

## 小腸端々吻合後の運動機能に関する実験的研究

東邦大学第2外科

柴田 族光 菊池 裕 曾布川憲充  
宮嶋 良征 川村 邦昭 橋村 千秋  
石見 徹夫 北原 信三

### AN EXPERIMENTAL STUDY OF INTESTINAL MOTILITY AFTER ANASTOMOSIS

Tsugumitsu SHIBATA, Yutaka KIKUCHI, Norimitsu SOBUKAWA,  
Yoshiyuki MIYAJIMA, Kuniaki KAWAMURA, Chiaki HASHIMURA,  
Tetsuo IWAMI and Shinzo KITAHARA

The 2nd Department of Surgery, Toho University School of Medicine

雑種成犬を用いて小腸横切端々吻合後の腸運動を筋電図学的に検討した。さらに小腸各部位で横切吻合した後、吻合線上下における律動頻数の変化を観察して、これらの成績をもとに小腸各部の律動頻数構成機構について考察した。

端々吻合術後、2~3日目に腸管は明らかな律動収縮運動を開始し、術後約10日で手術侵襲から回復するが完全な運動機能の回復はほぼ永久に望めない。小腸各部には intrinsic に律動収縮を営む機構が存在し、さらに幽門輪と総胆管開口部間の十二指腸から発し縦走筋層を介して下位に伝播して、intrinsic な頻数を加数するように働く刺激の両者によって小腸各部の律動頻数は構成されていると考える

#### はじめに

小腸端々吻合は消化器外科において、最もよく用いられる術式であり、吻合後の腸運動機能は外科臨床上、重要な問題である。

腸管運動は従来よりレ線法、腹窓法、内圧曲線描写法、Trendelenburg 法などによつて観察されている。また、筋電図学的研究も近年急速に進展し、電気生理学的解明が加えられつつある。

消化管平滑筋の活動電位としては slow wave と spike wave が存在することはすでによく知られている。このうち spike wave は腸管の収縮運動を示す活動電位であると考えられ、われわれは小腸における活動電位と、バルーン法による機械曲線の同時記録<sup>1)</sup>について、今回は胃活動電位と、ストレーンゲージ機械曲線の同時記録を行い、この事実を再確認したうえで spike wave を筋電図観察上の指標として、小腸横切端々吻合後の腸管運動を経時的に観察するとともに、小腸各部で横切吻合した際の吻合線上下における律動収縮頻数の変化について検討した。

#### 実験方法

体重8~15kgの雑種成犬を用いた。

##### 1. 外科的操作

小腸各部で腸管を100%横切し、直ちに絹糸を用いて全層一層結節縫合で端々吻合した。横切吻合はつぎの各部位で施行した。

a) 幽門輪を中心に胃側、十二指腸側へそれぞれ約2cmの部位で横切して幽門輪を切除後、胃十二指腸を端々吻合した。電極の固定部位は吻合線をはさんだ上下約2cmの胃前庭部、および十二指腸上部、さらに上部空腸の3点である(図1)。

b) 総胆管開口部より約2cm口側の十二指腸において脾の一部を剝離後、同様横切吻合して、胃前庭部、吻合線下部約2cm肛門側の十二指腸、上部空腸にそれぞれ電極を装着した(図2)。

c) 総胆管開口部より約2cm肛門側の十二指腸において横切吻合した後、吻合線上下約2cmの十二指腸と、上部空腹に電極を装着した(図3)。

d) 上部空腸(トライツ靱帯より約20cm肛門側)にお

図1 幽門輪切除後胃・十二指腸端々吻合

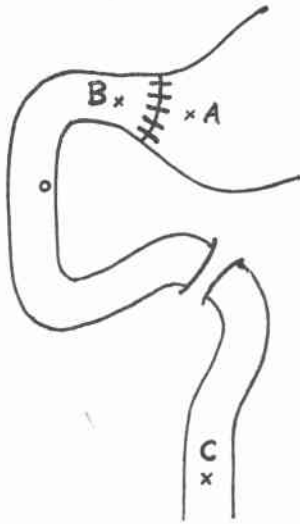


図3 総胆管開口部より肛側の十二指腸で横切端々吻合

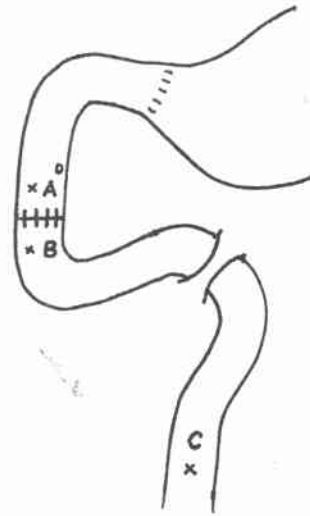


図2 総胆管開口部より口側の十二指腸で横切端々吻合

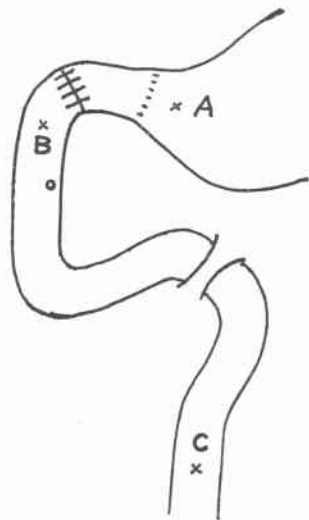
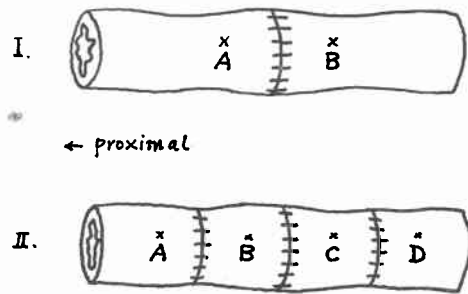


図4 上部空腸で横切端々吻合 (I) 及び上部空腸で3カ所横切端々吻合 (II)



いて横切後端々吻合し、電極は吻合線上下それぞれ約2 cmの部位に固定した(図4, I)。またさらに吻合線上下約10cmの部位にも同時に装着した群も作成した。

e) 上部空腸において約5 cm間隔に3カ所横切吻合し、電極は各分節の中央、および分節の上下約2 cmの部位に固定した(図4, II)。

f) 下部回腸(回腸末端より約15cm口側)においても上部空腸と同様操作を加えて検討の対象とした。

## 2. 活動電位導出方法および観察方法

a) 電極: 按摩針をイヤホンコードにハンダ固定した双極電極を作製した。極間距離は1 mmに固定し、リード

線の長さは約30 cmのものを使用した。

電極装着には漿膜面から筋層に直角に刺し、血管縫合糸を用いて漿膜面に縫合固定した後、リード線を腹腔より皮下を通して、腰背部皮下に埋没した。

b) 活動電位の導出: 前処置は施行せず、食餌も導出直前まで自由にさせた。導出時の麻酔には塩酸ケタミン10~15mg/kgを筋注し、できるだけ麻酔深度は浅くした。

増巾器および記録装置は日本光電社製生体用前置増巾器A P B 20→直流増巾器AD-45TR→記録器WI-205Tを使用し、時定数は0.03秒とした。

c) 活動電位の観察: 以上の操作で得られた筋電図には spike wave と、いわゆる slow wave が認められるが、原則として spike wave を採用し、さらに spike 群の分時発生頻数を分時腸管律動収縮頻数として観察した。

## 3. 胃活動電位とストレインゲージ機械曲線の

同時記録

塩酸ケタミン20mg/kg筋注麻酔にて開腹し、胃角部にストレーンゲージと電極を同一横軸上に固定して、そのまま活動電位とストレーンゲージ機械曲線を同時記録した。

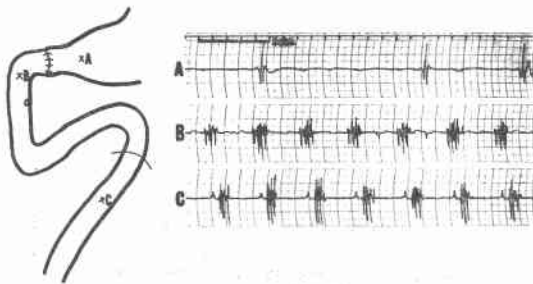
機械曲線導出装置は日本光電社製トランスジューサGT-1T→ひずみ圧力用プリアンプRP-3→直流増巾器AD-45TR→記録器WI-205Tを使用した。

成績

1. 幽門輪切除群

胃前庭部から導出された活動電位はそのリズムの乱れが時々みられ、分時放電頻度を計測する際、危険率が高くデータから除外した。吻合線下部十二指腸の分時spike群発生頻数は17~19、平均17.7であり、正常十二指腸における頻数と同様である。上部空腸は16~19、平均17.5で、正常上部空腸における頻数を示し、吻合線下部十二指腸、上部空腸の頻数は幽門輪を切除して端々吻合した場合でも、とくにその影響を受けない(図5)。

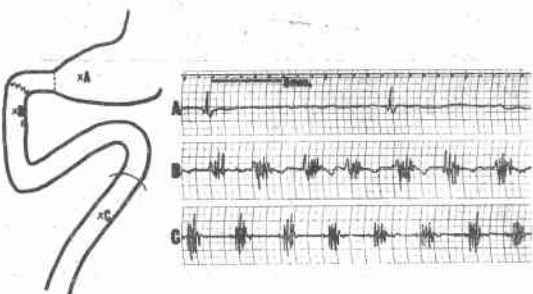
図5 幽門輪切除後、胃・十二指腸端々吻合



2. 総胆管開口部より口側で横切吻合群

術後10日以内に導出した胃前庭部からの分時 spike 群発生頻数は4~5、平均4.6であり、吻合線下部十二指腸は13~16、平均15.1である。術後10日以後は胃前庭部が4~5、平均4.7、吻合線下部十二指腸が17~19、平

図6 総胆管開口部より口側の十二指腸において横切端々吻合

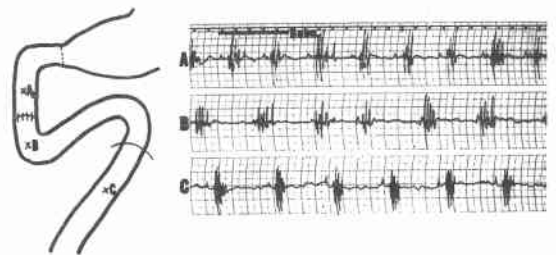


均17.6、上部空腸が17~19、平均17.8と、それぞれ各部の正常分時 spike 群発生頻数を示した(図6)。

3. 総胆管開口部より肛門側で横切吻合群

吻合線上部では17~20、平均18.4であり正常十二指腸における分時 spike 群発生頻数を示す。これに対し、吻合線下部十二指腸では12~16、平均13.7であり、上部に対し平均25.5%その頻数が減少する。また同時に導出した上部空腸の分時 spike 群発生頻数は12~16、平均13.6であり、吻合線下部十二指腸の頻数とほぼ一致すると同時に、正常上部空腸の頻数より著明な減少を示した。すなわち吻合線下部十二指腸、上部空腸とともに頻数が減少するが、吻合線上部は正常頻数を維持した(図7)。

図7 総胆管開口部より肛門側十二指腸において横切端々吻合

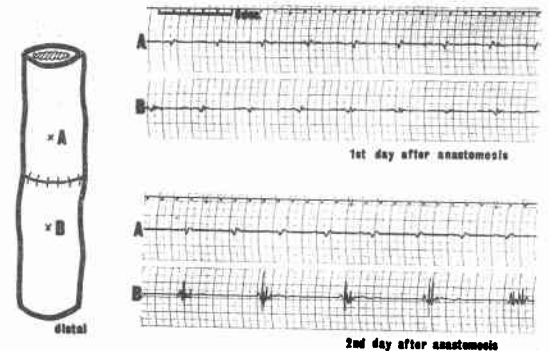


4. 上部空腸横切吻合群

この群において、より詳細に横切吻合後の経時的変動を追求した。

術直後から規則正しく、いわゆる slow wave が導出され、術翌日までは吻合線上下とも slow wave のみが導出された。術後2~3日目にはじめて spike wave が出現する(図8)。spike wave の出現時期に関して、吻合線上下で有意差はなく、さらに吻合線から約10cm離れた部位でも有意差はない。この時期から、いわゆるリズム

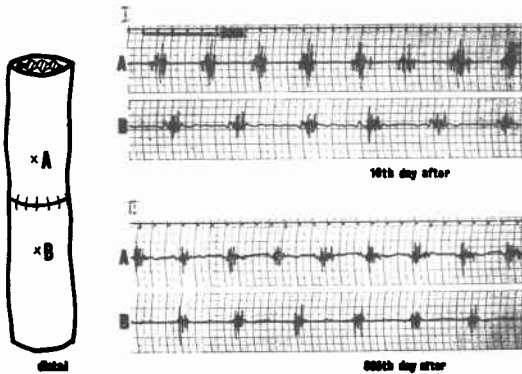
図8 上部空腸において横切吻合後、吻合線上下の活動電位(上:術直後、下:第2日目)



の乱れは認めないが、まだ筋電図上 spike 群の出現は少なく、slow wave が多い。また spike 数も少ない。その後次第に spike wave の出現は多くなるが、術後10日以内は吻合線上下の分時 spike 群発生頻度も対照より少なく、吻合線上部が12~16、平均14.2であり、吻合線下部においては10~13、平均12.1である。すなわち術後早期から、吻合線上部に対し下部の頻度が少ない。

術後約10日を境にして、吻合線上部はほぼ正常の放電様式を示し、分時 spike 群発生頻度も約18と正常に回復する。一方、吻合線下部もその頻数を増してくるが約14/分で吻合線上下の分時 spike 群発生頻度は明らかに異なる(図9, I)。

図9 上部空腸において横切吻合後10日目(I)および865日目(II)の吻合線上下活動電位



その後、約2年6カ月にわたり観察したが、術後10日以後は変化を認めず、吻合線上部が正常頻数を示すのに対し、下部ではそれより約4/分少ない頻数のままで、吻合線上下のリズムの一致は認められない(図9, II)。

術後10日以降、2年6カ月までの間に導出した吻合線上部の分時 spike 群発生頻度は16~21、平均17.5であり、吻合線下部では12~16、平均13.4で吻合線上部より平均値において23.4%少ない頻数を示した。

5. 上部空腸で3カ所横切吻合した群

最上位吻合線より口側は約18/分で正常の上部空腸分時 spike 群発生頻数を示すが、この吻合線より下位肛門側はそれより約4/分少ない頻数であり、以下、肛門側部分に追加した横切吻合線をはさんだ上下は同頻数を示した。すなわち肛門側に追加した横切吻合の影響は認められず、上下でリズムの一致をみた(図10, 11)。

6. 下部回腸横切吻合群

吻合線上部の分時 spike 群発生頻度は11~15、平均13.3であり、下部回腸における正常頻数を示す。一方、吻合線下部では9~15、平均10.5であり、上部に対し平

図10 上部空腸において5cm間隔に3カ所横切吻合

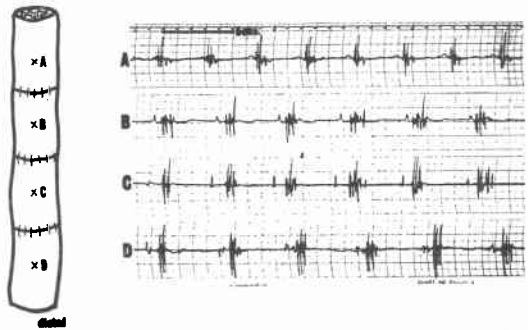


図11

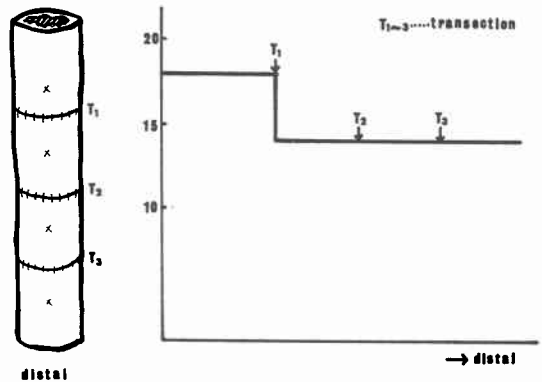
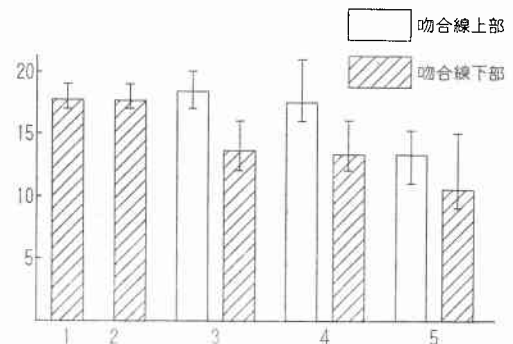


図12 小腸各部で横切吻合後、吻合線上下の分時 spike, 群発生頻数

- 1. 幽門輪切除
- 2. 総胆管開口部より口側十二指腸
- 3. 総胆管開口部より肛門側十二指腸
- 4. 上部空腸
- 5. 下部回腸



均値において21.1%少ない頻数である。

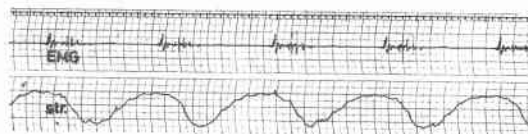
以上の各実験により横切部位を変えてみると総胆管開口部より口側で横切吻合を行った場合には横切下部における律動頻数の減少はなく総胆管開口部より肛門側で横切吻合を行うと何れの部分であつても横切下部腸管の律動頻数の減少することが認められた(図12)。

## 7. 胃活動電位とストレインゲージ機械曲線の同時記録

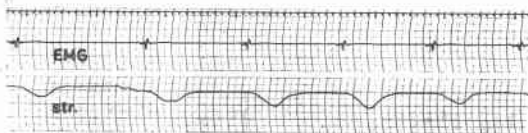
われわれの使用したストレインゲージ機械曲線記録装置では、長軸方向にストレインゲージが短縮した際、すなわち胃の収縮運動時にはその曲線は下降するように描写される。

この方法で活動電位と同時記録すれば、小腸において活動電位とバルーン法による内圧機械曲線の同時記録をした場合<sup>7)</sup>とはほぼ同じ結果が得られた。すなわち、spike 群発生頻数は胃律動収縮頻数と一致している。小腸においては、われわれの呼称している slow wave のみが導出される時には律動収縮を認めなかつたが、胃ではわれわれの呼称する slow wave のみが導出される際にも一致して機械曲線が描写された(図13)。

図13 胃活動電位とストレインゲージ機械曲線  
活動電位 spike 群とストレインゲージ機械曲線



いわゆる slow wave とストレインゲージ機械曲線



## 考 按

### 1. 消化管における活動電位について

消化管平滑筋の運動を電気生理学的に捉える方法は Alvarez and Mahoney<sup>1)</sup> によつて始まり、その後 Bozler<sup>2)~4)</sup> が spike potential と slow potential の存在することを発表して以来、急速に進展した。しかし得られた筋電図から消化管運動のすべてを説明するにはなお多くの問題がある。活動電位の導出方法も研究者によつて異なり、また slow wave を指標にするか、spike wave を指標にするかでその解釈も異なる。

平滑筋活動電位の導出方法としては細胞内導出法と細胞外導出法がある。われわれは銀針双極電極による細胞外導出法を用いている。細胞外導出法は組織単位の活動電位を示していると思われ、細胞内導出法と比較して、技術的に容易であり、実験条件の制約が少ない利点があるため生体環境下の運動を捉えるには好都合である。さらにわれわれは埋没電極法を採用することにより、導出時再開腹していた従来の方とくらべ、より生体環境下

の運動を捉えることができ、一段と活動電位が導出しやすくなつた。

今日、slow wave は腸管の収縮を規定するものである<sup>5)</sup>といわれ basic electrical rhythm (BER), pacesetter potential (PP), initial potential, control activity などとよばれている。これに対し spike wave は腸管収縮を示す活動電位であると考えられている。

われわれの用いた活動電位導出方法でも、明らかに2種類の波形を認めることができる。すなわち術後早期にはそのほとんどがいわゆる slow wave である。市川<sup>6)</sup>によれば双極導出の場合、slow wave の形は電極間の距離、電極間を伝播する興奮の均等、不均等、興奮する巾などによつて異なり、この slow wave は活動電位の slow component のことで、本当の意味での slow wave とは異なるものであり、真の slow wave を見るには単極導出が望ましいとのべている。こうしてみるとわれわれの得た slow wave は真の slow wave とはいえないかも知れない。著者は小腸において、活動電位とバルーン法による機械曲線の同時記録、また肉眼的観察により、われわれの呼称している slow wave 導出時には腸管の律動収縮は認められないが、spike wave の出現するときは明らかに腸管律動収縮を認めること、および spike 群発生頻数は腸管律動収縮頻数と一致することをすでに報告した<sup>7)</sup>。さらに今回は胃において長軸方向の運動を捉える strain gauge による機械曲線と、同部からの活動電位を同時記録して、小腸におけるバルーン法の実験とはほぼ同じ成績を得た。本装置は strain gauge を使用したフォーストランスデューサであり、フォーストランスデューサは金属ストリップにフォイルゲージが接着してあつて、力が作用することによつて生じる歪を電氣的出力として検出するものである。

strain gauge 法は胃の任意部位に漿膜面から固定して機械曲線を記録し、消化管壁の一部からその運動を捉え、バルーン法が消化管内腔から全周の運動を捉えるのと異なる。当然バルーン法のごとく粘膜面からの刺激は与えない。またバルーン法は導出部位の固定が蠕動運動のため困難であるが strain gauge は確実に固定される。したがつて胃のように内腔の大きな器管の運動観察には好都合である。

活動電位と同一横軸上で strain gauge 機械曲線を同時記録すれば、spike wave の出現とほぼ同時に、胃の収縮運動が開始されることは先にのべた。しかし spike 群の大きさと、strain gauge 機械曲線の収縮力との相関関係を定量的に測定することはまだ困難である。

小腸における観察ではわれわれの呼称している slow

wave のみが導出される時は、肉眼的観察、バルーン法による機械曲線ともに腸管律動収縮運動を捉えることができなかつたが、胃では slow wave のみが導出される際も、strain gauge 機械曲線は一致した変化を捉えている。このことは小腸における観察方法が充分でなかつたものか、また胃と小腸の slow wave が異質のものであるのかも考えられるが、今後さらに検討したい。

いずれにしてもわれわれの導出している活動電位 spike 群は腸管の収縮運動を捉えていることは間違いのない事実であるが、得られた筋電図から腸運動を定量的に規定するまでには到っていない。したがって、主に spike 群発生頻度を筋電図観察上の指標として検討した。

## 2. 小腸運動について

従来より小腸の運動には振り運動、蠕動運動と分節運動があるといわれている。小腸運動（とくに蠕動運動）は上部小腸で発生し、下位へ伝播するものと考えられ、その運動の発生場所として福原<sup>9)</sup>は十二指腸幽門の直尾側であるとのべ、また筋電図の slow wave 頻数による研究で Milton<sup>9)</sup> は総胆管開口部近辺を、正務<sup>10)</sup> は広く十二指腸を、さらに木下<sup>11)</sup> は総胆管開口部より口側の十二指腸を指摘している。柴田<sup>7)</sup> は spike wave を指標とした観察で、幽門輪と総胆管開口部間の十二指腸領域が何らかの関係があることを示唆している。

## 3. 横切端々吻合後の腸管運動

横切吻合という外科的操作で、上位から伝播されてきた興奮は conduction block の状態となると考えられ、本邦では主として吻合線部における蠕動輪の移行、あるいは興奮伝播ということに主眼をおいて研究されたものが多い。

東田<sup>12)</sup> はウサギの小腸横切後、端々および側々吻合して、内容物を吻合腸管に注入すると、吻合直後でも蠕動波は滑らかに吻合部を口側から肛門側へ伝播すると報告した。これに対し、田北<sup>13)</sup>、久米川<sup>14)</sup> は端々吻合後、超生実験と映画記録により観察し、術後1週間は緊張異常に基づく局所的機能的不通症の状態であり、術後2～3週間を過ぎれば吻合線上下に各々別個に活発な運動がみられ、2カ月を経過すれば吻合線上下の蠕動輪は円滑に吻合線を越えて下部腸管に伝播され、吻合線上下両腸管は全く正常な運動を営むと報告した。筋電図学的には栗津<sup>15)</sup>、西垣<sup>16)</sup> が術後4週間で吻合線上下のリズムは一致して正常に回復すると報告し、ついで辻村<sup>17)</sup> は術後2カ月で、玉真<sup>18)</sup> は2～4カ月で完全に正常に回復すると報告している。田北<sup>13)</sup> によれば腸腸端々吻合の厳密なる意味における癒合とは組織所見、とくに神経連絡の

存在と、吻合線上下にある腸管の収縮リズムが完全に一致する状態、いかえれば吻合線を越える蠕動輪の直接伝播の事実をもつて完全治癒と判定することができるのとべている。藤岡<sup>20)</sup> は腸管吻合創を病理組織学的に観察して、腸全層にわたる吻合創の治癒には術後2カ月を要し、さらに術後6週を経過すれば両腸端の壁内神経は再生して、吻合部結合織を貫通して両腸端間を連絡するとのべ、一定期間後には吻合線における conduction block の状態が解除され、吻合線上下で興奮が同期すると説明している。このように本邦では術後2～4カ月で吻合線上下腸端のリズムは一致して完全に治癒するという報告が多い。

一方、Douglas<sup>21)</sup> は横切吻合後、吻合線下部の律動収縮頻度は対照と比較して3.4～5.4/分減少することを肉眼的に認め、さらに術後9カ月を経過しても、もとの頻数には回復しないと報告している。筋電図学的には slow wave の吻合線上下における頻数を比較検討した報告<sup>9)10)22)23)29)</sup> がみられ、吻合線上部の slow wave 頻数は正常頻数を維持するが、吻合線下部はそれより3.5～6.2/分頻数が減少することを指摘している。さらにMilton<sup>9)</sup> は2カ月間、Code<sup>29)</sup> は3カ月間、正務<sup>30)</sup> は5年間にわたり観察しているが、減少した吻合線下部の頻数は正常に回復することなく、吻合線上下の頻数は一致しないと報告している。

われわれが上部空腸において横切吻合後、経時的に導出した活動電位では術翌日はいわゆる slow wave のみが記録され、2～3日目にはじめて spike 群が導出された。この時期から著明なリズムの乱れは認められず、さらに早期には吻合線上下の分時 spike 群発生頻数は正常頻数より少なく、spike の振幅も小さい。また筋電図上 slow wave が多く、spike 群の出現は少ない。しかし次第に spike 群の出現が多くなるに従い、spike 数、spike の振幅も正常に近づき、術後約10日で吻合線上部の分時 spike 群発生頻数は正常頻数を示し、筋電図学的に吻合線上部は正常上部空腸の放電様式を示した。一方、吻合線下部では個々の spike 群の形態はほぼ正常であるが、その分時 spike 群発生頻数は上部に対し約4/分少ない。この所見は2年6カ月後でも、術後10日以後の所見と同様であり吻合線上部に対し、吻合線下部では平均値で23.4%少く、ほぼ永久に正常頻数に回復することはないと推察される。

筋電図学的観察のみで吻合後の腸管の回復状態をすべて説明することはできないが、明らかな腸管律動収縮運動は術後2～3日目にはじまることを示し、腸内容の輸送が開始されるといえる。手術侵襲の程度などにもよる

が、腸吻合後の臨床的腸雑音の聴取時期ともほぼ一致する所見である。その後、術後約10日間は機能的低下が明らかであるが、約10日を境にして吻合線上部が正常の放電様式を示すことは約10日で吻合部腸管はほぼ手術侵襲から回復すると考えることができる。しかし、その後2年以上にわたり観察したが、吻合線下部の減少した律動頻数は正常頻数に回復しないことから、運動機能の面から考えると理論的には完全な回復はほぼ永久に望めないことを意味している。

小腸端々吻合後の術後早期における筋電図学的研究で、辻村<sup>17)</sup>は術後3日では spike burst は認めず、約1週で spike 群は正常に近い形態を示すが発生周期は全く不規則で、局所的機能的不通状態が残存するとのべ、田北<sup>18)</sup>、久米川<sup>14)</sup>の観察とほぼ一致した報告をしている。玉真<sup>19)</sup>は吻合部腸管の強硬度については術後約1週間で正常に復するとのべ一方、筋電図学的には術後1週間では spike burst は全く不規則で spike 数も少ないとのべている。われわれの筋電図学的観察がこれらの報告と異なつたのは、活動電位の導出方法、すなわちわれわれは in situ の状態で活動電位を導出したことにもよると考えられる。

吻合線下部が正常頻数に回復しないこと、あるいは吻合線上下で律動収縮頻数が異なることの臨床的意義については今後さらに検討を加える必要があるが、筋電図学的立場でみると、吻合線下部における腸内容輸送力の低下と結びつけたくなる。しかし律動収縮頻数の減少が直ちに腸運動の減弱につらなるものと断定することは危険であると思われる。また仮に、吻合線下部で腸運動が23.4%減少するという事実をもつてしても、これは生理的許容範囲にあるのかも知れず、また何らかの形で代償されることも想定しなければならぬ。少なくとも臨床的にみた場合には注目すべき所見の少ないことも事実である。

#### 4. 小腸各部の律動収縮頻数構成機構

上部空腸において約5 cm間隔に2~3カ所横切吻合した際には最口側吻合線をはさんだ上下では律動収縮頻数の差が著明であるが、それ以下の吻合線上下では同頻数を示す(図10, 11)。このことから最口側吻合線において上位口側から伝播されてきた刺激が block されたと容易に考えることができる。木下<sup>14)</sup>は slow wave を指標とした観察で同様の結果を認めている。

今日まで考えられているように、横切吻合線において、上位口側から伝播されてきた蠕動波が conduction block の状態となるならば、吻合線以下の蠕動運動はどこから発生するものであろうか。正務<sup>10)</sup>は slow wave

を、柴田<sup>7)</sup>は spike wave を指標にした筋電図学的観察で、小腸各部位には intrinsic に律動収縮を営む機構が存在し、さらに十二指腸から発し、intrinsic な律動頻数を加数するように働く刺激の両者によつて小腸各部の律動頻数は構成されると推定した。そこで横切吻合を行うと、十二指腸から発し、intrinsic な律動頻数を加数するように作用する刺激が block され、吻合線以下は intrinsic な律動収縮機構のみで収縮するため、その頻数は減少すると説明される。さらに intrinsic な律動頻数を加数するように働く刺激の発生場所が今日までいわれてきた小腸のいわゆる pace making area であろうと推察される。したがつて摘出腸を用いて吻合線上下の律動収縮運動を観察する場合は、摘出のための横切が図10, 11にみる最口側切除線となり、それ以下のintrinsic な収縮運動のみの観察となるため吻合線上下でそのリズムは一致するといえる。

ところで intrinsic な律動収縮頻数を加数するように働く刺激はどこから、どのような経路で下位腸管に伝播するものであろうか。

さききのべた成績のごとく総胆管開口部より肛門側十二指腸で横切吻合すると、吻合線上部は十二指腸の正常頻数を示すが、吻合線下部ではそれより平均値で25.5%減少し、パターンとしては上部空腸における横切吻合の際と同じである。しかし、総胆管開口部より口側十二指腸で横切吻合した際、および幽門輪切除後、胃十二指腸を端々吻合した際は吻合線下部も正常頻数を示す。すなわち幽門輪より総胆管開口部に致る間の十二指腸が intrinsic な収縮頻数を加数するように働く刺激の発生場所ではないかと考えられる。

同様なことを Milton<sup>9)</sup> は slow wave を指標にして観察し、slow wave の pace maker は総胆管開口部近辺の十二指腸であろうと推定した。さらに正務<sup>10)</sup>は広く十二指腸全域を、木下<sup>14)</sup>はわれわれとほぼ同じ結論を報告している。今日 slow wave 頻数と spike 群発生頻数の関係は明らかにされていないが、多くの実験成績を通覧するとほぼ一致するような印象を受ける。

この刺激の伝播系路について柴田<sup>7)</sup>は縦走筋層を推察したが、slow wave による観察で木下<sup>14)</sup>、正務<sup>10)</sup>も同じような考え方を結論として報告している。

上部空腸横切端々吻合後、この上位十二指腸からの刺激は吻合線において block され、ほぼ永久的に吻合線下部へ伝播しないことは、この刺激の伝播系路は端々吻合によつても吻合線上下を連絡しない組織であろうと考えられる。

吻合部の病理組織学的研究をみても、粘膜、壁内神

経、漿膜は再生して吻合線上下を連絡するが、筋層の再生、連絡は認められない<sup>20)30)</sup>。

また下部回腸で横切吻合した際も、吻合線上部は正常頻数を示すのに対し、吻合線下部はそれより平均値において21.1%減少したことから、この刺激は下部回腸まで到達、作用するものであると考えられる。

一方、intrinsic な律動頻数についてみると、総胆管開口部より肛門側十二指腸と、上部空腸においてはほぼ同数であるが、下部回腸ではそれより少ない成績が得られた。

Alvarez<sup>32)33)</sup> がウサギの摘出小腸分節、および生体内腸管の律動収縮頻数を観察して、十二指腸で最も多く、回腸末端へ向うにしたがつて漸減するという、いわゆる gradient theory を発表して以来、この成因に関して未だ定説はないが多くの追試、研究が報告されている<sup>34)~38)</sup>。

われわれもこれまでの成績から、小腸各部の律動収縮頻数は小腸各部の intrinsic な頻数と、これを加数するように働く刺激が幽門輪と総胆管開口部間の十二指腸から発し、縦走筋層を介して下位へ伝播し intrinsic な頻数を加数するように働く。この両者によつて小腸運動が構成されていると推察しているが、理論的にはいわゆる gradient theory を説明できるのではないかと思う。

### 結 語

1. 雑種成犬の小腸各部で横切、端々吻合して、術後の腸管運動を筋電図学的に検討した。

2. 上部空腸において横切端々吻合後、吻合線上下の運動を経時的に観察すると、術後2~3日目に吻合線上下腸管は明らかな律動収縮をはじめる。術後約10日で、吻合線上部はほぼ正常運動を示す。一方、吻合線下部は上部より約4/分少ない律動頻数を示し、その後経時的に2年6カ月間観察したが正常頻数に回復しない。換言すれば、吻合線上下の律動頻数はほぼ永久に一致しないと思われる。

3. 十二指腸各部、上部空腸、および下部回腸において横切端々吻合後、吻合線上下の律動収縮頻数を検討した。

幽門輪と総胆管開口部間の十二指腸で横切吻合した際は吻合線下部も正常十二指腸の分時律動収縮頻数を示す。

総胆管開口部より肛門側十二指腸で横切端々吻合すれば、吻合線上部は正常十二指腸の頻数を示すのに対し、吻合線下部では平均値において上部より25.5%減少した。

上部空腸においては吻合線上部が正常頻数を示すのに

対し、吻合線下部は平均値において、それより23.4%少ない律動頻数である。

下部回腸においても同様に吻合線上部は下部回腸の正常頻数を示すのに対し、吻合線下部は平均値において上部より21.1%減少した。

4. 上部空腸において5cm間隔に3カ所横切吻合すれば、最口側吻合線より口側は正常頻数を示し、以下肛門側はそれより約4/分少ない頻数を維持して第2、第3の吻合線上下の律動頻数は一致する。

5. 胃において活動電位とストレージによる機械曲線を同一部位から、同時記録した。胃の活動電位と同期した機械曲線が得られ、胃からの活動電位は胃の律動収縮運動を示していることを確認した。

稿を終るにあたり、ご指導、ご校閲を賜わつた粟津三郎教授、継行男助教授に深甚なる感謝を捧げるとともに、ご指導、ご協力を戴いた竜礼之助博士、小沢哲郎博士に深く感謝する。

なお、本論文の要旨は第15回日本平滑筋学会総会（鳥羽）、第4回日本消化器外科学会大会（秋田）、第74回日本外科学会総会（東京）において発表した。

### 文 献

- 1) Alvarez, W.C. and Mahoney, L.T.: Action currents in stomach and intestine. *Am. J. Physiol.*, 58, 476—493, 1921.
- 2) Bozler, E.: Electric stimulation and conduction in smooth muscle. *Am. J. Physiol.*, 122, 614—623, 1938.
- 3) Bozler, E.: Electrophysiological studies on the motility of the gastrointestinal tract. *Am. J. Physiol.*, 144, 693—700, 1945.
- 4) Bozler, E.: The relation of action potentials to mechanical activity in intestinal muscle. *Am. J. Physiol.*, 144, 496—501, 1946.
- 5) Holaday, D.A., et al.: Electrical activity of the small intestine with special reference to the origin of rhythmicity. *Am. J. Physiol.*, 195, 505—515, 1958.
- 6) 市川三太: 消化管を中心とした平滑筋の slow wave について, 日平滑筋誌, 8, 16—31, 1972.
- 7) 柴田族光: 小腸運動機構に関する実験的研究, 日平滑筋誌, 9, 187—199, 1973.
- 8) 福原 武: 消化管の正常運動, 北越医学会誌, 58, 296—313, 1943.
- 9) Milton, G.W. and Smith, A.W.M.: The pacemaking area of the duodenum. *J. Physiol.*, 132, 100—114, 1956.
- 10) 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.
- 11) 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.



- 12) 東田 巖：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.
- 13) 田北周平ら：小腸端々吻合術後の腸運動機能，日新医学，40，84—89，1953.
- 14) 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.
- 15) 栗津三郎ら：胃腸手術後の筋電図学的変化について，臨消，8，623—627，1960.
- 16) 西垣戸和雄：逆蠕動及び順蠕動回性腸側々吻合に於ける筋電図学的変化について，日消会誌，57，459—469，1960.
- 17) 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，日平滑筋誌，1，30—41，1965.
- 18) 玉真捷二：小腸吻合後の機能に関する実験的研究，日平滑筋誌，7，184—199，1971.
- 19) 田北周平ら：食道下端に於ける吻合口機能の研究，臨床と研究，36，772—779，1957.
- 20) 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.
- 21) Douglas, D.M.: The decrease in frequency of contraction of the jejunum after transprantation to the ileum. *J. Physiol.*, 110, 66—75, 1949.
- 22) Daniel, E.E., et al.: Electrical activity of small intestine. *Gastroenterology*, 37, 268—281, 1959.
- 23) Bunker, C.E. and Nelsen, T.S.: The use of the electroenterogram to determine pacemaker activity of the small intestine. *Surg. Forum.*, 15, 293, 1964.
- 24) Bunker, C.E., et al.: Chronic in situ studies of the electrical activity. *Arch. Surg.*, 95, 259—268, 1967.
- 25) Bass, P., et al.: Effects of ligation and morphine on electric and motor activity of dog duodenum. *Am. J. Physiol.*, 208, 908—913, 1965.
- 26) Bass, P. and Wiley, J.N.: Electrical and extraluminal contractile force activity of the duodenum of the dog. *Am. J. Dig. Dis.*, 10, 183—200, 1965.
- 27) McCoy, E.J. and Baker, R.D.: Intestinal slow waves: effect of transection on propagation velocity. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 129, 562—563, 1968.
- 28) Nicholas, E., et al.: Effects of transection on the intestinal slow wave frequency-gradient. *Am. J. Physiol.*, 216, 734—743, 1969.
- 29) Code, C.F. and Szurzewski, J.H.: The effect of duodenal and mid small bowel transection on the frequency gradient of the pacesetter potential in the canine small intestine. *J. Physiol.*, 207, 281—289, 1970.
- 30) 正務秀彦ら：小腸の基本的電気律動と胃全剝後の消化管再建法との関係についての実験的研究，日外会誌，75，臨時号，49，1974.
- 31) 柴田族光：小腸運動機構に関する実験的研究，日平滑筋誌，9，109—122，1973.
- 32) Alvarez, W.C.: Functinal variations in contractions of different parts of the small intestine. *Am. J. Physiol.*, 35, 177—193, 1914.
- 33) Alvarez, W.C.: Further studies on intestinal rhythm. *Am. J. Physiol.*, 37, 267—281, 1915.
- 34) Daniel, E.E., et al.: Electrical activity of the small intestine. *Gastroenterology*, 37, 268—281, 1959.
- 35) Maslennikova, L.D.: On the relation between the motor function of the intestine and the gradient of its nervous elements. *Bul. exp. Biol. Med.*, 52, 972—976, 1962.
- 36) Nicholas, E., et al.: Nature of the intestinal slow wave frequency gradient. *Am. J. Physiol.*, 216, 301—302, 1969.
- 37) 祢屋俊昭：イヌの小腸の律動収縮の頻数勾配の成因について，日平滑筋誌，7，76—82，1971.
- 38) Nelsen, T.S.: A theory of integrated gastrointestinal motor activity based on the chain oscillator model. *Am. J. Dig. Dis.*, 16, 543—547, 1971.
- 39) 吉井 勇：消化管吻合部治癒機転に関する解剖学的研究，日大医誌，35，1—6，1968.