

食道再建用胃管の運動機能, 特に筋電図よりみた 幽門部輪状切開術の効果についての実験的研究

滋賀医科大学第1外科

梅原 秀樹 大同禮次郎 恵谷 敏
谷奥 卓郎 岡本 寅司

EXPERIMENTAL STUDIES OF MOTOR FUNCTION OF SLIM GASTRIC TUBE FOR ESOPHAGOPLASTY, ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF ANNULAR MYOTOMIES AT PREPYLORIC REGION

Hideki UMEHARA, Rejiro DAIDO, Satoshi ETANI, Takuo TANIOKU
and Torashi OKAMOTO

Shiga University of Medical Science, School of Medicine, 1st Department of Surgery

食道再建用大弯側胃管の延長と幽門ドレナージ効果を目的として、幽門前庭部に漿膜筋層輪状切開を付加する方法を考案し、雑種成犬を用い、術直後より3カ月にわたり、筋電図学的基礎的検討を加えた。すなわち筋電図的には脱神経胃の胃体下部から幽門前庭部においては異所性の異常放電や逆蠕動性 BER が高頻度に認められ、幽門部の収縮圧も高値を示したが、輪状切開を付加すると、切開より肛側の BER の発生頻度は激減し、幽門部は電氣的に静的な状態となり、その収縮圧も著明に低下する。また固形食としてのレヂンペレットを用いた胃管よりの排出能は輪切によって促進される。

われわれの漿膜筋層輪状切開は幽門形成術として十分なドレナージ効果がえられることを実験的に証明した。

索引用語：大弯側形成胃管，幽門前庭部漿膜筋層輪状切開術，筋電図，Basic electric rhythm (BER)

I はじめに

経中心静脈高カロリー輸液や成分栄養をはじめとした術前術後の栄養管理などの進歩とあいまって、食道癌患者の手術適応も拡大され、同時に手術成績の著しい向上を見るようになった。食道の一次的切除後の胃による再建術には、全胃を用いる場合と小弯側切離を行った大弯側胃管を用いる場合とがある。そして大弯側胃管を用いる方法には、逆蠕動性と順蠕動性の再建法があり、逆蠕動性胃管としては、Beck & Carrell (1905) がはじめて実験的に行い、その後 Jianu (1912), Garvilliu (1951) らの研究に続き、Heimlich (1955) によって確立され臨床に應用されたようである¹⁾。また一方、順蠕動性胃管に関しては、Mes (1948)²⁾ によってはじめて報告されたが、本邦でも内山³⁾らが、後縦隔順蠕動性胃管形成法と

して発表した。

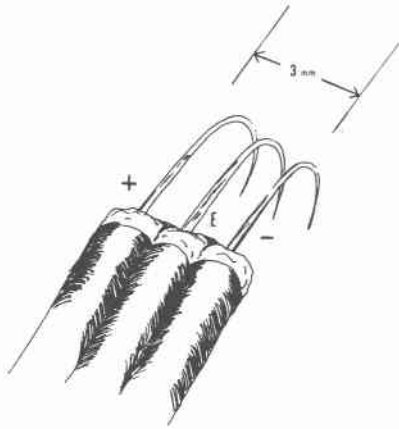
われわれも、1973年より順蠕動性大弯側形成胃管による再建法を試みているが、全胃が良いか細い胃管が良いかは、その血行、通過状態などより諸家により異論の多いところである。しかし食道癌で比較的転移の多い小弯側リンパ節群を小弯とともに広く切除した細い胃管を使用するわれわれの方法も合目的であると考えられる。細い胃管の使用に当っては挙上胃管先端部の血行障害と幽門ドレナージのための Heineke-Mikulicz's pyloroplasty による胃管の短縮などが問題となる。そこで、幽門形成術の代りに胃前庭部漿膜筋層に2~3条の輪状切開(以下輪切)を加えて、脱神経胃における幽門部の異常収縮の防止と胃管延長を兼ね、また一部の血管結紮による挙上胃管先端部の血行改善法などを考案した。今回はとくに輪

切によるドレナージの効果についての実験的成績を報告する。

II 実験方法

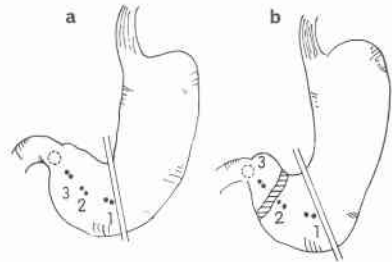
10kg~15kgの雑種成犬を用い、ウレタン20mg/15kg, α -クロラローゼ20mg/kgの混合静脈麻酔下に開腹し、以下のごときいろいろの外科的処置群を作製した後に、自家製電極を胃漿膜面より刺入して筋電図を導出し、同時に幽門引き抜き圧、幽門収縮圧をも記録した。また各群ともに術直後より1週間、2週間、1カ月、3カ月まで検索した。電極には図1のごとく、市販つり針を用いて双極電極とし、極間は3mmでその中間に接地電極を置き3本のつり針が等間隔で並ぶように設計試作した。電極の絶縁には、カシュー塗料を使用し、極間の抵抗は約30K Ω になるようにした。

図1 極間は3mmで、中間に接地電極がくるように設計した。絶縁にはカシュー塗料を用いた。



電極の装着部位は各実験群において幽門よりそれぞれ1.0cm, 3.0cm, 10.0cmの大弯側に装着し、特に縫合固定などは行わなかった。さらに引抜き圧、収縮圧測定にはオープンチップ法の代りにすべてバルン法で行った。バルンは太さ8mm, 長さ1.5cm, 内容1.0mlの円柱形のバルンを使用し、幽門よりなるべく遠くはなれた十二指腸に切開を加え、幽門輪を越えて胃前庭部まで挿入して引き抜き圧および幽門部収縮圧を測定記録した。筋電図導出は、三栄測器製増幅器 Type 1205C を用い、時定数は0.1~0.3秒を使用した。圧測定も同社製低圧用トランスジューサー、圧用増幅器 Type 1212 B を使用し、筋電図、圧ともにペン書オシロスコープで同時記録した。

図2 胃角部横切離。●印は、双極電極1, 2, 3の設置部位で、幽門より10cm, 3cm, 1cmとした。○印は、圧用バルーン、aは輪切付加前、bは輪切付加後



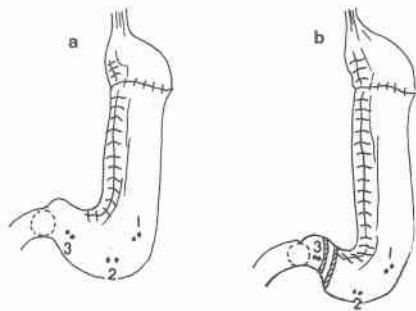
1. 胃横切離群

胃角部で周囲血管および迷走神経を含めて図2-a, bのごとく完全に胃を横切離し、肛側残胃の幽門前庭部筋電図導出、幽門引き抜き圧測定を行った。測定後、幽門より1.5cm, 2cm 口側に、胃の全周にわたり輪切を付加し、輪切後も前回同様の測定を行って比較検討した。

2. 大弯側胃管群

順蠕動性大弯側胃管の作成は、図3-a, bの如く噴門部直下で胃を切離し、幽門輪から小弯側へ3.0cmの部位より大弯側幅約3.5cm 残して小弯側切除を行なって、順蠕動性胃管を作成した。この胃管と噴門部口側断

図3 大弯側胃管。●印は、電極1, 2, 3, ○印は圧用バルーン、aは輪切無付加胃管、bは輪切付加胃管



端と吻合し、胃管幽門前庭部に輪切を加えた群と加えない群とを、術直後より術後3カ月まで筋電図導出、幽門収縮圧などを測定して比較検討した。

3. 胃管よりの排出能

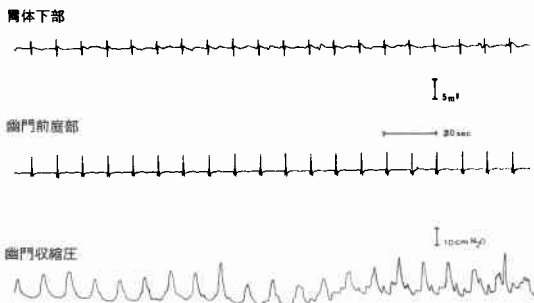
前述の大弯側胃管実験犬の術後3カ月における輪切無付加胃管と、輪切付加胃管の排出能を比較した。すなわち50コの長さ3mm, 直径1mmの円筒状レ線不透過のレ

ジンベレットを市販ドッグフード50g に混ぜて摂取せしめ、両群について、摂取直後よりレ線透視下にレジンベレットの排出状態を摂取後180分まで追求した。

III 実験成績

正常犬では、胃平滑筋の電氣的興奮をあらわす Basic electric rhythm (BER) は平均3.4/min であり、BER は胃体上部より発生し、その電氣的興奮は次第に末梢側へ伝達されて幽門に終るといわれている。したがって正常胃では、図4のごとく全胃にわたって逆蠕動性BER、異常放電はほとんど認められず、BER の周期は規則正しく放電間隔の乱れなどはみられない。また幽門括約筋はBER にわずかに遅れて収縮し、その収縮圧は平均15 cmH₂O であった。

図4 正常胃筋電図および幽門収縮圧



1. 胃横切離群

胃角部での横切離群では胃体上部にあるといわれているペースメーカーよりの筋性伝播が離断部で阻止され、さらに上位電氣的中枢よりの統合が乱れるために、図5—Aのごとく正常ではほとんど認められない逆蠕動性BER の発生が多く認められた。横切離した末梢側胃での逆蠕動性 BER は約30%の頻度で出現するが、この横切離胃の前庭部に輪切を付加すると、逆蠕動性 BER の発生は抑制されて輪切より肛門側の BER、すなわち電極3のそれは、図5—Bのごとく2.0/min となった。また、輪切付加前後の幽門引き抜き圧の変動は、図6のごとく付加前では平均25cmH₂O、付加後平均15cmH₂Oと、輪切によって明らかな圧の低下が認められた。

2. 大弯側胃管群

輪切を付加しない大弯側胃管では、術直後より術後3カ月にいたるまで胃体部での BER の頻度はほとんど変化しないが、胃体下部、幽門前庭部においては異所性の異常放電が多く時には逆蠕動性 BER が認められた。BER の頻度は、術後1週間で平均3.9/min、この時の異

図5 A 横切離胃筋電図、電極3から2に向って逆蠕動性 BER が頻発している

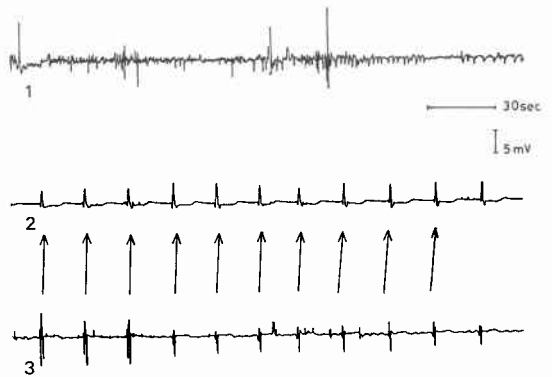


図5 B 図5 Aの横切離胃に輪切を付加すると、逆蠕動性 BER は消失し、電極3は電極2に比べ非常に静かな状態になっている。

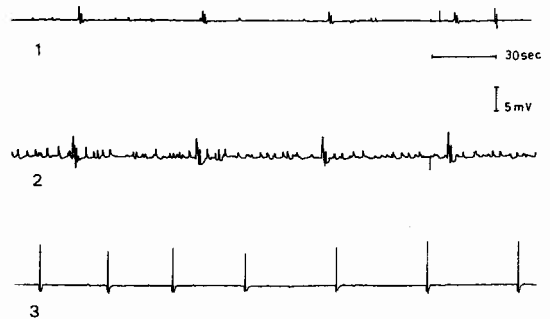
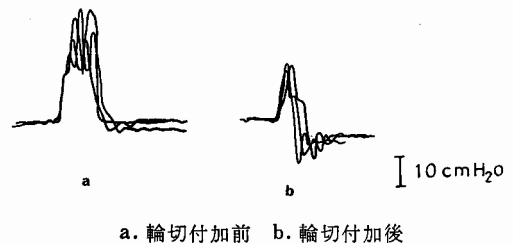


図6 横切離胃幽門引き抜き圧



常放電の頻度は平均3.7/min、最高13.4/min であった。さらに筋電図を検討すると、輪切を付加しない術後1週間の胃管では、図7—A黒丸印を中心に恰も電氣の中心が存在するごとく電極2に向っては逆蠕動性に、電極3に向っては順蠕動性に BER が発生しているのが窺われる。さらに術後3カ月の BER は図7—Bのごとく平均5.8/min、逆蠕動性 BER 28%、異常放電1.6/min、であった。BER の頻度は正常と比較して大差は認められな

図7 A 輪切無付加胃管術後1週間では電極2, 3の間に電気的中心がある如く, 電極2, 3に向けて逆蠕動性, 順蠕動性に BER が伝達されている

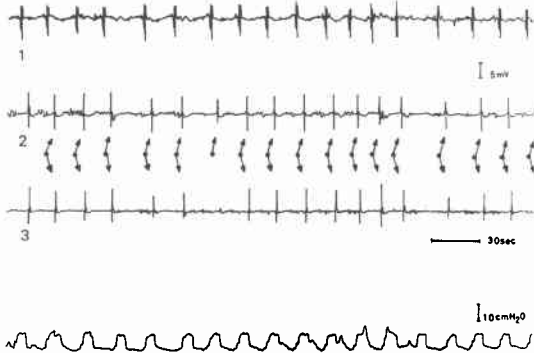


図7 B 術後3か月の輪切無付加胃管, 電極3から1に向けて逆蠕動性 BER が多発している

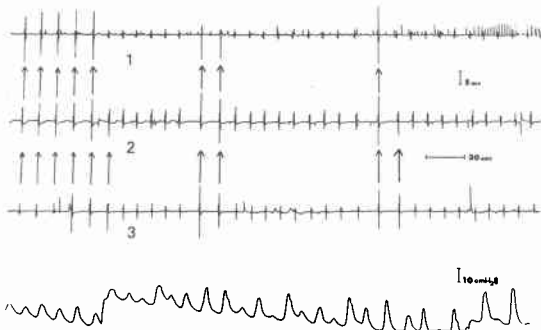
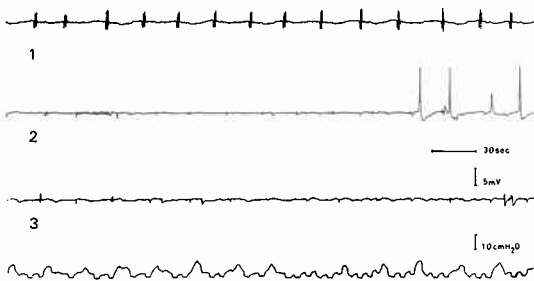
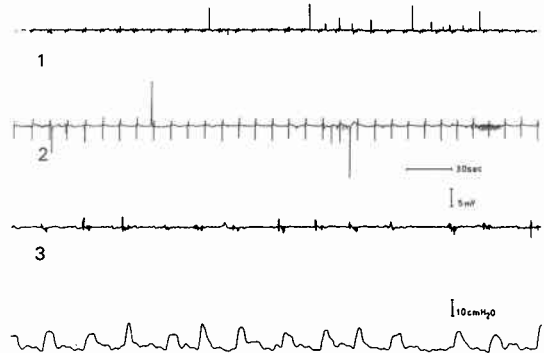


図8 胃管輪切付加直後では, 図7 A, Bでみられた異常放電, 逆蠕動作 BER はみられない。



かったが, 全経過にわたって異常放電, 逆蠕動性 BER が高頻度に認められた。幽門部の収縮圧は術後全測定期間にわたって正常より高く, 術後1週間で平均22cm H₂O, 3カ月経過してもなお平均20cmH₂O であった。ところが胃管前庭部に輪切を付加すると, 輪切付加直後では図8のごとく電極3での BER の発生頻度は著しく

図9 輪切付加胃管の術後3カ月で, 電極3は電極2に比べて BER の頻度は著しく少なく, 内圧も低い。



減少し, 電氣的に静的な状態となって幽門部の運動がおこっていないことが窺われる。同時に幽門の収縮圧も平均8.4cmH₂O と著明に低下した。すなわち輪切付加胃管では術直後より3カ月にいたるまで, 輪切より口側の BER の発生頻度は輪切を付加しない胃管と比べても大差はなくその頻度は平均4.8/min であるが, 輪切より末梢側の BER は術直後1.4/min, 術後1週間1.7/min, 3カ月0.8/min と著しく減少した。これは口側からの BER が輪切によって完全に阻止されて肛門側へは全く伝播されていないことを示唆するもので, 輪切より肛門側では異常放電などほとんど認められず, また幽門収縮圧も, 図9のごとく全経過中5~20cmH₂O で平均12.5cmH₂O であった。筋電図上より BER の頻度と幽門圧を術後1

表1 輪切附加による BER と内圧の変動

	術後 1週間				術後 3ヶ月			
	BER: / min			圧 cmH ₂ O	BER: / min			圧 cmH ₂ O
	電極 1	2	3		電極 1	2	3	
大腸形成胃管	3.9	3.9 (3.7)	3.9 (3.0)	22	5.8 (1.0)	5.8 (1.0)	5.8 (1.0) + 28%	20
大腸形成胃管 + 輪切	5.0	5.0	1.7	10	4.5	4.5	0.8	10

() は異常放電 * は逆蠕動性 BER

週間と3カ月で, 輪切無付加群, 輪切付加群別に表示すると, 表1のごとく輪切によって幽門部の逆蠕動性 BER や異常放電が激減した。また輪切による創部の治癒過程について術後3カ月経過した摘出標本では, 輪切の部分は肉眼的には癒痕状となっているが, 組織学的には写真1のごとく筋組織の再発生, 癒合など認められず, 完全に筋層の連続性は断たれているのが認められ

写真1 矢印が輪切付加位置，術後3か月

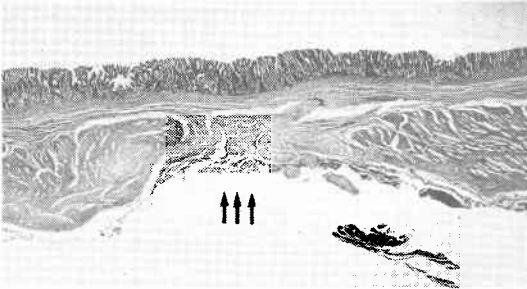
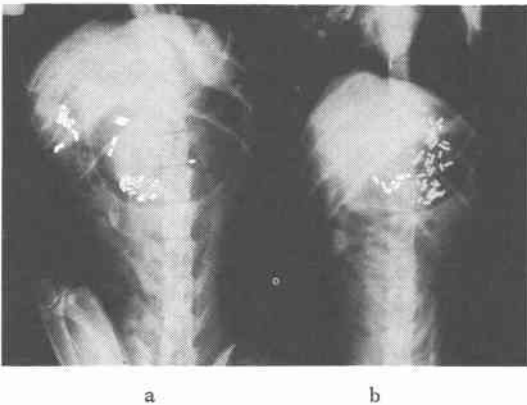


写真2 aは輪切付加胃管，bは輪切無付加胃管



た。

3. 胃管よりの排出能

Radiopaque レジンペレットによる排出能の観察には、術後3か月の実験犬を使用した。輪切付加群では、写真2-aのごとく、摂取後30分頃より少量ではあるが排出されはじめ180分では、全体の40%にあたるレジンペレットが十二指腸と小腸に排出された。しかしながら輪切を付加しない群では、写真2-bのごとく、180分経過しても50個のレジンペレットは全く排出されていなかった。

IV 考 察

食道吻合はほかの消化管に比して不全発生率が高率である。したがって吻合部に余裕のある、かつ血行のよい胃管を作製することが最も肝要であり、さらに術後は患者が十分満足して食事をしうる状態 でなければならぬ。

われわれも従来より幽門ドレナージには効果が確実で、手術手技が簡便であるという理由より Heineke-Mikulicz 法を行ってきたが、挙上胃管に併用すると、

胃管が約2~3cm 短縮する致命的な欠陥が生じてしばしば躊躇することがあった。Heineke-Mikulicz 幽門形成術の欠点を改善しようといろいろの検討を重ねた結果、胃管の延長がえられ、幽門ドレナージ効果も十分な幽門前庭部漿膜筋層輪状切開術を考案した。

一般に幽門部の収縮は、胃体上部あるいは噴門部付近に存在する Pace-Maker から発生する徐波によって、胃前庭部との協調運動としておけるといわれているので⁴⁾、幽門直前でその筋組織を切断して協調運動をブロックすると幽門筋の収縮は抑制されるであろうと考えた。したがって迷走神経切断や、近位胃切除、小弯側切除によっておこる正常の胃平滑筋の電氣的伝達現象の乱れ、すなわち異常放電や逆蠕動性 BER は幽門前庭部での輪切で阻止される。犬胃における BER の発生頻度は、岡田⁹⁾は約17秒に1回、桑島¹⁰⁾らは10.8sec~13.7secに1回、Bass¹¹⁾は4.5cycles/min であると報告しているので、われわれの平均3.4/min とほぼ同程度である。そして正常犬胃では平滑筋の電氣的活動は非常に安定して BER も規則正しく発生し、電氣的活動の乱れも容易に規則正しい調律に復帰するのが常である。しかしながら迷走神経切断や胃切除など、胃にいろいろの操作を加えた時には平滑筋群の規則正しい調律は乱れ、正常ではほとんどみられない異常放電、逆蠕動が多く認められるようになる。白鳥¹²⁾、菅原¹³⁾らによると、胃体部、胃体上部で胃を横切離しても末梢側胃の蠕動波には何ら影響はないが、胃体部と幽門洞部の境界付近から末梢で胃を横切離すると、正蠕動は次第に優勢を失い逆蠕動が優勢となるが、幽門輪付近で横切離すると、正蠕動には何ら変化をみないと述べている。事実われわれも胃角部で横切離し、その末梢側における3カ所の筋電図導出、幽門引き抜き圧を検討したが、白鳥らと同様に、筋電図的には逆蠕動が頻発するし、幽門引き抜き圧も正常の平均15cmH₂O に比して平均25cmH₂O と著しく高値を示すことを経験した。ついで横切離末梢側胃で幽門輪より1.5cm, 2.0cm 口側に輪切を加えると、口側の BER はこの輪切で阻止される肛門側へは伝達されないばかりか、輪切より肛門側での逆蠕動波の出現は皆無となり、さらに幽門引き抜き圧も輪切付加前に比べて著減した。すなわち逆蠕動が頻発している胃角部横切離胃に輪切を加えることは、白鳥らのいう幽門輪付近での横切離に一致するものと思われる。したがって幽門形成術として Heineke-Mikulicz 法が広く用いられているが、本法の効果を十分うるためには幽門輪括約筋の縦切離のみなら

ず、幽門前庭部への切り込みの長さが大きなポイントである¹⁴⁾といわれている。解剖学的に胃縦走筋は食道の続きであり胃庭にて最も弱く、胃小弯および大弯で強く、さらに幽門に向って集合するので、幽門部で最強となつて幽門括約筋を形成している。したがって幽門括約筋はそれのみで機能しているのではなく、幽門前庭部筋群が大きくその機能に関与しているものと考え⁴⁾。以上のことからすればわれわれの幽門前庭部輪状切開法は幽門機能の減弱乃至は、機能の廃絶がえられ、幽門形成術としての効果も十分であろう。

つぎに、順蠕動性大弯側胃管に関する筋電図や幽門収縮の検討で輪切を加えない胃管は、術直後より術後3カ月にいたるまで、胃管全体にわたって異常放電の頻発、逆蠕動の発生がみられた。生理的な発生頻度は全経過を通して、2.8~4.5/min であるが、異常放電は1.6~13.4/min と非常に高頻度であり、幽門収縮圧も15~45cmH₂O と高値を示した。しかしながら、胃管に輪切を付加した群では、輪切より口側の BER と異常放電の発生頻度には無付加群と大差はみられないが、輪切より肛門側の BER の発生頻度は0.8~1.7/min と特に低値を示し、口側からの BER の伝達は輪切で阻止されて肛門側へは伝播されない。また幽門の収縮圧も5~17cmH₂O と輪切を付加しない胃管と比べて前回同様非常に低値であった。胃管や横切離末梢側胃では、各筋組織が統合能力を失って幽門部は Spastic な状態に陥っているが、幽門前庭部に輪切を付加すると、前述したごとく電気生理学的に幽門部は弛緩して、異常収縮や逆蠕動は発生しないものと考えられる。

さらにわれわれの大弯側胃管の排出能について流動性のバリウムを使用すると輪切の有無にかかわらず胃に流入直後より十二指腸への排出が起り、とくに両者間では大差は認められなかった。しかしながらレジンペレットを用いた固形食の排出能では、両者間に著明な差を認めた。すなわち、術後3カ月の輪切無付加胃管では、レジンペレット摂取後180分経過しても排出しないのに反し、輪切付加胃管では、摂取後30分頃より十二指腸に排出されはじめ、180分後にはその40%が十二指腸および空腸に排出されているのが認められた。Bruce¹⁵⁾らは各種迷切後の胃の排出能について、流動物の排出には胃体部が、固形物の排出には胃前庭部が大きく関与する。そして、固形物の排出が著しく悪いのは迷切による幽門前庭部の協調運動の支障による結果であると述べている。われわれの輪切無付加胃管においても、胃前庭部の協調

運動がいろいろの手術的処置で障害されていることが前述の実験成績より判明したが、これに輪切を付加すると前庭部と幽門との協調運動はみられないにしても、少なくとも電氣的に逆蠕動や異常放電を抑制し、また幽門収縮圧も減少させるるので、固形物の排出を容易にしているものと考えられる。

筋電図導出実験に、ネブタール、ラボナールなどの催眠、麻酔薬を使用した諸家の報告を散見することがあるが、これらの麻酔薬は反射の抑制が強く、筋電図などの実験には適当ではないと考え、われわれはウレタン、 α -クロロローゼ麻酔を常用した。 α -クロロローゼ自体は非常に弱い麻酔薬であるので、これにウレタンを追加して混注すると、反射をそこなわずに適度な麻酔深度がえられる。また持続時間も長く長時間の実験に適している¹⁶⁾。なおウレタンの肝毒性が問題になるが、ウレタンの毒性は遅発性であり、われわれが行っている期間では何ら筋電図への影響は考えられない。

V 結 論

1. 横切離胃末梢側には、異常放電、逆蠕動性 BER が頻発し、幽門引き抜き圧も高い。しかし、この末梢側胃の幽門前庭部に漿膜筋層輪状切開を加えると、輪切より肛門側では異常放電、逆蠕動は消失し、幽門の収縮圧も著明に減少する。

2. 輪切無付加胃管では、術直後より術後3カ月にいたるまで、幽門前庭部に異常放電、逆蠕動性 BER が発生し、幽門の収縮圧も正常と比較すると著しく高い。一方、輪切付加胃管では、全経過を通じて胃管上部より伝播された BER は輪切によって完全ブロックされて、輪切より肛門側へは伝達されない。したがって輪切より肛門側の BER の頻度は著しく低く、異常放電もほとんど認められず、幽門の収縮圧は輪切無付加群に比して半減する。

3. 術後3カ月における胃管からの固形食の排出は、レジンペレット法では極めて不良であるが、輪切付加によって著しく好転する。

4. 大弯側胃管に輪切を付加すると、胃管の延長は勿論であるが、幽門部における逆蠕動性 BER の消失と幽門収縮圧の著明な低下のために、脱神経胃にみられる幽門部の収縮は防止されて、内容の通過が円滑であり、実験的にも食道再建用胃管としては合目的と考える。

なお、本論文の要旨は第12回消化器外科学会総会、第12回消化器外科学会、第5回国際消化器外科学会に発表した。

文 献

- 1) Heimlich, H.J., et al.: The use of a gastric tube to replace or by-pass the esophagus. *Surg.*, **37**: 549—559, 1955.
- 2) Mes, G.M.: New method of esophagoplasty. *J. Internat. Coll. Surg.*, **11**: 270—277, 1948.
- 3) 内山八郎：後縦隔順蠕動性胃管形成食道再建術。日胸会誌，**19**：776—784，1966。
- 4) D.A.W. Edwards: Handbook of physiology, Alimentary canal, Physiology of the gastro-duodenal junction, 1985—2000, American physiological society, Washington, 1968.
- 5) 岡林敏彦：胃横切離の幽門機能におよぼす影響。日本平滑筋誌，**3**：70—79，1967。
- 6) 横路 洋：各種迷切術と胃筋電図。日本平滑筋誌，**12**：15—24，1976。
- 7) Nelson, T.S., et al.: Alteration in muscular and electrical activity of the stomach following vagotomy. *Arch. Surg.*, **94**: 821—835, 1967.
- 8) 田中直樹他：迷走神経の胃運動に及ぼす影響に関する実験的研究。日本平滑筋誌，**10**：269—285，1974。
- 9) 岡田練之介：胃の活動電位の発生部位と部位的特徴に関する実験的研究。日本平滑筋誌，**8**：99—111，1972。
- 10) 桑島輝夫他：イヌの正常胃筋電図と収縮運動。日本平滑筋誌，**12**：1—8，1976。
- 11) Bass, P., et al.: Electrical activity of gastro-duodenal junction. *Am. J. Physiology*, **201**: 587—592, 1961.
- 12) 白鳥常男：消化器における筋電図，筋電図からみた胃の運動機能。日消会誌，**6**：990—992，1963。
- 13) Sugawara, K.: An electrographic study on the motility of canine stomach after transection and to end anastomosis. *Tohoku J. Exp. Med.*, **84**: 113—124, 1964.
- 14) 白鳥常男：胃手術のすべて。幽門成形術，347—364，金原出版，1972。
- 15) Bruce G. Wilbur: Effect of proximal gastric, complete gastric and truncal vagotomy on gastric electric activity, motility and emptying. *Ann. Surg.*, **178**: 295—303, 1973.
- 16) 稲田 豊：動物実験と麻酔。呼吸と循環，**18**：31—34，1969。