	4.5	2	24	11	34	25.6 ± 0.64	4.52	0.18
113	22	8	2	36	9	45	19.2 ± 0.48	3.42	0.18
115	19.5	7	2	36	10	46	21.3 ± 0.58	4.12	0.19
111	27	10	3	37	11	48	13.7 ± 0.08	0.56	0.04
114	23	9.5	2	41	9	50	15.0 ± 0.10	0.72	0.05
87	20	10	4.5	50	23	73	14.9 ± 0.16	1.13	0.08

犬 12 頭を用いた。術後第 1 日目に活動電位を測定記録して放電間隔の延長、乱れの程度を比較した。各々の症例で放電間隔 50 個をとり、分析した。

生体内における胃は伸縮性著しく、長さの測定は一定の値をとり得ない。それ故にすべて実験例は活動電位測定後、屠殺剖検し、幽門より切断部位迄の距離を実測し、大弯全長に対する百分率で表わした。

すなわち各実験例において切断部位の中点の位置を横軸座標にとり、放電間隔の実数を縦軸座標に記してみると 14~41% の範囲内で放電間隔の延長が見られ、規則性も乱れることがわかる (図 11)。表 2 は延長の程度

を放電間隔の平均値で示し、乱れを変異係数 ($\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}} = \frac{s}{\bar{X}}$) で表わしたものである。

以上の成績は幽門より大弯全長の 17~37% の間に弓状切離部位が含まれる場合に放電間隔の平均値は延長し、かつ変異係数も大となり、延長と乱れを示した。いゝかえれば幽門より大弯全長の 17% 以下および 37% 以上の範囲内で切離縫合を行なった場合、小弯側の放電間隔の平均値は $11.3 \pm 0.05 \sim 15.0 \pm 0.10$ 秒で、正常の範囲内にあり、障害を認めなかった。

f. 前壁大弯側大弓状切除断端縫合

図 11. 切截部位と放電間隔

表 3. 前壁大彎側大弓状切除断端縫合

イヌ	剖 検 計 測 値						放 電 間 隔		
	a(cm)	b(cm)	c(cm)	$\frac{b}{a} \times 100$ (%)	$\frac{c}{a} \times 100$ (%)	$\frac{b+c}{a} \times 100$ (%)	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ (sec)	S(sec)	$\frac{S}{\bar{X}}$
No. 127	23	2.5	6.5	10	29	39	47.7 ± 1.47	10.38	0.22
116	17	3	8	18	47	64	24.3 ± 0.65	4.61	0.19
128	26	4	6	15	24	39	18.6 ± 0.25	1.74	0.09
129	19	2.5	6.5	13	34	47	16.0 ± 0.60	4.24	0.27
124	20	2	7	10	35	45	13.0 ± 0.06	0.42	0.03
130	20	2	9	10	45	55	10.5 ± 0.05	0.36	0.03

イヌ 6 頭を用いた。術後第 1 日目に測定した。

全例に对照として切除前の胃に電極を植込み、活動電位の測定を行なった。術後第 1 日目に前後壁より誘導せる放電間隔曲線は一致するが、術前对照実験時の放電間隔に比して 6 例中 4 例に延長と乱れを示したが、2 例は術前对照実験時の放電間隔に比べて延長も乱れも示さなかった。この 2 例に対しさらに後壁大弯側に同様の大弓状切除を行ない、前壁断端と後壁断端を縫合した再手術後第 1 日目に於いて 32~93 秒と放電間隔の延長と乱れを示した (表 3)。

g. 後壁大弯側大弓状切除断端縫合

イヌ 8 頭を用いた。この場合も对照として各実験例ともに切断前の胃の幽門洞部より活動電位を測定した。8 例中 6 例は切除—縫合術後第 1 日目の前後壁の放電間隔平均値が $11.9 \pm 0.76 \sim 15.0 \pm 0.05$ 秒であり、術前对照実験時の放電間隔に比して延長も乱れも示さなかった。しかし残りの 2 例は延長と乱れを示した。

なかでもイヌ No. 142 は放電間隔平均値が 31.0 ± 1.37 秒に達し、その変異係数も 0.31 と大きな値を示した (表 4)。

表4 後壁大彎側大弓状切除断端縫合

イヌ	剖 検 計 測 値						放 電 間 隔		
	a(cm)	b(cm)	c(cm)	$\frac{b}{a} \times 100$ (%)	$\frac{c}{a} \times 100$ (%)	$\frac{b+c}{a} \times 100$ (%)	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ (sec)	S(sec)	$\frac{S}{\bar{X}}$
No. 142	24	3	10	13	42	54	31.0 ± 1.37	9.68	0.31
140	17	1.5	6.5	9	38	47	18.6 ± 0.41	2.90	0.16
112	18	2	8	11	45	56	15.0 ± 0.05	0.36	0.02
139	20	2	8	10	40	50	14.8 ± 0.17	1.22	0.08
131	21	2	8	9	38	47	13.4 ± 0.13	0.95	0.07
132	23	2	9	8	35	43	13.0 ± 0.18	1.28	0.10
117	18	4	6	22	33	56	12.1 ± 0.34	2.38	0.20
141	21	3	10	14	48	62	11.9 ± 0.76	0.54	0.05

考 按

I. 胃活動電位波形について

胃活動電位に関しては, Bozler⁶⁾, Milton⁸⁾, Bass⁹⁾ などにより spike potential が導出され Alvarez²⁾, Richter⁴⁾, Berkson⁵⁾ などにより slow potential が導出されているが, slow potential に関しては未だ疑問が持たれている。これに対して spike potential は今日肉眼的観察によって胃蠕動と同時に、それにやゝ先行して現れることが一般に認められているので、著者はこの spike potential のみを指標として観察を進めた。

II. 電極

著者が使用した全白金環状電極は南の考案になる電極にくらべ、物理的、化学的に被覆が剥がれ難く、断線する恐れも少く、取扱いが容易であり、かつ耐酸耐熱性のために、生体内で変化を受け難く、植込み1ヶ月後においても胃活動電位を測定し得た。白金線は生体内で分極を起さない故、異質金属接合による電極と異り noise は起り難い。

III. 胃筋興奮伝導について

部分切截を行なった実験の目的は胃壁の一部が連っている場合の興奮伝導の変化を調べることである。32例中27例が術後第1日目で縫合部両側の放電間隔が一致したが、5例は術当日または第1日目において縫合部両側の放電間隔が延長し乱れた。しかし数日以内に放電間隔は短縮し、規則性の回復が見られた。この5例は手術侵襲部位によるものと思われ、これについては後述する。

胃部分切截後の活動電位の伝導方向について観察を行なったが、横軸方向部分切截の小弯より大弯に向って切截を加えた場合は、切截一縫合部の直ぐ幽門側は残存した非切截一縫合部を通じて電気的興奮が伝導されると思われる。

南²⁰⁾は胃横軸方向切離一縫合後、時日の経過とともに

に興奮伝導が徐々に恢復し、6~14日目で縫合部噴門側、幽門側の放電が完全に一致することを報告した。この成績を著者の上述の実験結果より考察すると、ごく小部分の筋層の連絡が完成すれば他の大部分の筋細胞はこの連絡路を通じて興奮を伝え、放電の一致を生ずるものと思われる。

IV. 胃筋放電リズムの規制について

胃筋放電リズムの規制部位の存在は古来より種々論議されて来た。

Hofmeister および Schütz²²⁾ はイヌの剔出胃で噴門から数cm離れた部分の胃底部筋より収縮が始まると述べ、Borchers²³⁾は腹窓法その他の方法でネコの蠕動波の始発部位を胃の上1/3と中1/3の境界部にあると報告した。

Groedel²⁴⁾は幽門洞部蠕動波は小弯の彎曲部近くの右方に於いて輪状のクビレを以て発すると云う。川崎²⁵⁾はイヌ剔出胃の内圧曲線観察により、浅い収縮波が食道より約1cm隔たった噴門部小弯側に発生すると報告した。

Schinz, Baensch および Friedl²⁶⁾によれば蠕動波は胃体部と胃底部間に、時には胃体部と幽門洞部との間に発生するといひ、Alvarez²⁾はウサギの胃で噴門附近と述べている。また Cannon²⁷⁾はネコのレントゲン観察より胃内容が存する場合、幽門に向って胃底部および幽門洞部を連続的に進行する蠕動波を認めた。

Kaestel, Rieder および Rosenthal²⁸⁾もヒトについてレントゲン観察を行なって Cannon と同様の報告をしている。田北²⁹⁾はレントゲン観察からヒト胃の蠕動はすべて噴門側胃底部に発すると述べた。

このほか始発部位に関しては噴門附近の大弯側とするもの、胃の上1/3の部分とするもの、胃角部であるとする人もあり、一定した結論に達していない。

教室の南²⁰⁾はかつて胃体部横軸方向切離縫合を行な

い、術後縫合部幽門側で放電間隔が著しく延長し、乱れる事実を見、縫合後第6ないし第14日目において噴門側および幽門側の放電間隔が一致し、この両側の機能的連絡が出来たことを報告し、縫合部より噴門側の優位性を認めた。

著者は胃体部大弯側において前後壁大弓状切離—縫合を行ない、縫合後大弯側小部分が比較的規則性を保つのに反して、小弯側大部分の放電間隔は著しく延長し、乱れを示すことを発見した。しかし小弯側の放電間隔は漸時短縮し、規則性も恢復し、術後第8ないし14日目に両側の放電間隔は一致した。これに反し、切断部を各々閉鎖し、小胃嚢を作成した場合15日目を経過するも一致しなかった。この事実は胃活動電位の規則性を規制する部位が大弯側に存在することを推測せしめるものである。

小弯胃角部で弓状切離—縫合を行なった場合には、縫合部小弯側で放電間隔の著しい延長と乱れを生ずる。この事実もまた大弯側に放電間隔を規則的に保つメカニズムが存在することを推定せしめる。そこで大弯に幽門からの位置を種々変えて前後壁小弓状切離—縫合を行ない、幽門洞部小弯側の放電間隔を測定すると、もしこの放電間隔規則化のメカニズムが存在するのであればその位置を限定せしめ得るのではないかと考えて、大弯側に小弓状切離—縫合を行なって胃壁活動電位を検べた。その結果、大弯側において小弓状切離部位が幽門より大弯全長の17ないし37%の間に位置する場合、小弯側の放電間隔は術後第1日目に於いて延長と乱れを示した。これに対して大弯側において幽門より大弯全長の17%の位置よりも幽門側、または幽門より大弯全長の37%よりも噴門側の範囲内に切離部位が含まれる場合は、小弯側の放電間隔の延長と乱れは殆んど認めることが出来なかった。

そこで著者の行なった実験大群においては幽門より大弯全長の17ないし37%の間に正常の放電間隔の規則性を保持するメカニズムが存在すると推論し得る。南²⁰⁾の実験成績において胃横軸方向全層切離—縫合を行なった場合、縫合部より幽門側の放電間隔が術直後著明に延長したのは、幽門側が著者の発見した大弯側の放電間隔規制部と切離—縫合によって機械的に分離された結果惹起された現象であると理解される。

白鳥³⁰⁾はイヌを用いて、胃底部、胃中央部、体部と幽門洞部との境、幽門輪に接してと種々に高さを変えて横軸方向全層切離—縫合を行ない、横軸方向切離が幽門輪部に近づくにつれ吻合部幽門側の放電間隔が延長を示したと報告している。

また、福原、禰屋³¹⁾はダイコクネズミの生体内ならびに剔出胃について蠕動生起部位を検討し、生体内胃では胃蠕動は前胃と腺胃の境界部の横断帯に律動的に生起

すると発表している。

著者の横軸方向部分切離—縫合において、術後切離—縫合部噴門側と幽門側の放電間隔が一致しない実験例があった事実、縦軸方向部分切離—縫合で活動電位の伝導方向が定まらなかった事実を併せて考えると、この胃体部および幽門洞部の大弯側に活動電位を規制する部位があると、推定される。

次に胃体部大弯側前壁のみ、または後壁のみ大弓状に切開を加え、大弯と囲まれる部分を切除し、断端を縫合したが、前壁のみを切除した胃では6例中4例に放電間隔の延長と乱れを示し、後壁のみを切除した胃では8例中2例に延長と乱れを示した。延長と乱れを示さなかった実験例で他側の切除を追加して行なえば、放電間隔の延長と乱れを示した。

このことから筋放電の間隔を規制する部位が前壁、後壁のいずれに存するかを決定することは出来ない。恐らく前後壁いずれにも存在し、個体によっていずれかが優勢に働くのではないかと推察される。

V. 胃平滑筋の構造と自働能について

平滑筋自働能については多数の研究者報告がある^{3-5, 7, 13, 19, 32-46)}。

Schawadasch⁴⁷⁾(1930)はネコの、Irwin(1931)など⁴⁸⁾はイヌ、ネコ、ウサギ、モルモット、ラットの胃の壁に神経叢を検索し、壁に神経叢は幽門に多く、噴門に少いと述べているが、著者の電気的興奮のリズムを規制する場所の存在すると思われる範囲に特異な所見を報告していない。

これに対し、平滑筋の形態に関しては光学的顕微鏡下では細胞形質による吻合が細胞側面あるいは細胞端に存在するとMc Gill⁴⁹⁾などが記載し、電子顕微鏡学的観察の初期ではMark⁴⁰⁾、Thaemert⁵⁰⁾などは筋細胞間に細胞形質による吻合部すなわち、部分的合胞体の形成を報告した。

しかし電子顕微鏡技術の進歩により部分的合胞体の存在は否定され、現在では平滑筋には融合膜(fused membrane)、あるいはDewyおよびBarr^{51, 52)}の称えたnexusと称する形質膜の外層が互に部分的に融合した構造を示すものと云われている。このnexusは電気的抵抗の低い部分で、両細胞間に電気的興奮を伝える場所であると云われている。

Lilja⁵³⁾は潰瘍を有したヒト胃のレントゲン観察を行い、胃を垂直部と水平部に分け胃筋層の組織学的所見を検討し、噴門部よりForssell's sinusに到る斜走筋が胃垂直部の刺激伝導路であり、この斜走筋の起始部に第1の中樞を考え、斜走筋の終るsinus部に胃水平部を支配する第2の中樞を考えた。また吉田⁵⁴⁾によれば小弯には輪状筋のみで斜走筋は欠く。斜走筋のうち小弯に最も近い

筋束は最も遠く幽門方向に到達して輪状筋に混入し、移行する。大井⁵⁵⁾、吉田⁵⁴⁾はこれを最長斜走筋束と呼び、この輪状筋へ混入移行する部位は粘膜の胃底腺—幽門腺境界線を越えないと述べている。

著者が見出した平滑筋放電のリズム規制部位は幽門より大弯全長の 17 ないし 37% の範囲であり、この部は

斜走筋束の終る場所の近くである。従ってこの領域は胃底腺—幽門腺境界附近にあたると考えられる。

しかしながら胃の活動電位の規則的なリズムの保持メカニズムに本質的な関係を有すると考えられる構造に関しては今後の研究に待たねばならない。

要 約 な ら び に 結 論

著者は、胃に如何なる切截を加えれば、活動電位のリズムが変化するかを探索し、胃の活動電位の規則性を維持して行くのに、主要な役割を演じている領域が那邊に存在するかを明らかにするためにイヌを用いて実験を行ない、以下の如き成績を得た。

1. 南²⁰⁾の考案せる環状白金電極を改良し、生体内で極めて安定であるエポキシエナメル被覆の全白金環状電極を使用した。またこれを用いて約 1 ヶ月迄活動電位を測定することが出来た。

2. 幽門洞部において部分的切截縫合を 4 つの異なる方向に行なったが、はゞ術後第 1 日目において縫合部両側において平滑筋の放電は一致した。

3. 横軸方向部分切截縫合において、切截縫合部に接する幽門側は残存する非切截部を介して電気的興奮の伝導が行なわれると考えられる成績を得た。

4. 胃体部横軸切離—縫合を幽門より大弯全長の 5 分の 3 以上の噴門寄りの場所で行なうときは、幽門側の放電間隔は術後第 1 日目において延長と乱れを示さなかった。

5. 大弯側において胃体部および幽門洞部を含む様に大きく前後壁大弓状切離—縫合を行なうときは、大弯側縫合線内の部分ははゞ正常の放電間隔を示したのに対し、残部の放電間隔は著しく延長し、乱れを示した。この現象は術後第 8 ないし 14 日目迄持続した。

6. 小弯側において胃体部および幽門洞部を含むように前後壁を弓状に切離し、縫合を元の通りに行なうときは、小弯側縫合線内の部分の放電間隔は著しい延長と乱

れを示したのに反し、大弯側でははゞ正常の放電を示した。

7. 胃大弯側において胃囊を作成し、活動電位を記録すると、この胃囊の放電間隔ははゞ正常の値を示したが、小弯側残胃の放電間隔は術後第 1 日目で著しく延長と乱れを示した。

8. 胃体部または幽門洞部において大弯に 2—3cm の弦を有し、胃横軸の長さの 2 分の 1 に至る前後壁小弓状切離を幽門からの位置を変えて行ない、元通りに縫合した。幽門より大弯の全長の約 17 ないし 37% の距離に亘る範囲に切離がおよぶ場合、残存部より導出し放電間隔は第 1 日目において延長と乱れを示した。

9. 胃体部大弯側大弓状切除を前壁のみで行なうときは、6 例中 4 例は幽門洞部の放電間隔の延長と乱れをみ、2 例は切除前と変化なかった。体部大弯側後壁のみ切除するときに、8 例中 6 例は幽門洞部の放電間隔は切除前と変りなかったが、残りの 2 例は延長と乱れを示した。

10. 以上の成績から胃体部と幽門洞部の境界附近において比較的限局した領域に胃活動電位の規則性を維持するメカニズムが存在すると結論した。

擧筆するに臨み御指導賜った曲直部寿夫教授並びに吉井直三郎教授、実川佐太郎助教授、教室の松岡健三講師、北川晃博士、南俊之介博士をはじめ教室員各位に深甚なる謝意を表します。

本論文の要旨は第 6, 7, 8 回日本平滑筋学会にて発表した。

文 献

- 1) Stübel, H.: Pflüger's Arch., **143**, 381—394, 1912.
- 2) Alvarez, W.C. & Mahoney, L.J.: Amer. J. Physiol., **58**, 476—493, 1922.
- 3) Tschermak, A.: Pflüger's Arch., **175**, 165—186, 1919.
- 4) Richter, C.P.: Amer. J. Physiol., **67**, 612—633, 1923.
- 5) Berkson, J., Baldes, E.J. & Alvarez, W.C.:

Amer. J. Physiol., **102**, 683—692, 1932.

- 6) Bozler, E.: Amer. J. Physiol., **124**, 502—510, 1938.
- 7) Bozler, E.: Amer. J. Physiol., **157**, 338—342, 1949.
- 8) Milton, G.W. et al.: J. Physiol., **132**, 100—114, 1956.
- 9) Bass, P. et al.: Amer. J. Physiol., **201**, 287—291, 1961.

- 10) 丹生治夫 : 日生理誌, **11**, 232-233, 昭 24.
- 11) 丹生治夫 : 興奮伝導の諸問題, 医歯薬出版, 昭 34.
- 12) 市川三太 : 日生理誌, **163**, 284-285, 昭 29.
- 13) 尾形隆明 : 久留米医誌, **17**, 324-339, 昭 39.
- 14) 吉永 諭 : 福岡医誌, **46**, 297-307, 昭 30.
- 15) 田北周平 : 日外会誌, **55**, 662-675, 昭 29.
- 16) 田北周平他 : 日新医学, **46**, 610-614, 昭 34.
- 17) 西島早見 : 日外会誌, **5**, 1286, 1955.
- 18) 白鳥常男, 高倉一夫他 : 東北医誌, **60**, 885-891, 昭 34.
- 19) 白鳥常男他, 第3回日本平滑筋学会に発表, 昭36.
- 20) 南 俊之介 : 日消病会誌, **61**, 51-65, 昭 39.
- 21) 榎 哲夫 : 日平滑筋誌, **1**, 1-10, 1965.
- 22) Hofmeister & Schütz: Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm., **20**, 1, 1886.
- 23) Borchers, E.: Brun's Beiträge zur klin. Chir. **122**, 547-622, 1921.
- 24) Groedel : Fortschr. Röntgenstr. **33**; 8, 1925.
- 25) 川崎元一 : 日生理誌, **4**, 225-236, 昭 14.
- 26) Schinz, H.R., Baensch, W.E. & Friedl, E.: *Lehrbuch d. Röntgendiagnostik* 184, 1930.
- 27) Cannon, W.B.: Amer. J. Physiol., **1**, 357-382, 1898.
- 28) Kaestle, C., Rieder, H. u. Rosenthal, Phil. J. : Münch. med. Wschr., **56**, 280-282, 1909.
- 29) 田北周平 : 実践医理学, **4**, 275(3), 343(4), 419(5), 528(6), 昭 9.
- 30) 白鳥常男 : 日平滑筋誌, **2**, 1-14, 1966.
- 13) 福原 武, 弥屋俊昭 : 第8回日本平滑筋学会にて発表, 1966.
- 32) Bayliss, W.M. & Starling, E.H.: J. Physiol., **24**, 99, 1899.
- 33) Elliot, T.R.: J. Physiol., **32**, 401-467, 1905.
- 34) Gunn, J.A. & Underhill, S.W.F.: Quart. J. Exp. Physiol., **8**, 275, 1915.
- 35) 浜 昭典 : 四国医誌, **16**, 620-641, 昭 35.
- 36) 呉 健, 沖中重雄 : 自律神経系, 克誠堂, 東京, 1941.
- 37) Magnus, R: Pflüger's Arch., **102**, 123-151, 1904.
- 38) McCrea, E.D'A. & McSwiney, B. A. : Quart. J. exper. Physiol., **18**, 301-313, 1928.
- 39) McLach McLachlin, A.D. : J. Pharmacol. exp. Therap., **57**, 324-331, 1936.
- 40) 西 彰五郎 : The Kurume Medical Journal **3**, 34-42, 1956.
- 41) 西村荘介 : 日生理誌, **20**, 143-162, 1958.
- 42) Oshima: Zeitschr. f. Anat. u. Entw., **90**, 725-767, 1929.
- 43) Puestow, C.B.: Amer. J. Physiol., **106**, 682-688, 1933.
- 44) Takita, S.: Jap. Journ. Physiol., **7**, 286-296, 1957.
- 45) Trendelenburg, P.: Arch. f. exp. Path. u. Pharmacol., **81**, 55, 1917.
- 46) Yanase, J.: Pflüger's Arch., **117**, 345-383; **119**, 451-464, 1907.
- 47) Stör, Ph.: *Handbuch d. mikrosk. Anat. d. Menschen*. IV/5 Springer, 1957. より.
- 48) Mc Gill, C.: Amer. J. Anat., **9**, 493, 1909.
- 49) Mark, J.S.T.: Anat. Record., **125**, 473-493, 1956.
- 50) Thaemert, J.C.: J. Biophysic. Biochem. Cytol., **6**, 67-70, 1959.
- 51) Dewy, M.M. & Barr, L.: Science, **137**, 670-672, 1962.
- 52) Dewy, M.M. & Barr, L.: J. Cell Biol., **23**, 553-585, 1964.
- 53) Lilja, B.: Acta Radiol., **41**, 225, 1954.
- 54) 吉田 完 : 日平滑筋誌, **1**, 80-94, 95-104, 1965.
- 55) 大井 実ら : 日平滑筋誌, **1**, 21-29, 1965.

(1967 年 1 月 17 日受付)