胃自動能に関する筋電図学的研究

東北大学医学部 横外科教室

白鳥常男・菅原俠治・岡林敏彦・長岡 謙

ELECTROMYOGRAPHIC STUDY ON THE AUTOMATISM OF THE STOMACH

Tsuneo SHIRATORI, Kyoji SUGAWARA, Toshihiko OKABAYASHI,
and Ken NAGAOKADepartment of Surgery, Tohoku University School of Medicine, Sendai
(Director: Prof. T. Maki)

Canine stomach were transected consecutively starting at upper one-third, midline, lower one-third and lower one-fourth of the stomach and the changes in peristalsis in the lower segment of the stomach was studied electromyographically. In another experiment, stomachs were prepared to consists of four segments by transecting and anastomosing at various levels and electromyogram was taken from upper and lower middle segments of the stomach.

The results are summarized as follows:

- 1) The lower the transection line was made, the longer was the discharge interval between each peristalsis in the segment distal to the anastomosis.
- 2) Antiperistalsis was elicited oftener in the lower segment when the transection was made below the midline.
- 3) Discharge intervals recorded from the lower middle segment of the stomach were generally longer than the ones recorded from the upper middle segment.
- 4) Antiperistalsis was also observed in the upper and lower segments of the stomach and the frequency of antiperistalsis was found higher in the upper middle segment. The frequency of antiperistalsis was much higher in case the middle two segments were made closer to the pylorus.
- 5) Out of the results mentioned above, it is estimated that each portion of the stomach has its own rhythm of peristaltic frequency and more tendency of antiperistaltic discharges was noted in the portion close to the pylorus.

ま え が き

さきに教室白鳥¹⁾, 菅原²⁾, 白鳥ら³⁾は, イヌ胃を幽門洞と胃体部との間で横切離したのち, 直ちに再吻合して, 胃運動の変化を筋電図学的に観察した結果を報告した。それにより吻合下部胃には逆蠕動が高頻度に出現すること, また吻合下部胃の蠕動発生の周期は, 吻合上部胃のそれに比し長いことが明らかになった。同じく教室黒田⁴⁾は, 迷走神経ならびに内臓神経を切離しても同様の実験結果が得られたことから, この現象は, 胃外来神

経の切離とは余り関係がなく, 胃壁を切離することによって起る胃自体の変化であろうと考えた。

そこで著者らは, さらに胃を種々の部位で横切離したり, 胃血管を出来るだけ損傷せぬように保存して胃に二つの分節胃を作製して, これらから胃筋電図を導出し, 胃の蠕動運動の変化を観察した。その結果, 胃の自動能に関する2,3の興味ある知見を得たので報告する。

実 験 方 法

実験動物には雑種成犬15頭を用いた。1日絶食させたのち, Thiopental sodium の静脈麻酔下に開腹する。胃

を露出し, 以下述べる実験群を作製し, これより胃筋電図を導出して観察記録した。

I 群：胃の小弯ならびに大弯の長さを基準として、胃の噴門側 1/3、中央部、幽門側 1/3、幽門側 1/4 の部位を噴門側より幽門側へ順次横切離し、切離下部胃より筋電図を導出した。この実験例数は 5 例である。

II 群：胃血管を出来るだけ損傷せぬようにして、胃に 2 つの分節胃を作製した。その作製部位によって、胃の噴門側 1/3 以下に作製した群 (a 群、4 例)、中央部以下に作製した群 (b 群、3 例)、幽門側 1/3 以下に作製した群 (c 群、3 例) の 3 群に分けた。作製した 2 つの分節胃をそれぞれ上分節胃、下分節胃と名づけた。下分節胃の幽門側切離線は幽門輪より約 1.5cm 口側とした。吻合法は粘膜連続縫合と漿膜筋層縫合の 2 層縫合にて行なった。

電極は、直径 0.1 mm の固定用双極銀製針電極を用い、時定数を 0.03 秒とした。

胃筋電図の導出には固定用双極電極 1～2 ケを用いた。2 ケを用いる際は、胃の臓器軸に沿って約 1.5～3.0 cm の間隔で胃前壁に固定した。

導出された胃筋電図から正蠕動放電と逆蠕動放電を区

別するには、図 1 の上段の如く、2 ケ並べた電極のうち、口側の電極 1 より先にスパイク放電が導出され、ついで肛門側の電極 2 よりスパイク放電の導出される場合を正蠕動放電とし、また同図の下段の如く、肛門側の電極 2 より先にスパイク放電が導出され、ついで口側の電極 1 よりスパイク放電が導出される場合を逆蠕動放電とした。以上の如くして判別した正逆蠕動放電は、肉眼的観察における正、逆蠕動運動とよく一致した。

図 1. 正逆蠕動放電の判別

実 験 成 績

1) I 群における実験成績

胃の噴門側 1/3 より順次幽門側 1/4 の部位まで横切離し、切離下部胃より筋電図を導出した I 群における放電間隔と正逆蠕動放電の出現率を表 1 に一括して示した。各例の成績はほぼ類似の傾向を示したので代表例 (No 3 犬) の筋電図を示せば図 2 の如くである。まず噴門側 1/3 横切離では、横切離前の対照に比し、活動電位が低下し、放電間隔の軽度延長が認められた。この部位の切離では、逆蠕動の発生はみられなかった。

中央部横切離では、放電間隔はさらに軽度延長したが、活動電位の低下は噴門側 1/3 横切離程ではない。他

の実験例ではむしろ活動電位の増大を示したものもある。本例では、この部位の横切離では正蠕動放電のみで、逆蠕動放電の出現はみられなかった。しかし 5 例中 3 例においては逆蠕動放電が 10～25% に出現した。

幽門側 1/3 横切離では、逆蠕動の出現がみられ、放電間隔は中央部横切離時よりも軽度延長している。活動電位は対照に比し増大する傾向を示している。

幽門側 1/4 横切離では、下部 1/3 横切離時と同様逆蠕動放電が多発し、放電間隔も一層延長した。また活動電位も対照に比し、幽門側 1/3 横切離時と同様増強している。図 3 は本実験例の正蠕動放電の放電間隔ダイヤグラ

表 1. I 群における放電間隔と正逆蠕動放電の出現率

実験犬 No	対 照	噴門側 1/3 横切離		中央部横切離		幽門側 1/3 横切離		幽門側 1/4 横切離	
	正蠕動放電 sec	正蠕動放電 sec	逆蠕動放電 sec	正蠕動放電 sec	逆蠕動放電 sec	正蠕動放電 sec	逆蠕動放電 sec	正蠕動放電 sec	逆蠕動放電 sec
1	15.0 (100)	17.5 (100)	—	19.0 (80)	19.5 (20)	—	22.0 (100)	—	23 (100)
2	13.5 (100)	15.2 (100)	—	16.5 (75)	20.7 (25)	19.5 (25)	22.3 (75)	—	23.5 (100)
3	12.5 (100)	14.3 (100)	—	15.5 (100)	—	16.8 (35)	17.0 (65)	21.5 (30)	21.0 (70)
4	16.5 (100)	18.8 (100)	—	19.4 (100)	—	22.8 (42)	22.5 (58)	22.0 (35)	24.0 (65)
5	14.2 (100)	15.3 (100)	—	17.0 (90)	25.0 (10)	23.0 (28)	26.5 (72)	27.0 (37)	30.5 (63)

() は正逆蠕動放電百分率

図2. 胃横切離と胃筋電図

図3. 放電間隔ダイアグラム

ムであるが、胃横切離が幽門側に及ぶにつれて放電間隔は少しずつ延長している。

I 群の実験例5頭についてみると(表1)、各例とも横切離が幽門側にすすむにつれて蠕動放電間隔は延長する傾向を示している。

また、中央部以下の横切離では、逆蠕動放電の発生が多くなる傾向を示している。すなわち、中央部横切離では5例中3例に逆蠕動放電の出現をみ、10~25%の出現率を示した。幽門側1/3横切離では全例においてみられ、58~100%の出現率を示し、幽門側1/4横切離でも全例にみられ63~100%の出現率を示した。

逆蠕動放電の放電間隔は、正蠕動放電のそれよりも少しく長い傾向を示したが、短い場合もみられた。

以上I群における実験成績をまとめてみると、胃を噴門側より幽門側に順次横切離して行くと、切離下部胃の蠕動発生周期が延びる傾向を示すこと、さらに中央部以下の横切離では、逆蠕動運動の発生が多くなる傾向を示すことが知られた。

2) II群における実験成績

胃に二つの分節胃を作製したII群における胃筋電図

表2. II群における放電間隔と正逆蠕動放電の出現率

	実験犬No	対 照		上分節胃		下分節胃	
		正 sec	逆 sec	正 sec	逆 sec	正 sec	逆 sec
a 群	1	12.0	—	13.6	—	17.4	—
	2	12.5	—	14.7	—	20.0	—
	3	14.8	—	17.5	—	22.3 (90)	21.5 (10)
	4	13.0	—	14.5	—	16.0	—
b 群	5	16.4	—	18.8	—	20.5 (85)	22.3 (15)
	6	13.5	—	19.5	—	24.0 (80)	30.0 (20)
	7	12.6	—	17.5 (85)	19.0 (15)	18.0 (76)	22.0 (24)
c 群	8	13.0	—	19.3 (82)	22.0 (18)	22.7 (75)	24.2 (25)
	9	15.0	—	20.5 (72)	21.3 (28)	22.7 (50)	20.3 (50)
	10	14.0	—	19.0 (88)	26.5 (12)	22.0 (67)	28.0 (33)

正——正蠕動放電

逆——逆蠕動放電

() 正・逆蠕動放電百分率

の放電間隔と正逆蠕動放電の出現率は、表2に一括して示した。

まず噴門側1/3の高さ以下に分節胃を作製したa群についてみると、図4はその1例(No1犬)の胃筋電図であるが、上分節胃(S_1)の放電間隔は、分節胃作製前に幽門洞より導出した対照の放電間隔に比し延長している。また下分節胃(S_2)の放電間隔は、上分節胃のそれよりもさらに延長している。つぎに、幽門輪部(P)より筋電図を導出した所、その放電間隔は下分節胃のそれよりもさらに延長していた。図5は本例の放電間隔ダイアグラムであるが、下分節胃では上分節胃よりも放電間隔が延長していることを示している。a群4例についてみると、下分節胃の放電間隔はいずれも、対照ならびに上分節胃のそれよりも長い値を示している。また1例において、下分節胃に10%に逆蠕動放電の出現をみた。

図4. 各分節胃と筋電図(a群No1犬)

図5. 放電間隔ダイアグラム (a群No1犬)

胃の1/2以下に分節胃を作製したb群についてみると、a群同様上分節胃(S_1)の放電間隔は、対照に比し延長しており、下分節胃(S_2)のそれは上分節胃よりもさらに延長している。図6はその1例(No6犬)であるが、下分節胃の放電間隔は対照ならびに上分節胃に比し長く、かつ逆蠕動放電の出現がみられている。つぎに幽門より導出した筋電図では放電間隔はこれらのいずれよりも更に延長している。b群3例中1例において、上分節胃に15%に逆蠕動放電をみたが、下分節胃においては全例に出現し、15~24%の出現率を示した。

幽門側1/3以下に分節胃を作製したc群においても、放電間隔については、a, b群同様、下分節胃は上分節胃に比して長い結果を示した。図7はその1例(No8犬)である。本例では上分節胃(S_1)においても逆蠕動放電の出現をみるが、下分節胃(S_2)において一層多く出現している。本群においては上分節胃においても3例中全例に逆蠕動放電の出現をみ、その出現率は12~28%であった。下分節胃においては、25~50%の出現率を示した。この下分節胃における逆蠕動放電の出現率は、b

図6. 各分節胃と筋電図 (b群No6犬)

図7. 各分節胃と筋電図 (c群No8犬)

群の下分節胃の逆蠕動放電の出現率に比し大であった。つぎに幽門輪部(P)より筋電図を導出したが、その放電間隔は対照ならびに上、下分節胃のいずれの放電間隔よりも長い値を示した。

以上II群における実験成績をまとめてみると、胃に分節胃を作製した場合には、その分節胃にみられる蠕動発生の周期は、上分節胃に比し下分節胃において長い値を示すこと、さらに分節胃にも逆蠕動の発生がみられ、幽門に近い分節胃程逆蠕動の発生頻度が高いことが知られた。

総括ならびに考按

以上、イヌ胃を噴門側より幽門側に順次横切離した際の切離下部胃の蠕動運動の変化、ならびに分節胃を作製した場合の分節胃の運動の変化を筋電図学的に観察した結果について述べた。さきに白鳥¹⁾、菅原²⁾、白鳥ら³⁾は、イヌ胃の横切離吻合実験で、胃体部と幽門洞との間での横切離では、吻合上下部胃における蠕動発生の周期が異なり、吻合下部胃において長いことを報告したが、さらに胃の多くの部位において横切離を行なった本実験においてもこれと全く同じ結果を示した。また分節胃作製実験においても、下分節胃の蠕動発生のリズムは上分節胃のそれよりも長く、このような結果から、胃は部位

により蠕動発生のリズムに差異があり、噴門側より幽門側におよぼほど長いリズムをもっていることが推定された。

菅原²⁾は、胃体部と幽門洞の間での横切離では吻合下部胃に逆蠕動が平均84.2%に出現するのをみているが、著者らの横切離実験でも、これにほぼ相当すると思われる幽門側1/3~1/4の部位での横切離では58~100%という高い出現率を示している。また著者らの実験では逆蠕動の発生は、胃のほぼ中央部附近以下の横切離によって出現しやすいことも知られた。

分節胃作製実験においては、横切離実験に比して、逆

蠕動の発生が少ないことをさきに述べたが、これは分節胃が幽門を含まないことによるためであろう。このことは、菅原²⁾が幽門輪に近接して横切離吻合した場合には、吻合上部胃には逆蠕動の発生はなく、正蠕動放電のみであったことからもうかがわれる。

胃横切離後の切離下部胃に逆蠕動が多く発生する原因に関しては、白鳥^{1,5,6)}、菅原²⁾は、次の如く考えている。すなわち、胃の噴門側には正蠕動運動の、幽門側には逆蠕動運動の pace maker が存在するものと仮定した。そして通常は、正蠕動の pace maker の支配により正蠕動運動が出現しており、逆蠕動運動の発生は極めて少ない。しかるに胃がある部位で横切離されると、正逆蠕動の pace maker の平衡がくずれ、切離上部胃では正蠕動の pace maker の支配が強いために切離前と変らず正蠕動運動が発生するが、切離下部胃では、逆蠕動の pace maker の支配が強くなり、切離部位によって種々の程度に逆蠕動が発生するものと考えられる。幽門側 1/3 ないし 1/4 の部位での横切離では、切離下部胃においては幽門側の逆蠕動の pace maker の支配が強いために、逆蠕動が多発するものと考えられる。逆蠕動を発生させる最も強力な pace maker は幽門附近にあると考えられるので、幽門を含まない分節胃作製実験では、その作製部位が幽門に近い場合でも、横切離実験ほどは逆蠕動が発生しにくいものと考えられる。横切離実験の結果から推察すると、正逆蠕動運動のバランスがくずれ、切離下部胃に逆蠕動が発生しやすくなる境界は、胃のはば中央部附近であると考えることが出来る。

さてつぎに、胃の横切離部位によって蠕動運動の発生周期が異なるのはどのような理由によるものであろうか。この現象に関しては、摘出胃による Alvarez⁷⁾、南⁸⁾、尾形⁹⁾らの興味ある実験がある。Alvarez は、兎、猫、犬、ヒトなどの胃について、摘出した胃の各部より筋条片をとり出し、キモグラフィにより自動収縮の頻度を検したが、その自動収縮頻度は噴門から幽門に至る程少ないことを示した。また南は蛙の摘出胃により同じようにして筋条片をとり出しキモグラフィにより自発運動を検した。その結果胃上部では 30~36 秒の律動を有する収縮運動を示し、胃中央部は胃上部に比し僅かに律動の遅い 36~42 秒の規則正しい律動運動を示し、幽門洞部の自発運動は胃中央部のそれより更に律動のゆるやかな約 60~66 秒の収縮運動を示した。

尾形⁹⁾は南⁸⁾の実験を電気生理学的な方法を用いて行

なった。すなわち働作流を導出して観察した結果、胃条片は、幽門側になるに従って自働興奮の遅い周期をもつことを認めている。しかるに、それにもかかわらず胃全体としては、胃のどの部分から導出しても働作流の周期は等しかったことから、生体内においては、自働頻度の小なる幽門側が、噴門側部の速い頻度に支配されて蠕動運動が発生していると述べている。

佐々木¹⁰⁾は、蛙胃を用い胃を中央部で切断すると、切断部より噴門側と幽門側には、それぞれ異なった周期をもつ蠕動波がみられ、噴門側のものは切断前と変らないが、幽門側では遅いものとなることを述べている。以上の報告は、大部分が摘出胃の、しかも筋条片についての観察ではあるが、胃の部位によって、蠕動発生の周期性が異なるという実験結果は注目に値する。著者らの実験は、生体実験であり、しかも胃壁は環状に保たれている点で、筋条片に比し、その運動発生上、一層具合がよいものと考えられるが、その結果は以上述べた研究者の筋条片についての実験結果と全く同じ成績を示した。

横切離部位によって、蠕動発生のリズムが変化するのは、やはり胃壁自体の自動能に基づくものであろうと考えられる。つまり、噴門側より幽門側へ向って蠕動発生頻度の勾配があり、胃がある部位で切離されると、切離下部胃には、切離直下の胃壁に固有な蠕動発生頻度に基づいて、蠕動運動が発生するものと考えられる。しかもその頻度は、切離前よりも小なるものである。

幽門側での胃の横切離は、切離下部胃に逆蠕動の発生を促す結果となったが、このように逆蠕動が容易に発生するという現象に関しては今日まで余り注目されないで来た。さきに述べた Alvarez、南、尾形、佐々木らもこの点に関しては全く触れていない。これは一つには、実験方法のちがいに、逆蠕動という現象を明白につかむことが出来にくかった点にあると思われるが、著者らは2ヶの電極を設置することによって、正逆蠕動の区別を容易かつ正確にすることが出来、種々の実験における逆蠕動発生の頻度を知ることが出来た。

胃の部位により、蠕動発生のリズムが異なったり、胃の切離部位によっては逆蠕動が多発したりするという胃の運動生理は、臨床医学とも密接な関連を有し極めて重要な問題であるが、このような現象がどうして起るのかという疑問は、さらに今後の研究に残された課題であろう。

結

イヌ胃を噴門側 1/3 の部位より、中央部、幽門側 1/3、幽門側 1/4 の部位へと、順次横切離した際の切離下部胃の運動、ならびに胃血管を出来るだけ損傷せぬようにして胃に二つの分節胃を作製した際の分節胃の運動を、筋

語

電図法を用いて観察しつぎのごとき結果を得た。

1) 胃を噴門側より幽門側へと順次横切離すると、切離下部胃の蠕動発生同期は幽門側の切離ほど長くなる結果を示した。

2) 中央部以下の横切離では、逆蠕動の発生が多くなる傾向を示した。

3) 分節胃作製実験では、上分節胃の蠕動発生周期は、分節胃作製前の対照に比し長く、また下分節胃のそれは上分節胃よりも長かった。

4) 分節胃においても、これを幽門に近づけて作製した場合には逆蠕動の発生がかなりみられた。

5) 以上の結果から、胃は部位によりある一定の蠕動発生のリズムを有しており、胃が横切離されて、上下の

連続が断たれると、切離下部胃は自動能にもとずいた新たなリズムで蠕動運動が発生するものと考えられた。

6) また胃の幽門部は、逆蠕動の pace maker の強い部位と推定され、幽門洞部附近の横切離では切離下部胃に逆蠕動が発生しやすいことが知られた。

本論文の要旨は昭和41年、第8回日本平滑筋学会総会において発表した。

文

1. 白鳥常男：消化管における筋電図。筋電図から見た胃の運動機能について。日消会誌, **60**, 990~992, 1963.
2. Sugawara, K.: An electromyographic study on the motility of canine stomach after transection and end-to-end anastomosis. *Tohoku J. exp. Med.*, **84**, 113~124, 1964.
3. Shiratori, T., Sugawara, K., & Kuroda, S.: Surgical significance of pyloroplasty with special reference to electromyographic findings. *Tohoku J. exp. Med.*, **85**, 192~200, 1965.
4. Kuroda, S.: *Tohoku J. exp. Med.*, In press.
5. 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,

献

- 昭41.
6. 白鳥常男：逆蠕動と幽門機能，平滑筋筋電図の基礎と臨床，榎哲夫，鈴木泰三監修，183頁，金原書店，東京，昭41.
7. Alvarez, W, C. : Differences in rhythmicity and tone in different parts of the wall of the stomach. *Amer. J. physiol.* **40**, 585~602, 1916.
8. 南 自斎：胃運動曲線に関する研究補遺。久留米医誌, **13**, 314~327, 昭25.
9. 尾形隆明：胃運動の電気生理学的研究。久留米医誌, **17**, 324~339, 昭29.
10. 佐々木 正：胃蠕動に関する研究。日生理誌, **29**, 929, 昭32.

(1966年8月15日受付)