

一 般 講 演

摘出モルモット食道粘膜筋板の電気刺激による収縮反応に
及ぼす各種自律神経作用薬の影響

獨協医科大学 薬理学教室

上 川 雄一郎, 下 康 郎

モルモット食道体部はその壁構成において他の消化管部とは著しく異なっている。即ち外層の縦走筋・輪状筋は共に横紋筋からのみなり平滑筋は認められない。一方粘膜下層を構成する粘膜筋板 (muscularis mucosae) は他の消化管部より発達しており大部分縦走平滑筋から成っている。この粘膜筋板平滑筋の自律神経支配についてはその生理的役割と共にこれまであまり知られていない。今回このモルモット食道粘膜筋板の電気刺激による反応に及ぼす自律神経作用薬の影響について検討し、回腸平滑筋のそれと比較した。

実験方法

体重 250~500 g の雄性モルモットから食道体部と回腸を摘出した。食道は横紋筋層を切開除去し、長さ約 20 mm の粘膜筋板 strip 標本とした。回腸は粘膜層・粘膜筋板を除去した平滑筋標本を用いた。また一部のモルモットからは ether 麻酔下に右迷走神経の付着した食道を摘出した。各標本は 15 ml の organ bath 内に縦走方向につるし、等張力性に反応を記録した。栄養液は choline

chloride 20 μ M 含有 Tyrode 液を用い、37°C、混合ガス通気下に実験を行なった。

結 果

粘膜筋板を双極白金電極を用いて経壁的に電気刺激 (1~50 Hz, 0.2 msec) すると刺激頻度に応じた収縮がみられ、これは atropine (0.1 μ M) や tetrodotoxin (0.1 μ M) によって消失する。また右迷走神経の電気刺激 (10 Hz, 0.2 msec) や nicotine 20 μ M によっても粘膜筋板は収縮するが、これらは hexamethonium (10~50 μ M), tetrodotoxin (0.1 μ M), atropine (0.1 μ M) によって消失した。一方 atropine (0.1 μ M) 存在下、粘膜筋板を histamine 2 μ M で収縮させた時電気刺激 (10 Hz, 0.2 msec) により小さな弛緩反応がみられたが、これは guanethidine (10 μ M) や propranolol (1 μ M) によって抑制された。しかし全く弛緩のみられない標本も多かった (20 例中 12 例)。低頻度経壁刺激 (0.1 Hz, 0.5 msec) により回腸平滑筋と同じく食道粘膜筋板においても twitch 様収縮反応が得られる。この twitch 様収

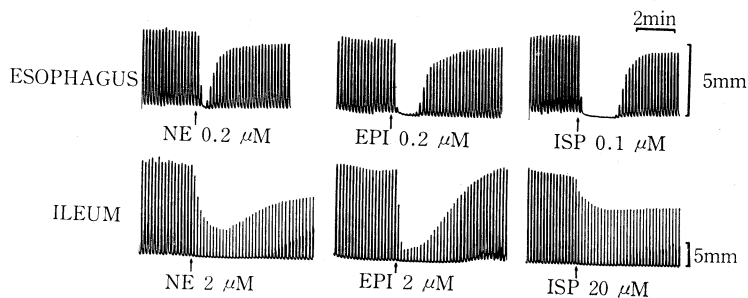


図 1. Effects of norepinephrine (NE), epinephrine (EPI) and isoproterenol (ISP) on the twitch-like contractions of the guinea-pig esophageal muscularis mucosae and ileum caused by electrical stimulation (0.1 Hz, 0.5 msec and supramaximal voltage).

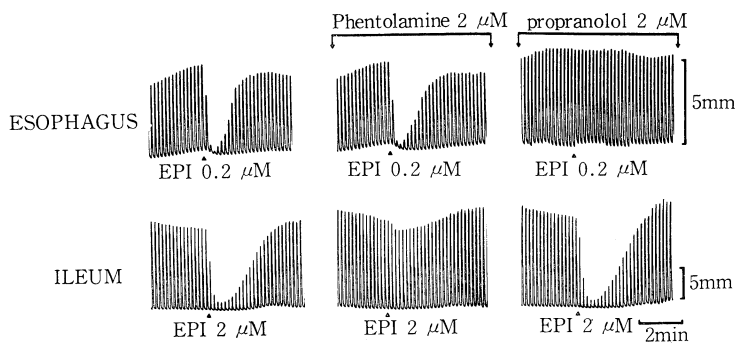


図 2. Antagonistic effects of phentolamine and propranolol on the inhibitory action of epinephrine (EPI) on the twitch-like contractions of the guinea-pig esophageal muscularis mucosae and ileum caused by electrical stimulation (0.1 Hz, 0.5 msec and supramaximal voltage).

縮反応は低濃度 (0.01~0.2 μ M) の catecholamine 類によって一過性に強く抑制されるが、その強さは ISP>EPI>NE の順であり (図 1), またこの抑制は propranolol (2 μ M) によって拮抗された (図 2). 一方回腸での twitch 様収縮反応も catecholamine 類によって抑制されるが、その強さは EPI>NE>ISP の順であり (図 1), またこの抑制は phentolamine (2 μ M) によって拮抗された (図 2). morphine, methionine-enkephalin は回腸の twitch を強く抑制したが、粘膜筋板では高濃度 (100 μ M) 用いても抑制はわずかであった. また adenosine や ATP も回腸の twitch を抑制するが、粘膜筋板では逆に増強作用がみられた.

考 察

モルモット食道粘膜筋板の平滑筋は主に迷走神経——粘膜下神経叢を介した収縮性のコリン作動性神経の支配が強く、弛緩性のアドレナリン作動性神経の支配は少ないと考えられる. しかしこのコリン作動性神経は回腸 Auerbach's plexus のそれとは薬物に対する反応態度が異なり、特に catecholamine 類は前者に対しては β -receptor を

介して、後者に対しては α -receptor を介して抑制作用を及ぼすことが明らかとなった.

文 献

- 1) Bailey, D.M.: The action of sympathomimetic amines on circular and longitudinal smooth muscle from the isolated oesophagus of the guinea-pig. *J. Pharm. Pharmacol.* **17**, 782-787, 1965.
- 2) Bartlett, A.L.: The effect of vagal stimulation and eserine on isolated guinea-pig oesophagus. *Q. J. Exp. Physiol.* **53**, 170-174, 1968.
- 3) Christensen, J.: Pharmacology of the esophageal motor function. *Ann. Rev. Pharmacol.* **15**, 243-258, 1975.
- 4) Ingelfinger, F.J.: Esophageal motility. *Physiol. Rev.* **38**, 533-584, 1958.
- 5) Kamikawa, Y. and Shimo, Y.: Pharmacological studies on the autonomic innervation of guinea pig esophageal muscularis mucosae. *Jap. J. Pharmacol.* **28**, Suppl. 142p, 1978.

下部食道接合部筋電図の内視鏡直視下誘導

鳥取大学附属病院検査部

尾 崎 忠 弘

鳥取大学医学部 第二内科学教室

福 本 四 郎

鳥取大学医学部 第二生理学教室

山 下 元 秀, 高 見 博, 及 川 俊 彦

食道胃接合部の生理機能として, 開口機序と逆流防止機構の2つをあげることができる. この部の病態生理機能を知ることは極めて重要で, 臨床的には食道管腔内圧や食道粘膜 pH に関する研究がその中心となっている^{1,2)}. しかし, この部の筋電図学的な面からの臨床的検討は誘導法上の制約からほとんどなされていないのが現状である. そこで我々は筋電図誘導用の双極電極を独自に開発し, 内視鏡直視下に接合部筋電図の導出を試みたので, その臨床成績を中心に報告する.

対象および方法

対象は直視式ファイバースコープを施行した男女 20 名で, 内視鏡には GIF-D₃ (オリンパス製) の直視式スコープ, 電極としては試作の極間 1.5 mm, 長さ 5 mm の双極針電極を用いた. 誘導方法としては, まず上部消化管の内視鏡観察と撮影を行った後のスコープ抜去時に, 食道胃接合部の

至適部位を選んで電極を粘膜面と垂直方向に刺入し, 食道運動を直視下に観察しながら接合部筋電図の誘導を試みた (図 1). 非嚥下時 (静止時) での誘導筋電図の記録は 2 分間以上連続的に行った. また内視鏡挿入下で空嚥下が可能であった症例については嚥下時での筋電図学的変化の観察を加えた. 負荷試験として内視鏡付属の送気装置を用いて, 20~30 秒間連続的に空気を食道管腔内に注入し, 誘導図に及ぼす影響をみた. 増幅器の時定数は 0.003 秒, 紙送り速度は 10 mm/sec であった.

成 績

1) 非嚥下時 (静止時) での接合部筋電図

静止時に得られた 20 例の接合部筋電図は slow spike または spike burst からなり, それぞれの発現頻度から, a) slow spike のみが一定間隔で出現するもの, b) spike burst のみが断続的に出現

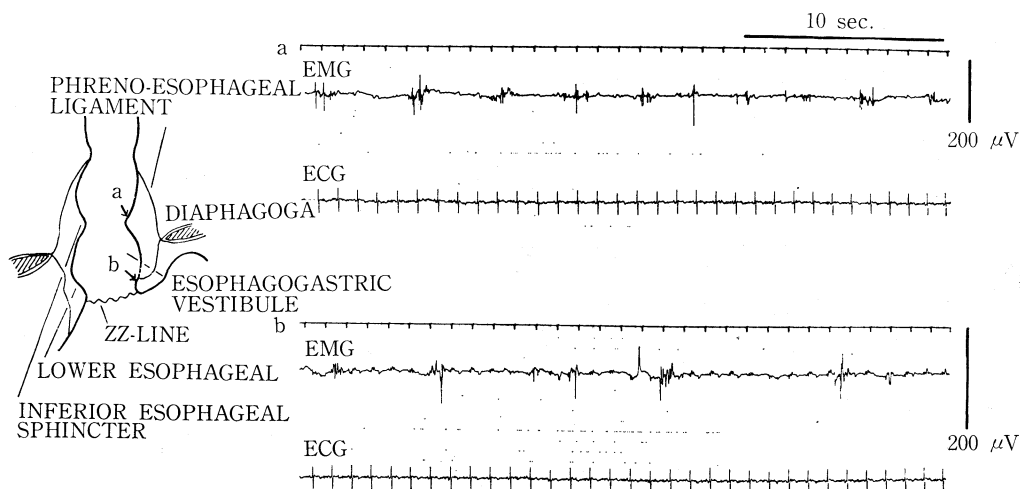


図 1. Lower esophageal sphincter と inferior esophageal sphincter からの誘導筋電図

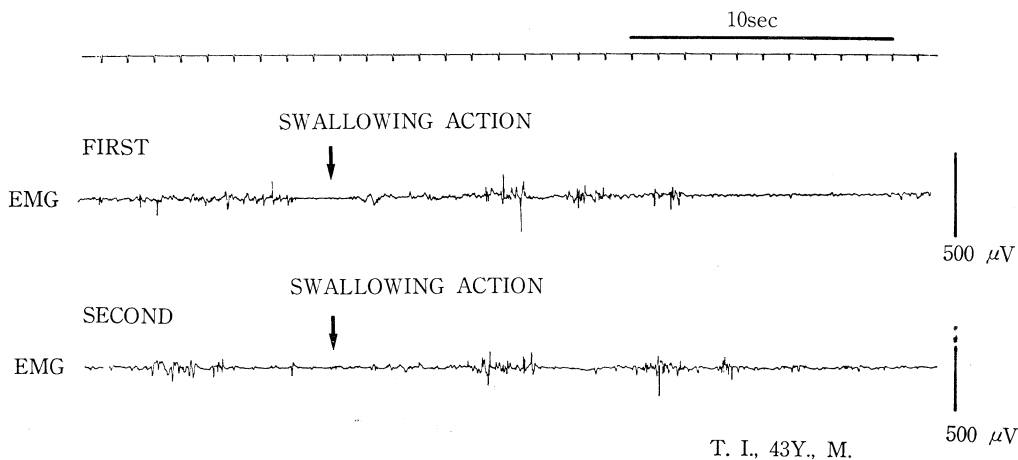


図 2. 空嚥下による蠕動放電

するもの、c) slow spike と spike burst の混在するものの3つのタイプに大別された。a), b), c) タイプはそれぞれ3例, 4例, 13例で、c)の混在型が65%を占めた。静止時に認められるこれら放電頻度は30例の平均(±標準偏差)で 13.8 ± 6.0 回/分、範囲は4~26回/分であった。放電の持続時間、振幅の平均は 1.3 ± 0.6 秒, $523.3 \pm 652.1 \mu V$ で範囲は0.5~2.5秒, $73 \sim 2500 \mu V$ であった。

2) 嚥下時における筋電図学的変化

内視鏡挿入状態で空嚥下が可能であった10例について検討した。空嚥下を行うと、一定の潜伏時間をもって活動電位の発現が筋電図上に観察され(図2)、このspike burstは2~4群(平均 2.8 ± 0.7)連続的に出現し、かつそれらの間隔は放電順に短縮するものと延長するものとに分れた。また空嚥下後より放電発現時までの平均潜時は 5.2 ± 1.0 秒であった。

3) 空気負荷試験

送気装置による食道管腔内への持続的送気を9例に試みた。7例では食道管内の空気伸展に対する反応として、送気開始後平均 8.0 ± 2.3 秒で電位の著明な増強がみられ、送気の停止でしだいに抑制された。一方、放電頻度の著明に亢進した2例では送気により、むしろ電位の振幅は抑制され、送気停止で漸次もとの筋電図の性状に復した。このように空気負荷による食道壁伸展に対して接合部筋電図の反応が症例によって異っていた。

考案およびまとめ

我々が今回開発した内視鏡直視下食道筋電図誘導法は目的とする接合部からの筋電図を確実に誘導することができ、かつ出血及び穿孔などの合併症もなく安全に実施し得た。また周辺臓器、とくに呼吸、心拍の影響を除外するために呼吸曲線や心電図の同時併記が導出筋電図の性状把握に役立つと考えられた。誘導筋電図の性状は諸家の報告^{3,4)}と一致する成績であった。紅谷らの報告⁵⁾と同様にヒトでも静止時にspike または burst が認められた。嚥下による蠕動も約5.2秒の潜時で記録され、ヒトでの嚥下蠕動の平均伝播速度は約8.1cm/secと推定された。

文 献

- 1) Cohen, S. *et al.* (1970): Lower esophageal sphincter pressure as an index of lower esophageal sphincter strength. *Gastroenterology* **58**, 157.
- 2) 田中産ら (1973): 食道内圧およびpH曲線の臨床的意義. 外科 **35**, 487-493.
- 3) 黄江庭 (1974): 食道運動に関する電気生理学的研究——とくに管内誘導食道内圧筋電図を中心として——. 日平滑筋誌 **10**, 23-31.
- 4) 佐藤博, 平島毅 (1972): 食道の筋電図. 日平滑筋誌 **8**, 1-15.
- 5) 紅谷明ら (1977): 下部食道接合部機能の筋電図学的研究. 日平滑筋誌 **13**, 239-240

食道横断面における部位別筋電図

千葉大学医学部 第二外科学教室

桜庭 庸悦, 平島 毅, 原 輝彦
 武藤 護彦, 白戸 寿男, 紅谷 明
 阮 逸功, 高橋 敏信
 木村 正幸, 佐藤 博

食道筋電図による食道運動の研究は、過去幾多の報告があるが、その記録部位が食道の長軸方向の種々の高さにおける比較検討が多く、横断面における各部位の筋電図の比較を行なった報告は少ない。我々も、これまで長軸方向についての研究を行ない報告してきたが、今回は、イヌを用い、同じ高さにおける4ヶ所の食道筋電図の同時記録観察を行ない若干の知見を得たので報告する。

実験方法は、体重8~12kgの雑種成犬5頭を用い、ネブタール25mg/kg静注にて、全身麻酔し、気管内挿管により人工呼吸を行ない、右前肢からは輸液を行なった。左第7肋間にて開胸し、中部食道を鈍的に周囲結合組織より全周剝離し、横隔膜附着部より口側7cmの中部食道において、前壁、右側壁、後壁、左側壁の4ヶ所をえらび、外膜から筋層に向かい鉤状双極針電極を刺入し固定した。更に電極はリード線に接続し体外に誘導して記録した。なお記録速度は毎秒1cm、時定数は、0.03秒とした(図1)。

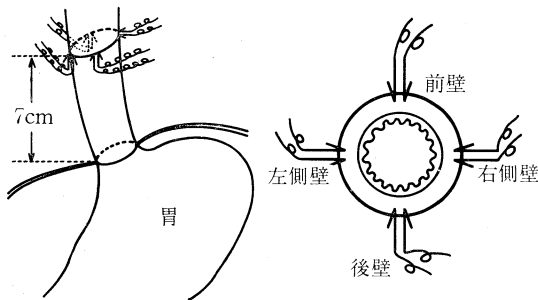


図1. 実験方法(電極刺入部位)

記録採取は、植込み翌日より10日後まで、無麻酔無拘束下で4部位同時に行なったが、これを実験の影響が考えられる第1日より3日までと、安定した筋電図を採取できた、それ以後との二つ

にわけ検討した。静止時には活動電位を認めなかったが、水3mlを口腔内に注入し嚥下を行なわせると各部位に活動電位をburstおよびspikeとして認めた。そのうちburstにつき最大振幅、持続時間の面より4部位の比較検討を行なった。なお数値は5回嚥下の平均を用いた。

結果、まず、第3日までのburstの最大振幅について検討したが、各例とも部位別に差を認め、イヌNo.1では前壁と右側壁、No.2では前壁と左側壁、No.3では前壁と右側壁、No.4では前壁と右側壁、No.5では後壁が他の部位より比較的大きいようであった。しかし、各例において4部位を平均すると34.2~47.8 μ Vであり、個体間には差はないようであった。

次に、第3日以後のburstの最大振幅を検討した。各例とも、第3日までに比べ、大きくなったが、部位別の比較では、ほぼ同様の傾向を示し、イヌNo.1では、前壁と右側壁が大きく、それぞれ86.0 μ V, 89.0 μ Vであり、No.2では前壁と左側壁が大きく72.6 μ V, 65.0 μ V, No.3では前壁と右側壁が大きく91.6 μ V, 81.6 μ V, No.4では

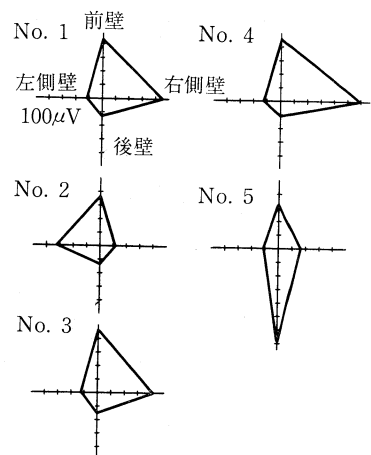


図2. 各部位における最大振幅(第3日以後)

前壁と右側壁が大きく、 $90.0\mu\text{V}$, $121.2\mu\text{V}$, No.5 では前壁と後壁が大きく $63.8\mu\text{V}$, $142.6\mu\text{V}$ であった。すなわち、No.1, 3, 4 の3例は前壁と右側壁が大きく、No.2は前壁と左側壁が大きく、No.5は前壁と後壁が大きかった(図2)。さらに、各例の4部位を平均すると $47.0\sim 65.2\mu\text{V}$ とほぼ平均していたが、各部位別の5例平均では、前壁が最も大きく $80.4\mu\text{V}$ 、次いで、右側壁 $69.8\mu\text{V}$ 、後壁 $49.6\mu\text{V}$ 、左側壁 $31.8\mu\text{V}$ であった。

次に burst の持続時間について検討した。第3日までの各例の持続時間は、1.29秒 \sim 3.15秒とほぼ平均しており、各部位別に比較しても差はなかった。第3日以後の burst の持続時間は、第3日までに比べ、いずれも延長しており、No.1が2.94秒とやや短かったが、No.2 \sim 5は4.90秒 \sim 6.13秒で、平均5.03秒と延長していた。各部位別の比較では、第3日までと同様に差はみられなかった。

ま と め

中部食道横断面における部位別筋電図において

burst の最大振巾に差を認めたのは、その部位での横紋筋平滑筋の割合の違い、解剖学的な周囲組織との関係、迷走神経の分布、さらに、イヌが四足動物である事などの関与が考えられるが、まだ例数も少なくさらに例数を重ね今後検討していきたいと思う。

文 献

- 1) 佐藤 博他 (1967): 植込み電極法食道筋電図. 日平滑筋誌 3, 45-53.
- 2) 佐藤 博他 (1968): 食道の機能検査. 胃と腸 3, 1377-1384.
- 3) 平島 毅他 (1970): 特発性食道拡張症の食道筋電図. 日本気管食道科学会会報 21, 161-165.
- 4) 佐藤 博他 (1972): 食道の筋電図. 日平滑筋誌 8, 1-15.
- 5) 黄 江庭他 (1974): 食道運動に関する電気生理学的研究. 日平滑筋誌 10, 23-31.

正 常 者 の LES 圧

—測定方法及びその評価の検討—

筑波大学臨床医学系消化器

宮 本 二 郎, 竹 島 徹, 山 形 迪

食道内圧測定は、その定量化の面で測定方法及び評価に関し確立されたものがないのが現状である。今回われは正常者を対象として LES 圧を測定し、注入速度を中心とした種々の測定条件での差異を検討したので報告した。

対象及び方法

消化管に病変がなく、且つ食道への逆流症状のない26名について測定した。先端を閉鎖した側孔式のダクロンチューブ(内径2.4mm)を経鼻的無麻酔下に挿入し、胃食道内静止圧引き抜き曲線を記録した。この時呼吸は停止させずに行なった。測定は non-infused 及び持続注入ポンプ(ツルース万能注入器 A-2 型)にて毎分 0.4ml, 2.0ml, 4.0ml の注入速度でそれぞれ行ない、また

AOC-テトラペプチド $1.0\mu\text{g/kg}$ の静注に対する反応性も検討した。LES 圧は胃内圧との差で示し、また呼気最終点を測定点としてプロットした。

結 果

non-infused 及び各注入速度における食道下部昇圧帯の最高圧、昇圧帯面積、昇圧帯幅そして胃食道圧較差を比較検討した(表1)。最高圧は non-infused で平均 $3.8\text{cmH}_2\text{O}$ 、 0.4ml/分 注入で $16.7\text{cmH}_2\text{O}$ 、 2.0ml/分 注入で $21.2\text{cmH}_2\text{O}$ 、 4.0ml/分 注入で $19.6\text{cmH}_2\text{O}$ となり非注入時の圧が極端に低い。面積も同様で、それぞれ 1.4cm^2 、 3.1cm^2 、 3.4cm^2 、 3.2cm^2 となり、非注入時は正しい圧測定は不可能であることを強く示唆してい

表1 注入速度による LES 測定値の変化

| 注入速度 | LES 呼気 最高圧 (cmH ₂ O) | HPZ 面積 (cm ²) | LES 幅 (cm) | 胃食道圧較差 (cmH ₂ O) |
|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|-----------------------------|
| 0ml/min. | 3.8±3.0 | 1.4±0.6 | 3.3±0.6 | 7.3±2.5 |
| 有意差 | P<0.001 | P<0.001 | P<0.01 | NS |
| 0.4ml/min. | 16.7±8.5 | 3.1±1.2 | 3.8±0.6 | 7.6±3.1 |
| 有意差 | P≐0.05 | P≐0.05 | NS | NS |
| 2.0ml/min. | 21.2±8.2 | 3.4±1.2 | 3.8±0.5 | 7.0±2.9 |
| 有意差 | NS | NS | NS | P≐0.1 |
| 4.0ml/min. | 19.6±5.7 | 3.2±1.0 | 3.8±0.5 | 5.6±3.8 |

M±SD N=26

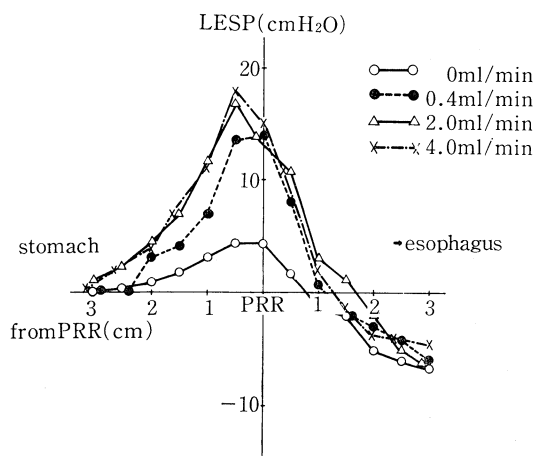


図1. Resting LESP; manometric system infused at 0, 0.4, 2.0, 4.0 ml/min. LESP is scored as end expiratory. (mean values of 20 normal subjects)

る。LES 幅は非注入時で 3.3cm と注入時に比べ若干短いが、0.4ml/分以上では差はない。胃食道圧較差は注入量が増加するにつれて減少の傾向がみられ、4.0ml/分の注入速度では有意の差をもって圧較差が小さくなっている。図1は20名の実際の測定記録について呼吸相変換点 (FRR) を中心に胃側、食道側にそれぞれ 0.5cm ずつプロットして平均したもので、今述べた傾向が具体的によくわかると思われる。ガストリン静注によって LES 幅は静注前後で 3.8cm から 4.2cm に、LES 最高圧は 16.7cmH₂O から 34.0cmH₂O に、面積は 3.1cm² から 6.2cm² と大きく影響がみられるが、個々の被検者でみると静注前の LESP や空腹時血清ガストリン値と反応態度の間には、はっきりした相関関係は見出しえなかった。

まとめ

食道体部の dynamic な圧変化を測定する場合と、LES の静止圧を測定する場合では、要求される必要条件が大きく違い、特に前者では測定器具のコンプライアンスと注入速度から規定される Pressure rise rate が重要な条件である^{1,2)}。しかし LES 静止圧測定にはゆっくりした注入速度で十分であり³⁾、今回われわれも注入速度によって LES 圧および昇圧帯面積は変化するが、2.0ml/分以上ではプラトーに達しそれ以上の注入量は測定上必要ないことを示した。測定器具の全コンプライアンスの中では注入ポンプの要素が大部分を占め⁴⁾、カテーテルの要素は小さいとされ、この理由からわれわれは従来使われているポリエチレンチューブの代わりにダクロンチューブを使用した。ダクロン及びポリエチレンチューブをつないだ時の pressure rise rate がそれぞれ 66cmH₂O/sec と 60cmH₂O/sec で (内径はいずれも 2.4mm, 注入速度は 2.0ml/分)で、ダクロンチューブが飲み易いことから十分使用に耐えると思われる。

注入速度が増加することで食道内腔に水が貯溜し、そのために食道のしめつけ圧が増加することは十分考えられ⁴⁾、今回のデータでは注入速度が 4.0ml/分になると明らかに胃食道圧較差が減少し食道内腔での水貯溜が無視できなくなること示している。

正常者でも LES 静止圧が非常に低い例があるが、こうした者でもガストリン投与に十分反応するなど、正常者の位置づけは測定条件をできるだけ一定にすることと同時に、LES の反応性の面からも検討しなければならないことがうかがわれた。また今回は測定点を呼気最終点でとったが、吸気最終点、呼吸中間点でとった場合に測定値に

どのような影響が出るかを更に検討するつもりである。

文 献

- 1) Stef, J.J. *et al.* (1974): Intraluminal esophageal manometry: An analysis of variables affecting recording fidelity of peristaltic pressures. *Gastroenterology* **67**: 221.
- 2) Dodds, W.J. *et al.* (1976): Factors deter-

mining pressure measurement accuracy by intraluminal esophageal manometry. *Gastroenterology* **70**: 117.

- 3) Pope II. C.E. (1970): Effect of infusion on force of closure measurements in the human esophagus. *Gastroenterology* **58**: 616.
- 4) Zabinski M.P. *et al.* (1975): Influence of perfusion rate and compliance on esophageal manometry. *J. Appl. Physiol.* **38**: 177.

消化管内圧測定法の定量化

千葉大学医学部 小児外科

真 家 雅 彦, 高 橋 英 世, 横 山 宏
大 川 治 夫, 坂 庭 操, 飯 野 正 敏

消化管の運動機能を動的かつ定量的にとらえ、その病態生理解明の一手段として我々は open tip 法による正しい圧測定を行うという定量化への研究を進めている。

基礎実験

消化管モデルとして Latex balloon 及び犬の摘出食道を用い、1) 被測定空間の状態、2) 測定孔の位置、3) 使用カテーテルの太さ及び測定孔の大きさが圧測定に及ぼす影響について注入法の効果と併せ検討を行った。

1) 被測定空間については圧測定孔が閉塞されない場合ではカテーテル径、注入法の有無に関係なく常に正しい圧測定が可能である。一方食道、肛門管等測定孔が粘膜その他で完全に閉塞される場合には測定条件によっては必ずしも正しい圧測定は可能ではない。

2) 一般に open tip 法では測定孔としてカテーテル先端を利用するものと、これを閉じ側孔を用いるものがあるが、測定孔完全閉塞時では先端孔では 100 cmH₂O 静止圧測定では 200 ml/h の注入量でも正しい圧測定は不可能である。

3) 側孔を用いた場合、同一条件下では注入量 0 では数 cmH₂O の圧しか記録されないが、少量注入 (4 ml/h) でも注入開始後時間の経過と共に測定圧は上昇し加圧値に安定する。この時間的要素 (応答時間) は注入量が増す程、カテーテル径

が太い程速くなる。一方側孔径の大きさを内径の 1/2, 等倍, 2 倍と変えた時には、大きい方がより正しい圧に近くなるが 2 倍, 等倍の差はあまりなく、カテーテル内径より大きい目の穴を用いればよい。

生体内では一定の圧を保っている部は少なく、ある週期で変動しているのが普通でありこの様な条件下での圧変動を正しく捉える条件を調べる為に摘出犬食道をモデルとし実験を行った (図 1)。各種注入量による記録圧波形は変動加圧の大小にかかわらず、同一注入量では同じ波形を示し、この立ち上がり角度は同一カテーテル測定孔完全閉塞時に得られるカテーテル内圧上昇線 (応答速度、図 1 の (2)) と同一である。従って実際の圧変動がこのカテーテル及び注入量に固有な応答速度よりも早い変化をした場合には追従し得ず、正しい圧高を示さないのである。又注入量を増加すると感度が上昇するといわれるのもこの応答速度の上昇として理解出来る。図 2 に 0~25 cmH₂O, 30 回 / 分変動する圧の各種注入量による測定圧波形を示した。なお 2 段, 4 段は半導体歪計による内圧記録である。注入量 0 では 3.5 cmH₂O の圧差が、注入量増加と共に高くなり、50 ml/h で加圧値に達し以後 600 ml/h の多量注入でも振巾の変動はなく一定している。この様に更に注入量を増加しても記録圧に変動がみられなくなった場合にこの圧をその部の圧と規定出来る。なお図 2 下 2

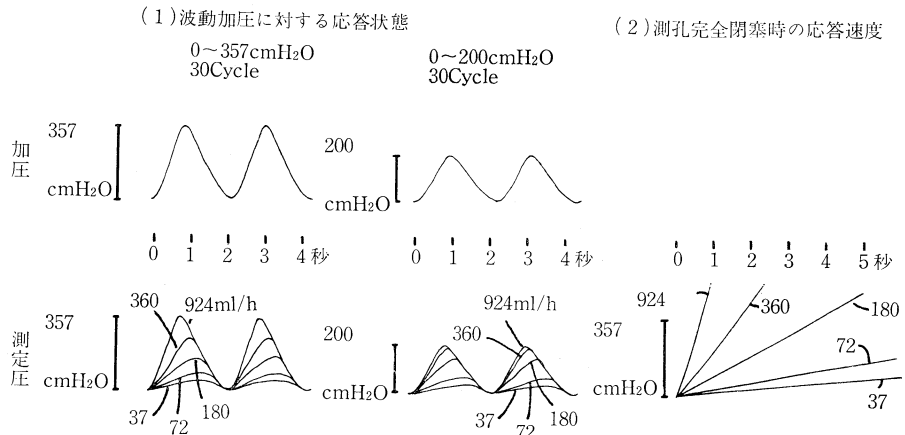
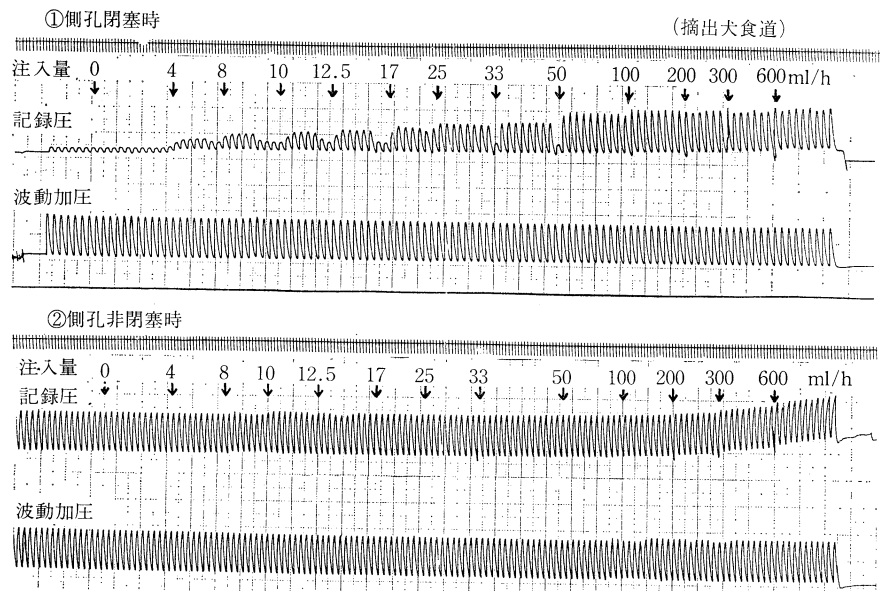


図 1. 注入量による圧変動

図 2. 25 cmH₂O の波動加圧に圧変動 (内径=側孔 2.0 mmφ, 30 サイクル/分)

段は測定孔非閉塞時の変化であり、多量注入でも圧振巾は常に一定であり多量注入の影響は認められない。

定量化の臨床応用 (圧測定)

この方法により小児の食道及肛門内圧測定を行った。正常小児 30 例 (3 日~8 才) の下部食道昇圧帯圧は平均 27.7 ± 7.5 cmH₂O であり年齢との相関は認められなかった。同様に正常小児肛門管静止圧は 106 ± 25.4 cmH₂O であった。

ま と め

定量化への足がかりとしての消化管内の正しい圧測定の為の条件としては

1. 測定孔非閉塞時の圧測定には特に注入法を必要としない。
2. 測定孔閉塞が予想される部位での圧測定には以下の条件が必要である。
 - 1) 測定孔が側孔が望ましい。
 - 2) 測定孔の大きさは使用カテーテル内径又はそれ以上が良い。

- 3) カテーテル径は太い方が 良い. (1.2~2.0 mm)
- 4) 注入法が必要であり, 測定された圧をその部位の圧と規定するには, 更に注入量を増しても圧の変動がない事を確認する必要がある.

文 献

- 1) 真家雅彦, 飯野正敏, 坂庭 操, 大川治夫, 高橋 英世 (1978): 消化管内圧測定法の定量化への試み—圧測定について—. 小児外科 10; 181-189.
- 2) M. Maie, M. Iino, M. Sakaniwa, H. Ohkawa, H. Takahashi (1978): Conditions for studying the exact pressure changes in the alimentary tract *Progress in Pediatric Surgery*

12, 165-183.

- 3) Stef, J.J., Dodds, W.J., Hogan, W.J., Linehan, J.H., Stewart, E.T. (1974): Intraluminal esophageal manometry: An analysis of variables affecting recording fidelity of peristaltic pressure. *Gastroenterology* 67; 221-230.
- 4) Hollis, J.B., Castel, D.O. (1972): Amplitude of esophageal peristalsis as determined by rapid infusion. *Gastroenterology* 63, 417-422.
- 5) Pope II, C.E. (1967): A dynamic test of sphincter strength: Its application to the lower esophageal sphincter *Gastroenterology* 52, 779-786.

下部食道噴門部の電気生理学的研究 (第7報)

下部食道噴門周囲の血行郭清と胃底部縫着前後の噴門機能

日本大学医学部 第三外科学教室

虎 溪 邦 孝, 田 中 隆, 野 呂 昌 己
 武 谷 克 重, 市 橋 正 嘉, 宮 本 俊 雄
 植 田 利 貞, 神 野 大 乗, 河 口 忠 彦
 森 川 英 雄, 佐 藤 博 信, 坂 部 孝

我々は数年来噴門機能の電気生理学的研究を行ってきたが, 今回はその研究の一環として食道静脈瘤に対する直達手術としての下部食道噴門周囲の血行郭清ならびに食道離断または胃上部離断における胃底部縫着の意義について検討した. 検索方法は第18回本学会シンポジウムで発表したごとく, 内圧測定には低圧型トランスジューサー LPU-0.1型を用い, 1チャンネル電気血圧計 RP-3, RUP-10型を組合せ, pH測定にはベックマン製胃用ガラス電極 39042型を用い, ゼロマチック pHメータモデル 96を介し, 内圧および pHを2チャンネル熱ペン式記録装置で記録した. 記録速度は原則として1cm, 10秒の速さで, 内圧の記録は10cm²H₂Oが1cmの振幅となるよう増幅器を調整した. 内圧誘導管は内径2mmのポリエチレンチューブを用い, 内圧, pH同時測定ではその先端を開孔, 内圧のみ測定する時には側孔をあけた. 又, 内圧測定は non-infusion methodで行なった. まず, 臨床例について述べると, 胃液逆流による消化性食道炎が食道静脈瘤破綻の要因へ

なることは諸家の報告にみられるところでありまた. また, 食道静脈瘤に対する直達手術の結果として, 食道・胃接合部に逆流防止機構の障害が引き起こされることが予想される. 教室では36例に手術を行なっているが, その手術々式は原則的には経腹的で摘脾と食道離断または胃上部横断術, さらに胃冠状静脈の血行郭清を行ない, 離断部を含めて, 胃底部縫着を行なっている. しかし, 緊急手術例や高度肝機能障害例では, 消化管離断縫合は適応外で, 摘脾に噴門周囲血行郭清のみを行ない, 胃底部縫着 (fundic patch) を付加している. このような症例でも, 術後の所見では, HPZが出現し, pH曲線で steep型を示す例があり, 噴門機能の改善されていることがうかがわれる. 以上の様な臨床経験より犬を用いて実験的に噴門周囲血行郭清, 食道裂孔剝離開大, 胃底部横隔膜固定, 胃底部縫着, 胃底部全周縫着 (Nissen), 胃底部を前方より全周縫着の各術式を行ない種々検討した. 図1の上段は正常犬の曲線で中段の噴門周囲血行郭清のみでも, 圧の低下と逆流が認め

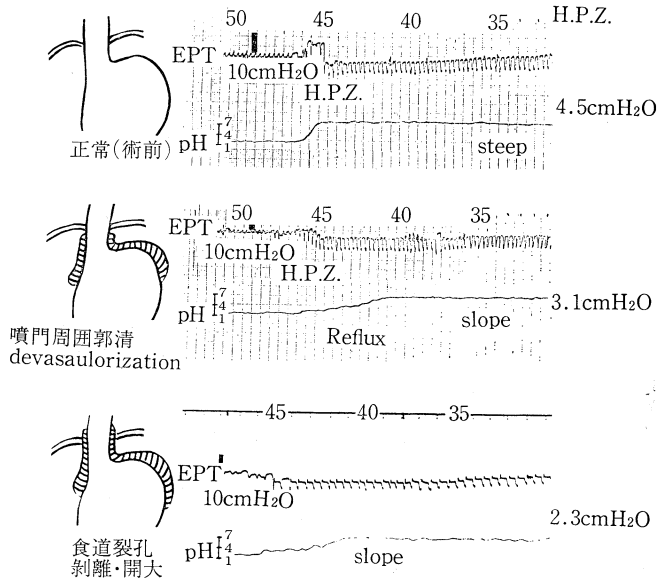


図 1. 血行郭清前後の食道内圧 pH 曲線 (イヌ)

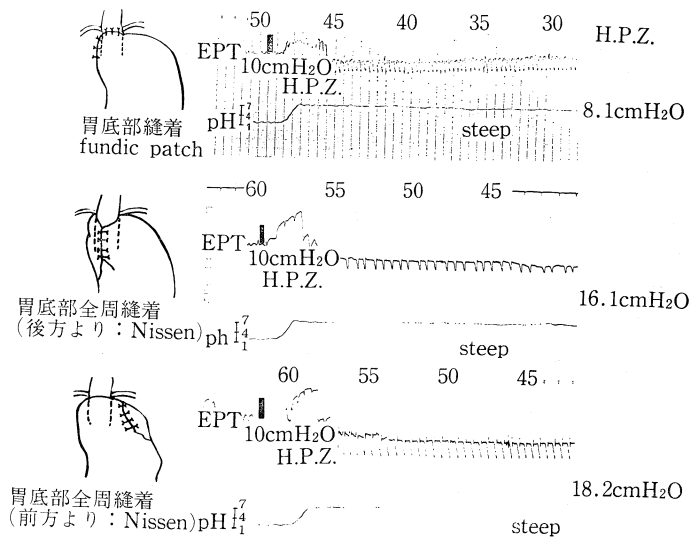


図 2. 胃底部縫着後の食道内圧, pH 曲線 (イヌ)

られる。更に、食道裂孔剥離開大を行なうと、H・P・Z は殆んど消失し同様に逆流も認めている。これに His 角を強調すべく胃底部横隔膜固定を行なうだけでも H・P・Z における圧の上昇と pH 曲線上 slope type ~ step type への移行が見られた。図 2 では各種の胃底部縫着術の曲線を比較したものである。上段は、我々が臨床例に行なっている。いわゆる fundic patch, 中段は全周に縫着する Nissen の fundoplication, 下段は全周縫着を

前方より行なったものであるが、いずれも噴門周囲血行郭清と食道裂孔剥離開大を行なった後に腹部食道に径 1.5cm のチューブを挿入、噴門の開孔状態を一定にして作製したものである。いずれも、H・P・Z における圧の上昇がみられるが、Nissen の fundoplication, 前方よりの全周縫着術では正常の 3 倍近い高い値を示している。これは、逆流防止には役立っているが、いわゆる “gas float syndrome,” を起こしかねない。実際に我々

も臨床的にこの様な症例を経験している。以上の結果から、食道静脈瘤に対する直達手術に際しての噴門成形には前壁のみの被覆を行なう fundic patch が最も生理的な術式であるとの結論を得た。

文 献

- 1) 田中 隆 (1976): 食道内圧 pH 曲線よりみた噴門機能異常. 日平滑筋誌 12, 189-192.

- 2) 田中 隆ほか (1973): 食道内圧および pH 曲線の臨床的意義. 外科 35, 487-493.
- 3) 田中 隆ほか (1969): 食道内圧および pH 曲線の臨床的意義——とくに胃手術後における食道内圧および pH 曲線について. 日食会誌 20, 65
- 4) 野呂昌己 (1978): 食道内圧および pH 測定による胃手術後における下部食道噴門機能に関する臨床的研究. 日大医誌 37, 573-589.

食 道 下 部 昇 圧 帯 の 検 討

岩手医科大学 第1外科教室

石 田 薫, 篠 福 哲 彦, 渡 辺 正 敏
三 浦 裕 一, 小 野 隆 男, 瀬 田 孝 一

食道下部昇圧帯は、逆流防止と密接な関係をもつことが知られている¹⁾。我々は、術前、術後ともより、最近では、術中内圧測定を加え検討している^{2,3)}。今回は、食道下部昇圧帯の形成に関与する幾多の因子について各々検討を加えたので報告する。

対象と方法

体重 10~20 kg の雑種成犬を使用し、胃食道内圧引き抜き曲線は open-tip 法で測定した。先端をヒューズで閉じた内径 1.5 mm のポリエチレン管を 3 本束ね、先端から 0, 3, 6 cm の 3 ケ所に内径とほぼ等しい側孔を開け受圧面とした。内腔は蒸留水で 1 分間 20 滴の速度で点滴注入しながら、低圧用トランスデューサーに接続し、胃から口側へ 1 分間 1.5 cm の速度で連続的に引き抜き記録した。食道下部昇圧帯は胃内圧の呼吸性変化の平均を零圧とし、基線とした。昇圧帯は、圧、長さ、面積各々について計測した。

実験成績

まず、麻酔剤、レスピレーター、筋弛緩剤の影響を検討してみた。図 1 の如くチオペンタール 25 mg/kg 静注後の昇圧帯は、圧平均 (12 頭) は、9.15 mmHg、長さ 20.5 cm、面積 1.27 cm² であった。これに気管内挿管後レスピレーターを装着し、tidalvolume 250~300 ml、呼吸回数 20~30 回

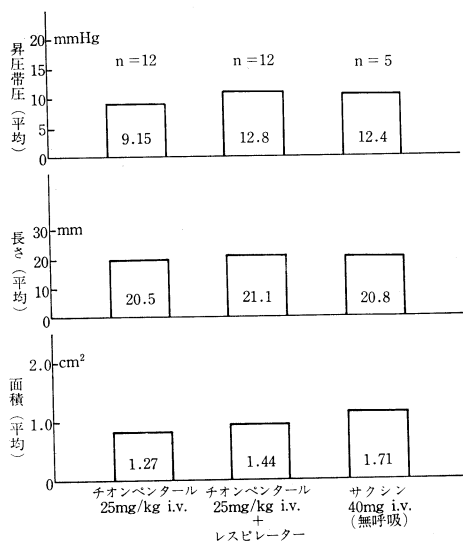


図 1. 昇圧帯の変動

の調節呼吸を施行することで昇圧帯圧は 12.8 mmHg、長さ 21 mm、面積 1.44 cm² となり、圧・面積に軽度の上昇傾向が認められた。チオペンタールを追加し麻酔深度と昇圧帯の関係をみたが昇圧帯に著変は認めなかった。レスピレーターの換気量と呼吸回数との関係にも著変を認めなかった。サクシニールコリンクロライド 40 mg を静注

し、fasciculation 後無呼吸の状態で測定すると、昇圧帯は圧 12.4 mmHg, 長さ 20.8 mm, 面積 1.71 cm² となり、昇圧帯の形成に著明な変化は認められなかった。

次に、開胸、裂孔切開と操作を加えたのち、裂孔ヘルニア作製例、胃底部を除去した His 角切除例、下部食道筋層剝離例の 3 群を作製し、各々の段階で、内圧曲線を記録した。裂孔ヘルニア例：図 2 の如く術前の昇圧帯圧は 12 mmHg, 長さ 33 mm, 面積 1.8 cm² であった。開胸・裂孔切開・人工的裂孔ヘルニア作製と操作を進めるにつれて圧は漸減傾向を示した。術後 6 ヶ月では、昇圧帯圧は 4 mmHg, 長さ 12 mm, 面積 0.3 cm² と減少し pH 曲線では逆流型を示した。His 角切除例：

術前の圧は 11 mmHg, 長さ 16 mm, 面積 1.3 cm² であった。開胸、裂孔切開、His 角切除と操作を進めると圧は 8, 4, 3 mmHg と漸減し、術後 4 ヶ月では圧 5 mmHg, 長さ 11 mm, 面積 0.6 cm² となった。pH 曲線では逆流型を示した。筋層剝離例：噴門切痕部から長さ 5 cm に亘り、胃と食道の筋層を全周にわたり剝離した。術前圧 7 mmHg, 長さ 17 mm, 面積 0.3 cm² であった。開胸、裂孔切開、筋層剝離と操作を進めると圧は漸減し、術後 4 ヶ月では、昇圧帯は平坦化し、pH 曲線は逆流型を示した。

レスピレーター装着時の昇圧帯を 100% として、各操作終了時点での昇圧帯を比較してみると、圧は開胸 (12 頭) で 65.6%, 裂孔切開 (12 頭) で 56.2%, 裂孔ヘルニア作製 (4 頭) で 54.6%, His 角切除 (4 頭) で 42.1%, 筋層剝離 (4 頭) で 39.8% となった。長さには著明な変化は認められなかった。面積は圧と同様操作につれて漸減した。

術前の昇圧帯を 100% として術後 4 ヶ月の慢性犬の圧を比較した。裂孔ヘルニア作製 (3 頭) で 79%, His 角切除 (3 頭) で 55%, 筋層剝離 (3 頭) で 47% を示した。

結 論

従来、幾多の因子が昇圧帯を構成するものとして挙げられている。今回の実験成績からは、中でも、His 角、内因性の括約作用の因子の重要性を窮い知ることができた。今後なお詳細に検討を加えたいと思う。

文 献

- 1) 篠福哲彦 (1976): 噴門閉鎖機構の諸因子と外科的再建. 日平滑筋誌 12: 186-189.
- 2) 八島良幸ら (1976): 下部食道・噴門部手術の際の術中内圧測定の試み. 日平滑筋誌 12, 208-210.
- 3) 篠福哲彦ら (1977): 食道裂孔ヘルニアと逆流性食道炎. 臨床外科 32: 1121-1129.

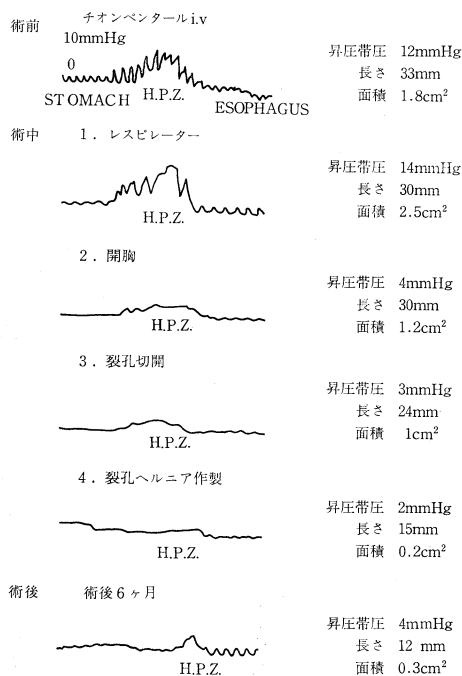


図 2. 裂孔ヘルニア例 (イヌ A)

術中内圧測定による昇圧帯面積の推移と逆流防止効果

岩手医科大学 第一外科学教室

渡 辺 正 敏, 篠 福 哲 彦, 三 浦 裕 一
石 田 薫, 小 野 隆 男
金 森 裕, 瀬 田 孝 一

下部食道括約機構の機能低下または廃絶時に、われわれは手術で昇圧帯を作り上げ逆流防止に努める一方、昇圧帯と逆流頻度は密接な関係にあることを知った^{1,2)}。そこで、術前、術中、術後と一貫して昇圧帯を測定することで、逆流防止を目的とした手術操作を行う際に、目標とした昇圧帯を作り上げることが可能となるのではないかと考え、術中内圧測定を行って検討している。今回は昇圧帯面積を中心として圧、長さも加え検討し、いささかの知見を得たので報告する。

研究対象および方法

検索対象は Achalasia 1 例、食道裂孔ヘルニア（滑脱型）2 例、胃平滑筋腫 4 例、胃平滑肉腫 1 例、食道静脈瘤 2 例の計 10 例である。胃食道内圧引抜き曲線の測定は術前と退院時の他、術中は気管内挿管後、開胸または開腹後、食道裂孔切開後、逆流防止の手術操作終了時（開胸または開腹前）の各時点で行った。測定には内径 1.5mm のポリエチレンチューブ 3 本を束ねて使用し、各々の先端をヒューズで閉鎖したあと、受圧孔を先端から 0, 5, 10cm の部位に設けオープンチップ法で行った。また、胃から食道への引抜き速度は 1.5mm/sec とし、ポリエチレンチューブ内の灌流速度は 1 分間 20 滴とした。昇圧帯の計測方法は従来より教室で使用している方法³⁾ に準じて行った。

成 績

図 1 は 46 才の男子で、胃底部平滑筋腫のため近側胃切除兼食道胃端側吻合改良法⁴⁾ を施行した症例の術前、術中、退院時の内圧曲線である。昇圧帯圧をみると、術前は 15mmHg であったが挿管後は 9mmHg と低下し、開腹後は 8mmHg であった。しかし、噴門部を含めた近側胃切除と逆流防止のための端側吻合改良法を行ったあと昇

圧帯を認め、圧は 9.5mmHg であった。退院時の昇圧帯圧は手術操作終了時と大差なく 9mmHg であった。昇圧帯長は術前、術中、術後とはほぼ一定の値を示した。昇圧帯面積は術前 2.8cm² で、挿管後、開腹後は圧と共に低下を示し、2.2cm²、1.5cm² であった。吻合後は 2.0cm² と回復し退院時もほぼ同じ値を示した。

図 2 は 10 症例の術前の昇圧帯圧、面積を 100% とし、術中の各時点および退院時の圧、面積の変化を百分率で算出し 10 例の平均を求めたものである。圧は挿管後 108% と軽度上昇を示したが、開胸または開腹後は 94%、食道裂孔切開後は 90% と漸減した。操作終了時（閉胸または閉腹前）は 129%、退院時も 126% で大差なく両者とも術前に比べ上昇を示した。次に、面積の変化をみると、挿管後は 104% であったが開胸または開腹後は圧と同様に減少を示し 69% であった。食道裂孔切開後は 78% と軽度上昇したが、操作終了時は 122% で、退院時はさらに 145% と増加した。同時に、昇圧帯長も計測したが術前、術中、退院時の圧とはほぼ同じ変化率の推移を示した。

結 論

術前と挿管後の圧、面積、長さは大差なく、麻酔剤の昇圧帯に与える影響は少ないと考えられた。また、開胸、開腹操作で昇圧帯圧が低下し、さらに胃食道内圧差が消失し面積が大きく減少したことは、胸腔、腹腔内圧が昇圧帯形成に関与していることを示唆するものである。さらに、閉胸または閉腹前と退院時の圧と長さはほぼ一定であったにもかかわらず面積だけが上昇を示したことは、退院時の胃内と食道内の圧差が増大することによるものと考えられる。

以上の点を考慮に入れば、面積は圧と長さの他に胸腔、腹腔内圧をも加味した値と考えられ、逆流防止の示標となる昇圧帯を総合的に評価し得

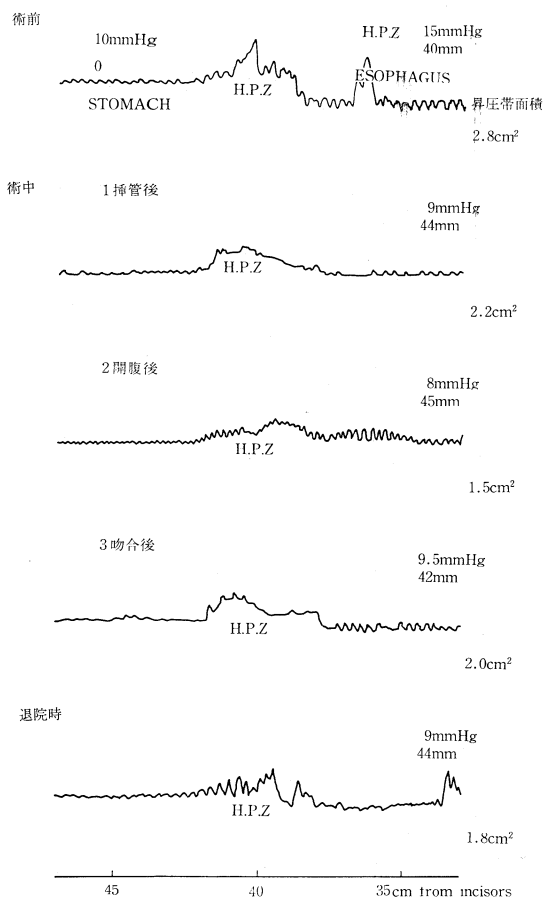


図 1. 術前, 術中, 退院時の胃食道内圧引抜き曲線 (胃底部平滑筋腫症例)

るものと思われる。したがって、術前、術後は基より、術中にも内圧測定を行いその昇圧帯の推移を検討することで、手術操作時から逆流防止に適った昇圧帯を作り上げることが可能であると考えられる。

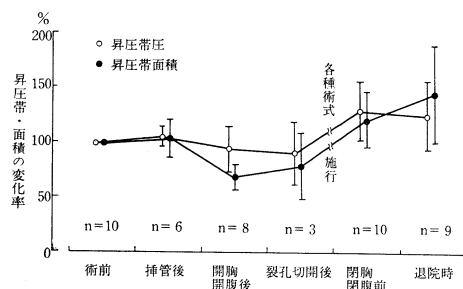


図 2. 術前, 術中, 退院時の昇圧帯圧と面積の変動 (臨床例)

文 献

- 1) 篠福哲彦ら (1977): 食道裂孔ヘルニアと逆流性食道炎. 臨床外科 32: 1121-1129.
- 2) 樋口隆広 (1977): 近側胃切除術における各種食道・胃吻合法と逆流に関する研究. 日外会誌 78: 132-147.
- 3) 八島良幸ら (1976): 下部食道・噴門部手術の際の術中内圧測定の試み. 日平滑筋誌 12: 208-210.
- 4) 瀬田孝一, 篠福哲彦 (1977): 逆流軽減のための食道胃端側吻合改良術式. 外科診療 19: 1293-1296.

ストレスの食道下端括約圧に対する影響

東北大学医学部 第三内科学教室

本 郷 道 夫, 石 森 章, 川 村 武
小 泉 文 明, 中 目 千 之, 佐 藤 恒 明
鶴 浦 章, 後 藤 由 夫

食道下端括約圧 (LES 圧) の生理的調節には, ガストリンの関与していることが知られており¹⁾, 我々も LES 圧に対するガストリンの影響について報告してきた^{2,3)}. 今回, 我々は, ストレス負荷時の LES 圧の動変を, 健康正常人および各種疾患患者を対象として検討を行ない, あわせて血中ガストリン (IRG) と比較した. ストレスには鏡映描写 (MDT) を用いた.

対象および方法

健康対照群 10 名, 消化性潰瘍患者 9 名, 逆流性食道炎患者 3 名, 糖尿病患者 3 名, 甲状腺機能亢進症患者 3 名を対象とした. 早朝空腹時, 30 分以上の安静の後, LES 圧測定用チューブを経口的に挿入し, さらに 20 分間の安静時間をおき, LES 圧測定および採血を行ない, 5 分間の MDT を実施し, その直後および 15 分後に, 再び LES 圧測定および採血を行った. LES 圧の測定は, open-tip 法, rapid pull-through technique⁴⁾ により行ない, IRG 測定は, CIS-Kit により行った. また, MDT には, 成和 ME 研究所製の鏡映描写

装置 CF-503 を用いた.

成 績

MDT の結果, 5 分間の周回数, 誤記時間および誤記回数については, 甲状腺機能亢進症患者で周回数の低下および誤記回数, 時間の増加を認めたが, 他の疾患群では大きな差異を認めなかった.

健康対照群, 消化性潰瘍群および糖尿病群では, MDT により LES 圧の上昇傾向が認められたが, いずれも統計学的に有意ではなく, むしろ甲状腺機能亢進症や逆流性食道炎では低下の傾向がみられた. この時の IRG は, 正常群, 潰瘍群で有意の上昇を示し, 他疾患群でも上昇の傾向を示した. しかし, 個々の症例毎に検討すると, MDT 後の LES 圧および IRG の変化は, それぞれ変動値が大きく異っており, その結果, 疾患による特異的な差異は明らかではなかった (図 1). そこで, 血中ガストリンの変動を指標として, IRG の増加しない無反応群, 20% 以内の増加の低反応群, 20% 以上増加の高反応群の 3 群

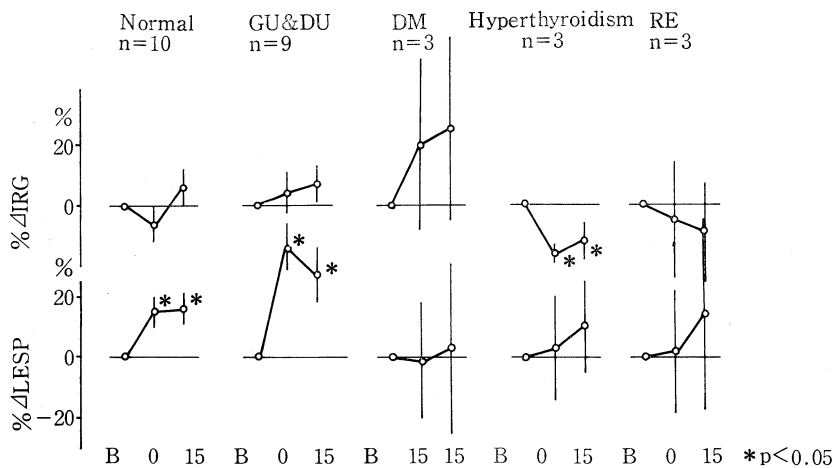


図 1. MDT 前後の LESP および IRG の変化

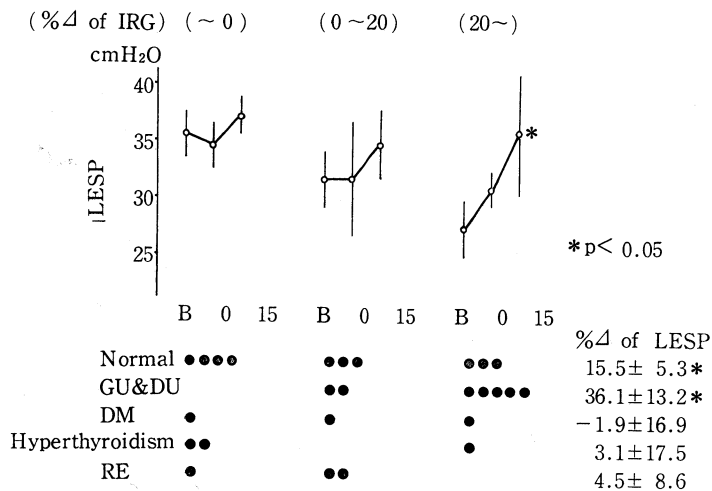


図 2. MDT に対する IRG 反応別にみた LES の変動

にわけて各群毎に LES 圧の反応を検討したところ、IRG 高反応群でのみ LES 圧の上昇が統計学的に有意 ($p < 0.05$) であり、低反応群では上昇の傾向にとどまり、無反応群では LES 圧の変動はあまり認められなかった。疾患毎に検討すると、健康対照群では IRG 上昇のない症例も含まれるのに対し、潰瘍群では全例が IRG の上昇を示した (図 2)。また一方、LES 圧の反応により 10% 以上低下するもの、10% 以上増加するもの、10% 以内の変動にとどまるものの 3 群にわけ、IRG の変動をみたところ、10% 以上 LES 圧の増加するものでは IRG も有意に増加することが認められた。

考 案

MDT によるストレス負荷の LES 圧に対する影響は、個々の症例により大巾に異なるため、全症例を通じて必ずしも一定の傾向がなく、また疾患による差異もそれ程明らかではなかった。しかし、健康対照群および潰瘍群ともに MDT により IRG の上昇がおこり、特に潰瘍群では IRG の上昇の度合いが強く、LES 圧も上昇傾向を示した。また一般に、IRG の上昇する症例では LES 圧も

上昇する傾向にあり、両者はある程度並行する傾向が認められた。

以上、MDT の LES 圧に対する影響は、個々の症例により種々の相違が認められるが、体液性には、IRG の上昇が LES 圧上昇の大きな要因の 1 つと考えられる。

文 献

- 1) Cohen, S. and Lipshutz, W. (1971): Hormonal regulation of human lower esophageal sphincter competence: Interaction of gastrin and secretin. *J. Clin. Invest.* **50**: 449-454.
- 2) Nagasaki, A. et al. (1977): Response of lower esophageal sphincter pressure to beef soup or AOC-tetrapeptide stimulation in esophagitis. *Tohoku J. Exp. Med.* **121**: 91-97.
- 3) 本郷道夫他 (1977): 食道下端括約能とガストリン・セクレチン (第 19 回日本平滑筋学会 総会・シンポジウム I), 日平滑筋誌 **13**: 185-188.
- 4) Dodds, W.J. et al. (1975): A rapid pull-through technique for measuring lower esophageal sphincter pressure. *Gastroenterology* **68**: 437-443.

食道内圧 pH 測定による逆流性食道炎発生機序に対する検討

慶応がんセンター

幕内博康, 熊谷義也, 山崎栄龍

慶応義塾大学医学部 外科学教室

掛川暉夫, 片桐 誠

研究目的

逆流性食道炎は消化液が食道内へ逆流することにより発生するが, これを予防する逆流防止機構については種々検討がなされている. しかし, 逆流防止能を示す HPZ の圧と食道炎の程度との間には必ずしも相関々係をみいだし得ない. 我々は逆流性食道炎の発生機序を HPZ (LES) の圧が低く, かつガストリンに対する反応が悪いものに逆流がおり, その逆流液が長く食道内に停滞することによるものと考えている. 食道鏡検査, 食道内圧 pH 測定, ガストリン負荷試験, 酸排出試験を施行し, 逆流性食道炎の発生機序につき検討を加えた.

研究対象及び研究方法

食道鏡検査及び食道内圧 pH 測定を施行した 65 例について, 食道炎の有無と程度 (食道疾患研究会分類による), HPZ (LES) の圧を測定した. 内圧測定は open-tip 法と infusion 法 (0.2 ml/m) を併用し, pH 測定は微小ガラス電極と直流用 pH メーターを用い, 呼吸波と共に東芝ポリグラフ PCR10A で記録した. 引き抜き法で静止圧と pH を数回測定した後, テトラガストリン 4 γ /kg を静注負荷し, さらに数回測定した. 呼吸相変換点より 5cm 口側に内圧カテーテルを固定し, 0.1N-

HCl 5ml 負荷後空嚥下を 10 回施行させ pH の変化を調べた. 1 次蠕動波の出現した場合を有効嚥下とした.

研究成績

LESP は食道炎 0 度群では 6.85 ± 3.38 mmHg ($m \pm SD$, $n=27$) I 度群では 4.05 ± 1.62 mmHg ($m \pm SD$, $n=22$), II 度群では 4.06 ± 1.91 mmHg ($m \pm SD$, $n=16$) となり, テトラガストリン 4 γ /

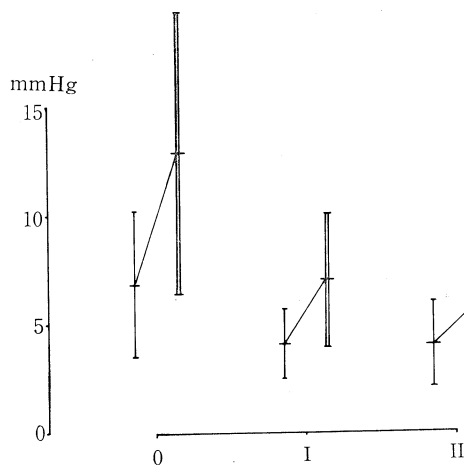


図 1. LESP と食道炎 (gastrin 負荷試験) gastrin 4 γ /kg ($m \pm SD$)

| swallow esophagitis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10~ |
|------------------------|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-------|
| 0 | | • | •• | ••• | ••• | | • | • | • | •••• |
| I | | | • | ••• | • | ••• | ••• | ••• | • | •• |
| II | | | | | | | | •• | • | ••••• |

図 2. 酸排泄試験

表 1. 逆流性食道炎に対する諸検査結果

| | | 食 道 炎 | | |
|-------------------|-------------|-------|----|----|
| | | 0 | I | II |
| LESP → 正常 ↘ 低下 | ガストリンに対する反応 | 17 | 5 | 2 |
| | | 5 | 2 | 0 |
| | 酸排出試験 | 5 | 14 | 3 |
| | | 0 | 1 | 11 |

kg 投与により, 0 度群は 12.85 ± 6.47 mmHg, I 度群は 7.05 ± 3.26 mmHg, II 度群は 5.94 ± 1.84 mmHg と上昇した. 酸排出試験では食道炎 0 度群では空嚥下 5 回以下で pH 5.0 以上に上昇を示すものが 66.7% あり, I 度群では 6~8 回の空嚥下を要するものが 63.6% を占めている. 一方, II 度群では 81.3% が 10 回の空嚥下でも pH 5.0 以上にならない不良例であった.

考 察

LESP は無食道炎群が有意差 ($p \leq 0.01$) をもって有食道炎群より高く, また, ガストリン負荷で食道炎 0 度群及び I 度群は $p \leq 0.01$ で有意の圧の上昇を認めるが, II 度群には有意差が認められない. 食道炎発生には逆流の存在が不可欠であることがうかがえる.

酸排泄試験 (acidclearing test) では 5 回以下の空嚥下で pH 5.0 以上となる症例にはひどい食道炎は発生せず, また, 酸排出能が悪い症例でも LESP が正常でガストリンに対する反応の良い症例は逆流がおこりにくい為, やはり食道炎は発生しないと考えられる.

各検査結果をまとめてみると, 食道炎 0 度群では LESP が 6 mmHg 以上で正常と認められたものが 17 例 62.9%, LESP は低いガストリンに対する反応が良いものと, ガストリンに対する反応も悪いが酸排出能の良いものがそれぞれ 5 例

18.5% を占めた. 食道炎 I 度群では LESP が低く, ガストリンに反応が悪いが酸排出能の良好なものが 14 例 63.6% を占め, 酸排出能不良例が 1 例あったが, この症例は低酸であった為に食道炎が軽度にとどまったものと推測された. 食道炎 II 度群では LESP が低く, ガストリンに対する反応が悪く, 酸排出能不良例が 11 例 68.8% を占めている. LESP 正常とされる症例が 2 例 12.5% 認められるが, LESP は 6 mmHg と 9 mmHg で, いずれもガストリンに対する反応が悪く酸排出能不良例があり, さらに標準体重を 20% 以上超過する肥満例であった. 胃液の酸度や肥満も逆流性食道炎に大きな影響を及ぼしていると考えられた.

結 語

逆流性食道炎の発生機序は LESP の低下と LES のガストリンに対する反応の低下により逆流がおこり, その逆流液が長時間食道内に停滞することによると考える.

文 献

- 1) Skinner, D. B. & Hendrix, T. R.: *Gastro-esophageal reflux and hiatal hernia*. Little, Brown and Company, Boston, p. 87, 1972.
- 2) 熊谷義也, 幕内博康 (1973): 逆流性食道炎の病態生理, 外科 35: 494.

食道アカラシアの病態 とくに消化管ホルモン・ガストリンの役割

福島県立医科大学 第一外科学教室

千葉 惇, 北村 正敏, 坪井 正碩
森 藤 通隆, 三 瓶 光夫
元 木 良一, 本 多 憲児

食道アカラシアの病態に就いては未だ問題が多く、最近 Cohen らによりガストリンと本症との関連が論ぜられている。我々は今回本症のガストリン過敏性に就いて検索し、2, 3 の知見を得たので報告する。

健康人にガストリン $4\mu\text{g}/\text{kg}$ 筋注後の血清ガストリン値の推移をみた。注射後5分頃より急激に上昇し、8乃至12分頃最高値に達し、その後下降、20分後に注射前値に戻った。この傾向はアカラシア患者に於いても同様であった。これを open-tip 法を用いた食道内圧測定によりガストリンの影響をみた。健康人では食道胃接合部圧がガストリン注後8分で最高値に達し、20分後に注射前に戻った。食道内圧はガストリンによる影響は受けなかった。一方本症患者に就いて食道内圧とガストリンとの関連をみた。

症例 1 24才、女性、アカラシアレ線分類では食道拡張型紡垂型、拡張度 II 度であった。ガストリン $5\mu\text{g}/\text{kg}$ 筋注5分後、食道胃接合部圧が異常亢進し、30分後では注射前に戻った。食道内圧は5分後上昇をみ、30分後も注射前よりやや亢進していた。この接合部圧をレ線上観察した。接合部にて収縮輪が発現、収縮輪が中部食道まで挙上する現象が認められた。この現象は食道アカラシア患者に対するコリン作動薬 Mecholyl 反応と同様の現象であり、ガストリンに対する本症患者の過敏性と考えられた。

この症例に対し Heller 氏法による左開胸下筋切開し、下部食道から胃噴門まで 8cm、幅 1.5cm に亘り筋切除を行った。術後28日、食道内圧検査を行い、ガストリンによる反応をみた。注射後5分、接合部圧、食道内圧が著明に亢進、20分後注射前に戻った。しかし術前の接合部圧の異常亢進、収縮輪の発現、挙上はなく、この点では手術効果が不十分ながらあったと思われた。自覚的に

は乾燥食品、野菜、果物の摂取に際し狭窄感を訴え、食道内圧上ガストリンの影響が残存しており、問題が残った。

症例 2 65才、女性、S型、拡張 III 度、罹病期間5年であった。手術前の食道内圧は接合部圧、食道内圧共にガストリンに対し軽微な反応しか認められなかった。同症例に症例1同様に Heller 手術を行った。術後1カ月の検索ではガストリンに対し反応が残存、食道内圧の上昇がみられた。自覚的には狭窄症状が軽度ながら存し、急いで食事した時や気分がすぐれない時につかえたと訴えた。手術効果充分とは言えなかった。

症例 3 3年前 Fundic patch 手術を行った51才、女性、術後愁訴なく、ガストリンに対する反応は内圧検査上、レ線検査上認められず手術効果充分と判定された。

これら検索を食道アカラシア7症例に行い本症とガストリンとの関連をみた。石上、Cohen、Lipshutz らはガストリンがアセチルコリンを節後性に放出して平滑筋の緊張と運動に作用するとして、本症患者の下部食道括約筋がガストリンに対して過敏性を示すと記載した。しかし、本症のガストリンによる影響には二型があり、過敏性を呈さぬ症例が認められた。過敏性を示すものはレ線上紡垂型、拡張 I, II 度のものであり、軽微な反応のみしか示さぬものは S 型、拡張 III 度のものであった。前者は本症の軽度例及至緊張型であり、後者は重症例及至弛緩型であった。手術によるガストリンの影響をみると、術後ガストリン刺激に反応するものは手術効果不十分のもの、反応が軽微か、反応を呈さぬものは手術効果充分なものであることが以上の成績から示唆された。

文 献

- 1) Cohen, S. and Lipshutz, W. (1971): Lower

- esophageal sphincter dysfunction in achalsia. *Gastroenterology* 61: 814-820.
- 2) Cohen, S., Lipshutz, W. and Hughes, W. (1971): Role of gastrin supersensitivity in the pathogenesis of lower esophageal sphincter hyperfunction in achalasia. *J. Clin. Invest.* 50: 1241-1247.
- 3) Lipshutz, W. and Cohen, S. (1971): Physiological determinants of lower esophageal sphincter function. *Gastroenterology* 61: 16-24.
- 4) 石上浩一, 年光昌宏, 山時 脩 (1974): 食道とくに食道胃接合部の機能と迷走神経. 外科 36: 623-626.

食道アカラシアに対する手術々式の検討

兵庫医科大学 第一外科

朱 明 義, 岡 本 英 三, 桑 田 圭 司
菅 原 一 郎, 大 橋 秀 一, 鈴 木 栄 太 郎
京 明 雄, 金 英 一
連 利 博, 勝 呂 元 彦

食道アカラシアに対する外科的治療は現在では Heller 氏粘膜外筋層切開術がほぼ標準的術式になっているが術後愁訴の点では必ずしも満足し得る成績が得られていない¹⁻³⁾. 従って多くの施設では原法のまま用いず, 何らかの改良を加えている. 我々も 1970 年より Heller の粘膜外筋層切開を可及的十分に行ない, 独自の逆流防止措置を付加した術式, 即ち Long Lateral Myectomy with Fundoapplication (以下我々の術式) を考案実施し, 良好な結果を得ている⁴⁾⁵⁾. 我々の術式とはまず食道下部左側壁で食道胃接合部を下端として長さ 7~9cm, 巾 1.5cm の myectomy を施行する. 次に myectomy による粘膜膨出部を自然に対応する胃穹窿部で被覆固定する. これは切開部の癒着性狭窄を防止し, かつ His 角の強化と弁の延長により逆流防止を図る措置である.

今回その逆流防止機構に関して臨床的並びに実験的に検討を加えた.

対 象

臨床例では我々の術式を施行した 15 例, 食道胃接合部の欠如した症例として食道胃前壁端側吻合を施行した噴門側胃切除例 10 例及び対照として食道胃接合部に病変のない症例 10 例を対象とした.

動物実験には体重 7~12 kg の雑種成犬を用い, 我々の術式を施行した 5 頭, Heller 氏食道粘膜外筋層切開術を施行した 3 頭, Wendel 氏噴門形成

術を施行した 4 頭及び対照として無処置の犬 1 頭を対象とした.

なお犬では解剖学的に下部食道高圧帯に対する横隔膜の影響が強く, 手術を施行した犬すべて横隔膜を食道全周より遊離し, 両側開胸した上, 食道胃接合部に手術挿作を加えた.

方 法

臨床例全例に胃食道引抜き内圧測定検査を施行した. 内圧測定検査には Argyle 社製 esophagea motility tube を用い, 先端より 5cm の同心円状の 3 つの side hole を受圧面とした. これを無麻酔下に経口的に胃まで挿入し, 門歯列より 50cm から 35cm まで 0.369ml/min の持続注入, open tip 法による 3 本の同時引抜き内圧曲線を同一症例に少なくとも 3 回以上測定した. なお圧測定には Statham 社製低圧用 transducer, 記録には日本光电社製 polygraph を使用した.

動物実験ではネンブータル 10mg/kg 静脈麻酔下にて臨床例と同様の方法で胃食道引抜き内圧測定検査を施行した. また動物実験では日を改めて食道胃バリウム造影を施行した.

成績及び考察

臨床例の内圧検査成績を表 1 に示す. 対照では高圧帯の圧は 10.3cmH₂O, 長さは 3.2cm であった. 我々の術式ではそれぞれ 8.9cmH₂O, 3.1cm であり, 対照とほぼ同等の高圧帯を有していた.

表1 食道内圧検査成績 (臨床例)

| | 対 照 (10例) | 我々の術式 (15例) | 噴 切 (10例) |
|---------|--------------|------------------------------|--------------|
| 高 圧 帯 | 10.3 ±4.5 | 8.9 ±3.0 | 4.2 ±1.6 |
| 食 道 内 圧 | -9.3 ±5.7 | -6.3 ±3.9 | -5.5 ±2.1 |
| | | (Mean±SD) cmH ₂ O | |
| 高圧帯長さ | 3.2 ±0.8 | 3.1 ±1.0 | 1.9 ±0.4 |
| | | (Mean±SD) cm | |

れ、逆流を防止するとともに十分な胃泡形成、His 角の鋭化が更に逆流防止を強化すると考えられた。

結 語

今回報告した臨床例及び動物実験例に対する検討では我々の術式の逆流防止機構は満足し得る成

表2 食道内圧検査成績 (実験例)

| | 対 照 (10頭) | 我々の術式 (5頭) | Heller (3頭) | Wendel (4頭) |
|---------|--------------|------------------------------|----------------|----------------|
| 高 圧 帯 | 18.1 ±7.8 | 16.2 ±2.7 | 11.5 ±1.3 | 5.9 ±2.6 |
| 食 道 内 圧 | -5.3 ±2.2 | -5.5 ±1.8 | -3.6 ±0.8 | -1.2 ±0.6 |
| | | (Mean±SD) cmH ₂ O | | |
| 高圧帯長さ | 1.7 ±0.4 | 2.1 ±0.7 | 1.6 ±0.2 | 0.9 ±0.2 |
| | | (Mean±SD) cm | | |

噴切では圧、長さとも前二者に劣る。

実験例の内圧検査成績を表2に示す。高圧帯の圧の高さは対照、我々の術式、Heller、Wendelの順でそれぞれ18.1cmH₂O、16.2cmH₂O、11.5cmH₂O、5.9cmH₂Oであった。長さはWendelのみが0.9cmと極端に短かった。即ち実験例でも高圧帯に関しては対照と我々の術式はほぼ同等であり、Heller、Wendelの順に縮少し、特にWendelではほとんど高圧帯は消失していた。

実験例の食道胃バリウム造影では対照及び我々の術式でhead down 腹部圧迫ともに逆流は見られず、Hellerではhead downで軽度の逆流、腹部圧迫で著明な逆流、Wendelではhead downにしくとも著明な逆流を認めた。

我々の術式では食道下部筋層切開部とこれに自然に対応する胃穹隆部との縫着により、Gubaroffの皺襞が延長され、嚥下時にはこの弁が広げられ、静止時には胃内の自然な側圧を受けて閉鎖さ

績であり、Heller氏法の逆流防止機構に関する短所をほぼ解消し得た術式であると考えられた。

文 献

- 1) Ellis, F.H. *et al.* (1975): Reoperation after esophagomyotomy for achalasia of the esophagus. *Amer. J. Surg.* **129**: 407.
- 2) Patric, D.L. *et al.* (1971): Reoperation for achalasia of the esophagus. *Arch. Surg.* **103**: 122.
- 3) Nemir, P. Jr *et al.* (1971): A Study of the causes of failure of esophagocardiomyotomy for achalasia. *Amer. J. Surg.* **121**: 143.
- 4) 岡本英三他 (1975): 食道アカラシアの手術. 外科診療 17: 1113.
- 5) 岡本英三他 (1976): 食道アカラシアに対する手術 Long Lateral Myectomy with Fundoapplication について. 手術 **30**: 1019.

ヒト胃筋電図の臨床成績 —内視鏡直視下誘導法による—

鳥取大学附属病院検査部

尾崎 忠 弘

鳥取大学医学部 第二内科学教室

福本 四 郎

鳥取大学医学部 第二生理学教室

高見 博, 山下 元 秀, 及 川 俊 彦

我々は、胃の運動機能を解明する目的で内視鏡直視下での胃筋電図誘導法の基礎的検討^{1), 2)}を行ってきた。今回は本法を臨床的に応用したので、その2, 3の成績を中心に報告する。

対象および方法

現在までに胃筋電図109例、十二指腸筋電図71例の内視鏡誘導を試みた。誘導部位として、胃では幽門前庭部小彎側、十二指腸では球部を選択した。誘導筋電図の放電は同部位よりいわゆる initial potential (slow spike) を連続して10個以上導出したものについて検討した。また、今回は放電間隔のみを指標とした。電極には独自に試作した極間1.5mm、長さ5mmの双極針電極、誘導用内視鏡として直視式ファイバースコープ GIF-D₃ (オリンパス製) を使用した。記録には日本光電製ポリグラフを用い、紙送り速度は胃では2mm/秒、球部では5mm/秒とした。必要に応じて心電図、呼吸曲線を同時描記した。

成 績

1) 胃筋電図

通常の正常胃から得られた胃筋電図の性状は initial potential とそれに後続する spike 放電群とからなり、放電間隔もほぼ一定でリズム性が観察された。電極刺入直後の筋電図は約1~2分間不明瞭な傷害電位様のパターンの混在を伴っており、約3~5分後まで放電間隔の延長がみられた。規則的な放電間隔を得るためには既発表の基礎的検討におけると同様に4~5分以上の時間を要することがわかった。109例の平均放電間隔(±標準偏差)は 20.9 ± 1.79 秒、範囲は11.1~31.5秒であった。

2) 十二指腸球部筋電図

球部の活動放電は胃と異ったリズムとして得られ、スパイク性放電の集団、すなわち burst として導出された。蠕動を伴わない initial potential は基線上に沈み、記録されないことが多く、burst が脱落してもその間隔は基本リズムのほぼ整数倍

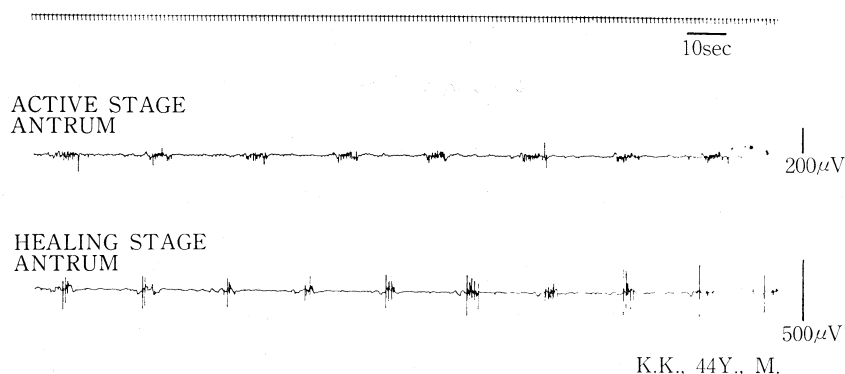


図 1. Healing pattern of electromyogram in gastric ulcer

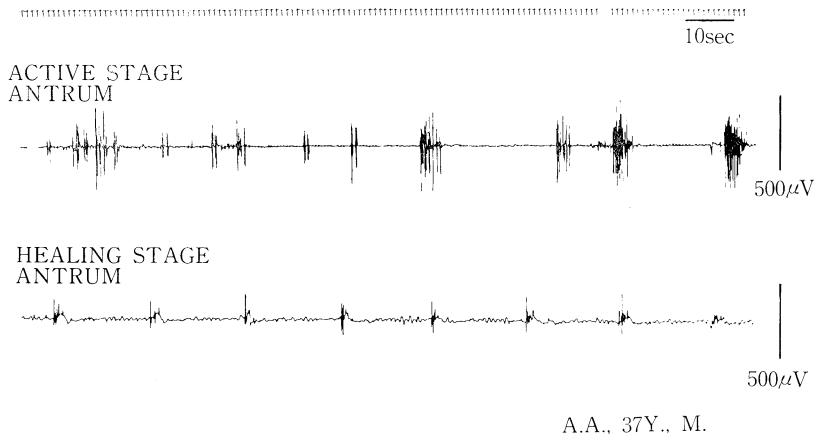


図 2. Healing pattern of electromyogram in duodenal ulcer

の時間的關係を示した。71 例の平均放電間隔は 7.4 ± 1.45 秒，範囲は 3.5～20.1 秒であった。

3) 病態別にみた胃筋電図放電間隔

各種疾患での平均放電間隔は胃潰瘍（10 例） 21.5 ± 2.71 秒，十二指腸潰瘍（18 例） 19.6 ± 3.53 秒，胃癌（7 例） 18.4 ± 1.20 秒，ビラン性胃炎（9 例） 23.0 ± 3.02 秒で，胃潰瘍，ビラン性胃炎は十二指腸潰瘍に比べて放電頻度の低下傾向を示した。胃癌の放電間隔は従来いわれているほど延長を示さなかった。

4) 胃十二指腸の筋電図学的経過観察

胃潰瘍（4 例）の筋電図学的な経過観察では，活動期に放電間隔の延長（図 1），放電リズムの乱れや逆蠕動放電の散発が特徴的であった。治癒とともに上記の急性期所見は 4 例とも改善され，全体の平均放電間隔でも 21.5 ± 9.24 秒から 19.0 ± 2.74 秒に短縮傾向を示した。一方，十二指腸潰瘍（4 例）では活動期に放電間隔の短縮と著明な放電リズムの乱れ（図 2）が観察されるが，潰瘍治癒によってこれら所見は改善され，放電間隔も延長した。4 例の活動期平均放電間隔は 18.4 ± 3.64 秒，治癒期では 22.0 ± 2.86 秒であった。

考案およびまとめ

我々の独自に開発した内視鏡直視下筋電図誘導法^{1,2)}を臨床的に応用し，ヒト胃十二指腸筋電図の誘導を試みた。得られた胃筋電図の性状は諸家

の報告^{3~5)}と酷似した。安定した筋電図をとるためには電極刺入後 3～5 分の時間を要することがわかった。胃放電間隔を病態別にみると胃潰瘍，ビラン性胃炎では延長，十二指腸潰瘍では短縮傾向がみられたが有意差はなかった。また胃十二指腸潰瘍の筋電図学的経過観察から，潰瘍活動期には胃蠕動放電のリズムに著明な乱れをみた。これらの成績からヒト胃筋電図の放電間隔は疾患固有でなく個体固有の変化を示すものと推定された。今後ヒト胃十二指腸筋電図の内視鏡透導法は，胃及び十二指腸の運動機能の解明上，有力な手段となり得るものと考えられる。

文 献

- 1) 尾崎忠弘，上南木洋一（1976）：胃筋電図の基礎的研究と臨床応用。Gastroenterological endoscopy 18: 705-707.
- 2) 尾崎忠弘ら（1976）：内視鏡的胃平滑筋電図誘導法の基礎的研究。日平滑筋誌 13: 253-254.
- 3) 鈴木行三（1968）：留置電極法による術後人体消化管活動電位の経時的観察について。日平滑筋誌 4: 89-102.
- 4) 大井 実（1969）：ヒト胃の筋電図。日平滑筋誌 5: 61-75, 1969.
- 5) 赤坂裕三ら（1976）：内視鏡直視下誘導法による上部消化管の筋電図学的研究。日平滑筋誌 12: 49-57.

ヒト幽門輪機能の筋電図学的研究

鳥取大学附属病院検査部

尾 崎 忠 弘

鳥取大学医学部 第二内科教室

福 本 四 郎

鳥取大学医学部 第二生理学教室

山 下 元 秀, 高 見 博, 及 川 俊 彦

胃十二指腸疾患の病態生理を把握する上で幽門輪の開閉時や十二指腸液の胃内逆流時における幽門括約筋の電気現象を知ることは臨床的に重要な意味をもつ。そこで我々は内視鏡直視下筋電図誘導法を用いてヒト幽門輪機能の筋電図学的な検討を行った。

対象および方法

対象は直視式スコープ (GIF-D₃, オリンパス製) にて上部消化管内視鏡検査を施行した 27~79 才の男女 49 例。幽門括約筋筋電図の直視下誘導を 30 例, 経幽門輪の球部筋電図誘導を 33 例に試みた。電極には試作双極電極 (極間 1.5 mm, 長さ 5 mm) を用い, 誘導放電は 10 個以上連続的に記録した。また 3 例に TGF-2D (オリンパス製) を用いて輪部と球部の 2 点同時誘導を試みた。時定数は 0.03 秒, 紙送り速度は輪部 2 mm/sec, 球部 5 mm/sec で記録し, 必要に応じて呼吸曲線と心電図を同時併記した。

成 績

1) 幽門輪部の収縮運動と括約筋筋電図

通常の場合, 胃上部からの蠕動に引き続く輪収縮に先行して規則的な括約部放電が観察された。幽門輪の開閉運動は, 放電の振幅や振続時間からみて内視鏡観察下での輪部収縮の強弱とほぼ一致した所見を示した。すなわち強収縮時には放電の振幅は大きく, 持続時間は長く, 弱収縮時には小さく短い。30 例の括約部筋電図の誘導成績を表 1 に示す。

2) 筋電図からみた十二指腸液胃内逆流現象

直視下に括約部筋電図を誘導しながら輪収縮運動及び十二指腸液の逆流現象を観察した。十二指

表 1 内視鏡直視下誘導法によって得られたヒト幽門括約筋電図の臨床成績

| 30 Cases | Mean \pm S. D. | Range |
|----------------------|--------------------|-----------|
| BER Interval (sec) | 23.09 \pm 3.90 | 16.2~29.5 |
| Amplitude (μ V) | 178.61 \pm 91.95 | 37 ~444 |
| Duration (sec) | 4.20 \pm 1.33 | 1.6~ 6.7 |

腸液逆流と括約部放電の関係から括約部筋電図は 3 つのタイプに分類される。即ち, (a) 輪部収縮に一致する蠕動放電のみ記録され, 逆放電の誘導されないもの (14 例, 47%), (b) 逆流の観察されない時は認められず, 逆流時に一致して括約部に逆蠕動性放電の導出されるもの (13 例, 43%), (c) 逆流の有無にかかわらず, 常に括約部蠕動放電間に胃上部からの蠕動支配をうけない別個の spike 放電群がみられるもの (3 例, 10%)。一方, 逆流現象と球部筋電図との関連を同様に検討すると十二指腸液の逆流時には必ず球部の逆行性放電の先行が観察された。これらから (c) の 3 例 (10%) では胃十二指腸間における筋層のつながりが推定される。

3) 胃運動の十二指腸への伝播について

球部筋電図の経幽門輪的誘導を行いながら輪収縮運動と球部筋電図との関係を観察記録した。通常, 球部筋電図は胃蠕動リズムと全く異なる放電間隔で記録される, しかし, 胃蠕動運動の増強時には, 胃蠕動が幽門輪に近づくのに一致して球部筋電図に spike burst が重畳して発現し, 輪収縮後はむしろ burst の抑制される傾向が認められた。輪収縮と同期する位置に球部放電が規則正しく誘導されるものが典型的で, 胃放電リズムと一対一の対応を示す症例も多く存在した。この現象は胃内容の排出に関する何らかの因子の球部への伝播を示唆するものと考えられた。

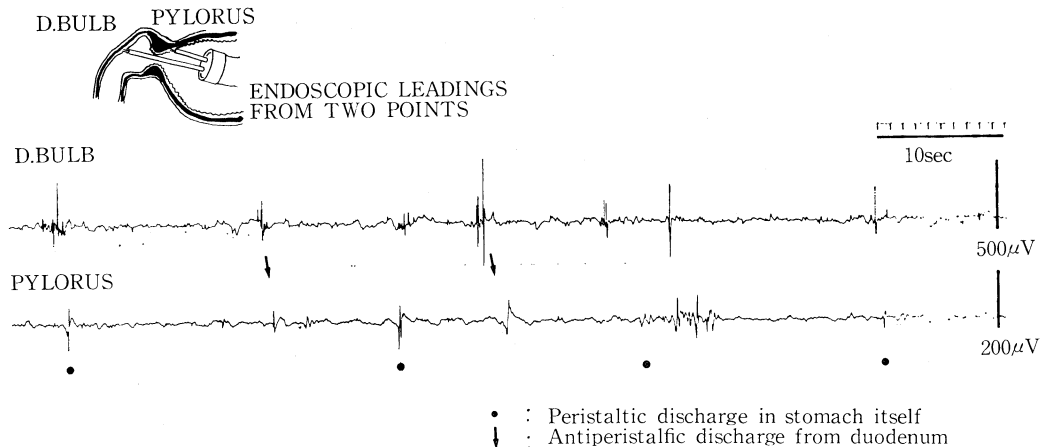


図1 幽門括約部と十二指腸球部の同時誘筋電図

4) 括約部と球部筋電図の2点同時誘導

2点同時誘導法を用いて幽門輪部と球部の筋電図を同時に記録した(図1)。括約部の放電にはほぼ同期して球部にも burst 様の放電が認められ、また球部の放電に続いて括約部に逆行性放電が記録された。

考案およびまとめ

ヒト幽門括約部筋電図の内視鏡誘導を試み良好な成績を得た。従来、胃幽門輪部ではみるべき活動電位が記録できない^{1,2)}とされてきた。これは誘導法上の問題と活動放電の振幅が小さい³⁾ことに起因するものと考えられた。十二指腸液の胃内逆流時には必ず球部筋電図の逆行性放電の先行が認められた。これは Alvarez の観察⁴⁾や荻野⁵⁾、赤坂³⁾の示唆を立証するものである。また幽門輪部筋電図の放電態度から胃十二指腸間に解剖学的

な筋層の接続が推定される症例を3例(10%)経験した。

文 献

- 1) Alvarez, W.C. and Mahoney, L.J. (1972): The myogenic nature of the rhythmic contraction of the intestine. *Am. J. Physiol.* **59**: 421-430.
- 2) Bass, P., Code, F.C. and Lambert, E.H. (1961): Electric activity of gastroduodenal junction. *Am. J. Physiol.* **201**: 587-592.
- 3) 赤坂裕三ら (1976): 内視鏡直視下誘導法による上部消化管の筋電図学的研究. 日平滑筋誌 **12**: 49-57.
- 4) Alvarez, W.C.: *An introduction to gastroenterology*. 4th ed., P. 173, Hoeber, New York, 1948.
- 5) 荻野貢成 (1977): 幽門輪の機能に関する内視鏡的研究. 日医大誌 **44**: 26-35.

イヌ胃温度の日内リズム —胃運動の関与について—

鳥取大学医学部 第二理学教室

山下 元秀, 高見 博, 鈴木 俊
白石 義光, 藤谷 嘉子, 及川 俊彦

鳥取大学附属病院検査部

尾崎 忠 弘

慢性電極植込み犬を用いて行ってきたイヌ胃運動の電気生理学的研究¹⁾にさらに胃温度の経時的観察を加え, 筋電図及び収縮ひずみ曲線を指標とした胃運動との関連について検討したので報告する。

方 法

pentobarbital sodium (30 mg/kg) 麻酔下で雑種成犬9頭の胃幽門前庭部前壁に双極電極, 防水型ストレイン・ゲージを, 胃体下部前壁漿膜筋層部にサーミスター温度計用円型センサーを慢性的に植込み, 胃筋電図, 収縮ひずみ曲線, 胃温度の日内変動を経時的にポリグラフィーした。食餌は1日1回, 固型食と水を与えた。実験は四季にわたり, 実験室の室温は4~30°Cの範囲であった。水は水道水をそのまま用いた。

成 績

1) イヌ胃温度の日内変動 (図1)

既に報告¹⁾したようにイヌ胃運動の日内変動は食後期の fed state と空腹期の fasting state に大別され, farting state は強収縮の頻発する contractile period とほとんど胃運動の観察されない uncontractile period に分かれる。犬に水と固型食を同時に与えると, 4頭の実験で摂食前の平均胃温度 $38.07 \pm 0.80^\circ\text{C}$ が摂食により $1.47 \pm 0.59^\circ\text{C}$ 下降し ($p < 0.005$), 63.1 ± 31.29 分で摂食前の胃温度に回復した。その後胃温はさらに緩徐に上昇し, 2.93 ± 0.96 時間高温期が持続した。食後2時間目の温度は $38.21 \pm 0.76^\circ\text{C}$ であった。高温期をすぎると胃温度は食後11~12時間まで徐々に下降を続けた。この間筋電図の放電間隔も徐々に短縮して行った。fasting state に入ると胃温度は

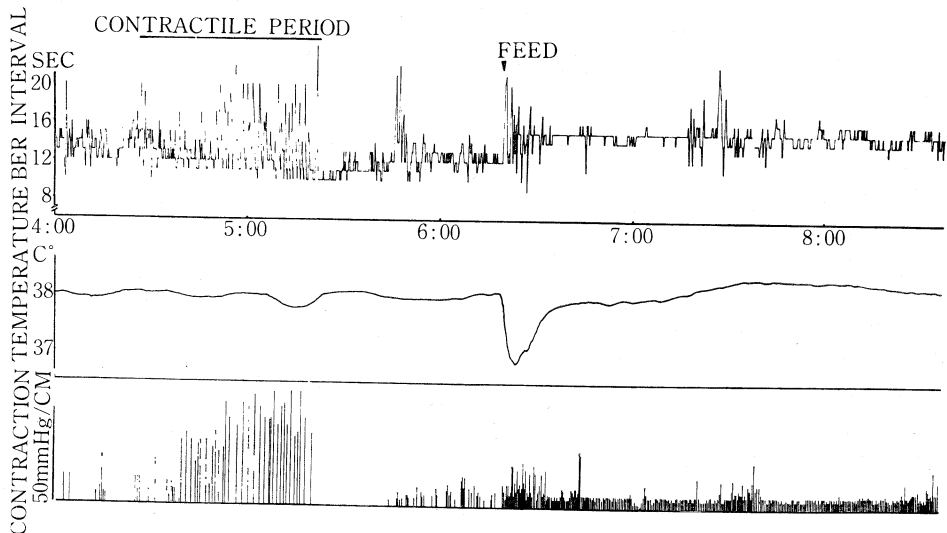


図1. 摂食前後の胃温度, 胃筋電図及び収縮ひずみ曲線の変化

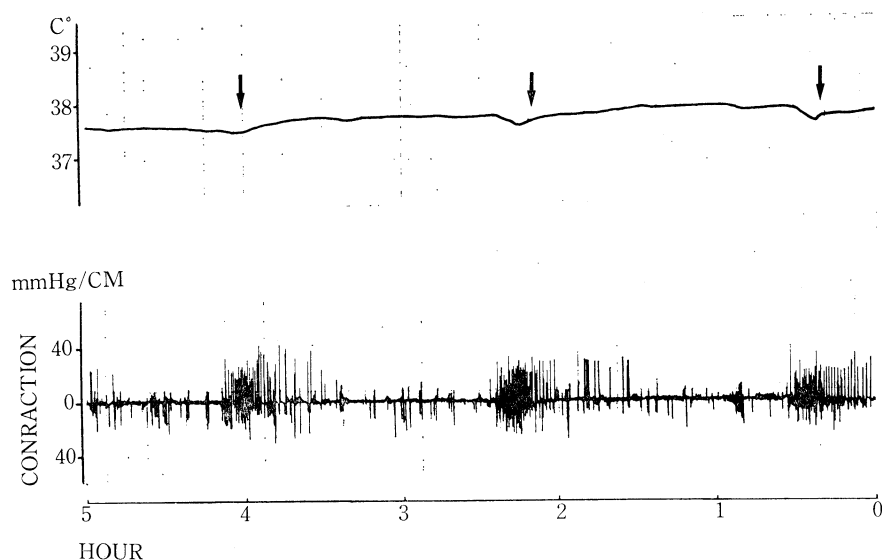


図 2. 空腹時期における胃温度と収縮ひずみ曲線の変化

ほぼ安定であったが、時々短時間の動揺が観察される。即ち胃筋電図の放電間隔が短縮、延長をくり返す振動現象を示す *contractile period* に一致して4頭の平均で $0.15 \pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 下降し、これは 20.6 ± 4.9 分間持続した。この一過性空腹時下降は1日に 6.2 ± 1.7 回出現した(図2)。

2) ガストリンの胃温度に及ぼす影響

fasting state に *tetragastrin* $6 \mu\text{g}/\text{kg}$ を筋注すると筋注後より約20分間にわたって胃筋電図放電間隔は体部、前庭部ともに短縮し、胃運動の亢進がみられた。この亢進作用にやや遅れて胃温度は5頭の平均で $0.27 \pm 0.14^{\circ}\text{C}$ 上昇し、これは平均 27.0 ± 7.0 分間持続した。

考案およびまとめ

意識下の犬の胃温度を経時的に観察すると、環境温の相違にもかかわらず変動は小さいながらも一定の日内リズムをもって上昇、下降をくり返していることがわかった。固型食のみを与えた時には下降がほとんどみられないことより、摂食時の急激な胃温下降は摂水によるものと考えられた。この胃温下降に続く高温期の形成には2つの要素が考えられる。1つは視床下部を中心とする体温調節系の関与で、即ちあるセットポイントにセットされた調節系に対して冷刺激が Rawson²⁾らの言う胃内温度受容器を介して *feed back* する

ために胃温上昇をもたらされる因子である。これは中村³⁾が胃を冷却すると胃血流量が減少し、中止すると冷却前より血流量が増加するとしていることと一致する。他の1つは摂食後の胃運動亢進に基づく血流増加によって胃温が上昇する因子が考えられる。Stephen⁴⁾による食後の腸管膜血流増加の報告がこれにあたる。食餌によって血中ガストリンが上昇することは広く知られている。中村によると、ガストリンは胃血流量を増加させる作用を有するという。我々の成績でもガストリンの筋注で胃運動亢進と胃温の上昇を認めた。これらから、食後のガストリン上昇と胃血流量増加が胃温上昇をもたらすものと推定された。

食後期の胃運動とくらべて空腹期強収縮時におけるそれは2~3倍強力なものという(相沢ら、1977)。北川⁵⁾も交叉熱電対法を用いた実験で、胃蠕動異常亢進時における胃粘膜血流量の減少を認めている。これらから *fasting state* での *contractile period* に一致する胃温の一過性下降は著明な胃運動亢進による胃平滑筋の虚血に起因するものと推察された。

文 献

- 1) 山下元秀ら(1977): 空腹時でのイヌ胃筋電図—合成モチリンの作用との相関性—日平滑筋誌 13: 267-269.

- 2) Rawson, R.O. *et al.* (1972): Location of intra-abdominal thermoreceptors in the ewe. *J. physiol.* **222**: 665-677, 1972.
- 3) 中村欣一 (1969): 胃血流量に関する実験的研究 (アミノピリンクリアランス法) 信州医誌 **18**: 539-566.
- 4) Stephen, F.V. *et al.* (1970): Mesenteric vasoactivity associated with eating and digestion in the conscious dog. *Am. J. Physiol.* **219**: 170-174.
- 5) 北川晴雄ら (1971): 蠕動運動異常亢進時における胃粘膜微小循環の血流動態およびエスペランの効果. 診断と新薬 **8**: 1094-1096.

慢性植込み単極白金針吸引電極法による 正常犬胃平滑筋電位の日内変動の観察

熊本大学医学部 第二外科および第二薬理*

跡 部 安 則, 落 合 隆 志, 小 堀 恭 裕
馬 場 憲一郎, 庄 島 健, 久 野 則 明
三 隅 厚 信, 赤 木 正 信, 西 勝 英*

我々は独自に慢性植込み単極白金針吸引電極を考案作成し, スパイク電位と遅電位とから成る安定した正常犬胃平滑筋電位を無麻酔無拘束下に導出し, これら胃平滑筋電位の日内変化について検討した.

方 法

8~17 kg の雑種成犬 8 頭を用い, Pentobarbital sodium 30 mg/kg 静脈麻酔下に開腹し, 胃体部と前庭部の漿膜面前壁に電極と放水型ストレーンゲージとを同位置にそれぞれ 1 個ずつ慢性的に植込んだ. 記録は術後 1 週目より空腹時及び食後の胃平滑筋電位と胃収縮ひずみ曲線の変化を 24 時間連続記録した. 前置増巾器の時定数は 2.0 秒とし, 吸引陰圧は吸引チューブを Tap-Aspirator に接続することにより得た. 食餌は 1 日 1 回一定時にドッグフード 20 g/kg を与えた.

結 果

1. 胃の電気的活動: 三相性のスパイク電位と単相性陰性の遅電位とから成り, スパイク電位は持続時間約 1 秒で, 食後 24 時間を通じ振巾一定 (1~5 mV) で放電間隔も比較的に規則的であったのに対し, 遅電位は持続時間及び振巾は食後の時間経過にしたがって異なった. 胃の機械的活動と電気的活動の相互関係をみると, 胃の収縮は遅電位が記録された時にのみ発生し, 前者の発生は後

者の発生と一致して, あるいはやや遅れて起った. また, 両者の振巾の増高は同期していた.

2. スパイク電位放電頻度の日内変化 (図 1): スパイク電位の放電頻度は食餌摂取と同時に著明に減少し, 食前値の $14.5 \pm 5.1\%$ の減少を示した. 食後 2~4 時間で最低となった (第 1 期). 以後漸増し, 6~8 時間で食後 1 時間値へ, さらに

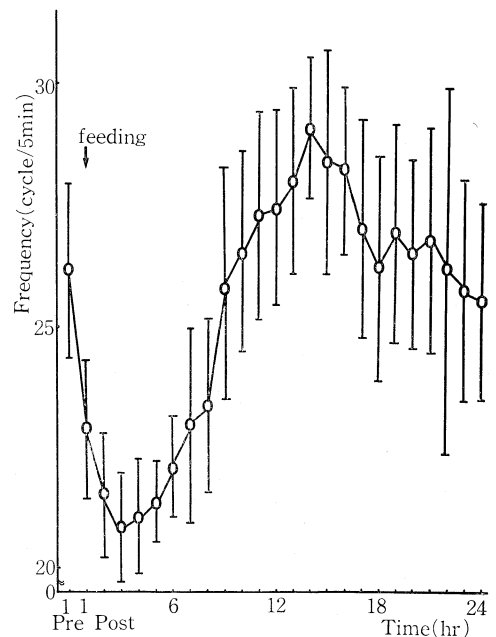


図 1. スパイク電位放電頻度の日内変化
それぞれの点は 1 頭の 7 日間の観察の平均値を表わし, 縦棒は標準偏差を表わす.

10~12 時間で食前値へ復し, 13~15 時間で最高となった(第 II 期). 以後漸減し, 食前値へ復する傾向を示した(第 III 期)が, 16~18 時間頃から著明な増減の変動を示し, 次の食餌摂取までの状態が持続した(第 IV 期). この日内変化のパターンは経日的にも各個体間においても全く同一であったが, 食後の各時間における放電頻度にはかなりの変動が認められた. また, この日内変化のパターンに食餌摂取を昼間した時と夜間した時とで差はなく, 食餌摂取をした時間を起点として同一のパターンをくり返した.

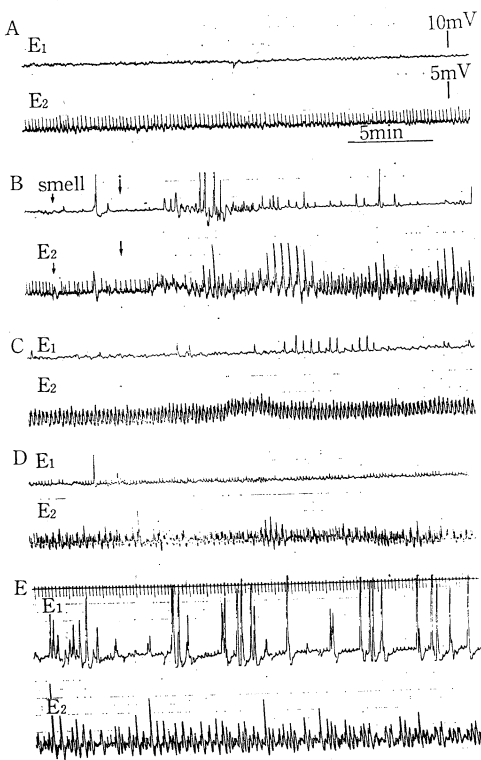


図 2. 遅電位の日内変化

3. 遅電位の日内変化(図2): 空腹時, スパイク電位のみで遅電位の全く認められない時期(図2A)に食餌を与えると前庭部 E₂ では食後 2~5 分で遅電位の出現が認められた(図2B). 食後 2~3 時間はほぼ一定の振巾を示したが(図2C), 以後軽度の waxing and waning pattern を示し, 8~10 時間を経過するとさらにこの傾向が著明となった(図2D). 17~19 時間を経過すると, 次の食餌摂取まで前庭部 E₂ のみでなく胃

体部 E₁ にも非常に特徴のある遅電位の群化した時期(図2E)と全く遅電位の認められない時期(図2A)とを前者 28 分 21 秒 ± 15 分 32 秒, 後者 43 分 39 秒 ± 23 分の周期で交互にくり返した.

ま と め

胃運動の日内変化を慢性植込み単極吸引電極を用い筋電図学的に観察し, スパイク電位, 遅電位それぞれの面から検討した.

スパイク電位は胃の収縮の有無に関係なく常に出現し, 24 時間を通じ振巾一定で放電間隔も比較的に規則的であった. この放電頻度の日内変化は昼夜に関係なく食餌摂取した時間を起点として 4 期に分けることができた.

遅電位は食後経過時間によりその持続時間及び振巾は異なり, 胃の収縮が認められた時のみこれと一致してあるいはやや先行して発生し, さらにこの両者の振巾の増高は同期していた. この結果から, 遅電位を指標として胃運動の日内変化を観察すると, 筋電図上からも食後期のパターンと空腹時のパターンに分けることができ, 他の報告者の結果と同様であった.

文 献

- 1) Sakamoto, S. and Nishi, K. (1967); Electrical and mechanical activities in the stomach of the dog; Effect of the vagus nerve stimulation, atropine, neostigmine and adrenaline. *Kumamoto Medical J.* **20**: 25-38.
- 2) 坂本彰一郎 (1971): 胃平滑筋電位の研究, 特に交感神経刺激, カテコールアミン, レセルビン, フェントールアミンの影響について. 熊本医学会誌 **45**: 229-239.
- 3) 赤木正信ら (1972): 胃平滑筋電位の単極吸引電極導出法—迷走神経刺激, 内臓神経刺激の電位変化におよぼす影響について—. 日平滑筋誌 **8**: 162-171.
- 4) Itoh, Z. et al. (1977); Diurnal changes in gastric motor activity in conscious dogs. *Amer. J. Dig. Dis.* **22**: 117-122.
- 5) Reinke, D.A., Rosenbaum, A.N., Benett, D.R. (1967); Patterns of dog gastrointestinal contractile activity in vivo with extraluminal force transducer, *Amer. J. Dig. Dis.* **12**: 113-141.

小彎と大彎別にみた胃運動の比較

岩手医科大学 第一外科学教室

旭 博 史, 篠 福 哲 彦, 及 川 司
 齊 藤 純 一, 井 関 恒, 阿 部 正
 志 田 悦 郎, 及 川 和 彦, 瀬 田 孝 一

胃潰瘍は大彎側に少なく, 小彎側とくに胃角部に好発する. この理由をわれわれは, ストレンゲージを用い, 胃小彎と大彎の収縮曲線を記録し, 胃運動の面より検討したので報告する.

実験材料および方法

雑種成犬を用い, 麻酔下に開腹し, 胃の小彎と大彎の運動の観察のため, 小彎側には胃角部に, 大彎側には胃角に対応した部位に1個ずつ, 防水型ストレンゲージを縫着固定し, 導線は背部より取り出した. 術後2週間経過した後, 背部のコネクターをポリグラフに持続し, 意識下に無拘束状態でひずみ曲線を記録した. 24時間の絶食時を対照とし, 次いで, 食餌刺激としてドッグミート300 g, ワゴスチグミン 0.05 mg/kg, テトラガストリン 4 μ /kg 静注等の刺激を行い, 得られたひずみ曲線より収縮波の振幅, 面積, 持続時間を測定し, 胃小彎と大彎の運動の差異を検討した. なお, 面積は運動量を表わすものと考えた.

実験成績

食餌刺激: 食餌摂取により, 小彎大彎ともに収

縮頻度が減少し, かつ振幅の増大がみられ, これに伴い運動量の増加がみられた. しかし, 摂取後15~30分後には, 対照の値にはほぼ近付いた. 持続時間は大彎側では変動が少なく, ほぼ一定していたが, 小彎側では食後次第に延長した. 振巾と面積では個体差がかなりみられたが, 総じて小彎側が常に大であった.

ワゴスチグミン刺激: 小彎大彎ともに刺激後3~4分で強い律動性のやや振幅の不揃いな収縮波がみられ, 振幅の著明な増大と運動量の増加がみられた. 収縮頻度は減少する例が多かった. 刺激後60分経過してもなお, 増大は持続していた. 持続時間は, 刺激による変化がみられず, 一定した値を示した. 小彎と大彎を比較すると, 振幅と面積では小彎側が大である例が多く, 持続時間は, ほぼ同じ値の例が多くみられた.

テトラガストリン刺激: 刺激後1~2分で特徴的な律動性の収縮波が出現し, 収縮頻度は増加した. 振幅は軽度増大し, それに伴い運動量も軽度増加した. 持続時間は収縮頻度の増加に伴い, 短縮がみられた. しかし, これらの変化は一過性で, 15分後には, 対照と同じ波形を呈するようになった. 小彎と大彎を比較すると, 刺激後小彎側

表 1. 胃小彎と大彎の運動の比較

| | | | 振 幅 | | 持 続 時 間 | | 面 積 | |
|---------------------------|-------|--|-----|-------|---------|-------|-----|-------|
| | | | 対 照 | 刺 激 後 | 対 照 | 刺 激 後 | 対 照 | 刺 激 後 |
| 食 餌 刺 激 (9 頭) | 小彎>大彎 | | 7 | 7 | 3 | 6 | 5 | 5 |
| | 小彎=大彎 | | 1 | 0 | 6 | 3 | 3 | 3 |
| | 小彎<大彎 | | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| ワゴスチグ ミン 刺 激 (7 頭) | 小彎>大彎 | | 5 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 |
| | 小彎=大彎 | | 2 | 0 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| | 小彎<大彎 | | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| テトラガス トリン 刺 激 (7 頭) | 小彎>大彎 | | 7 | 4 | 0 | 2 | 5 | 2 |
| | 小彎=大彎 | | 0 | 1 | 7 | 4 | 2 | 4 |
| | 小彎<大彎 | | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |

(数字は頭数)

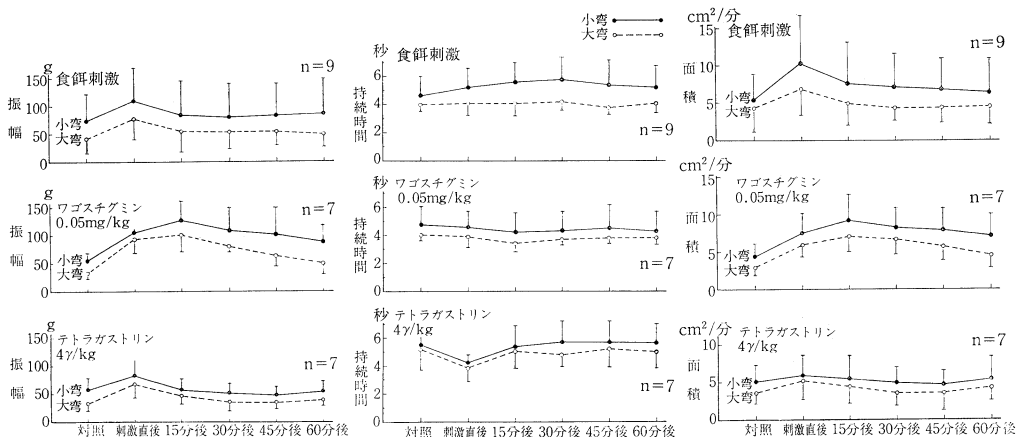


図 1. 振幅, 持続時間, 面積よりみた胃小彎と大彎のひずみ曲線の比較

の変化があまりみられない例が半数みられ, これらの例では, 小彎と大彎がほぼ同じ値を示すようになった。

以上より小彎と大彎の差異を各イヌ別で比較し, 刺激ごとに, 対照と刺激後において, 有意差のあるものの頭数を表 1 に示した。振幅では, 各刺激とも小彎側が大である例が多数であり, 大彎側が大である例は非常に少ない。しかし, 刺激後に大彎側が大である例が増加した。持続時間では, 小彎と大彎と同じ値を示すものが多くみられた。しかし, 食餌刺激では, 刺激後小彎側が大である例が増加した。ワゴスチグミンおよびテトラガストリン刺激では, 刺激により, 小彎側が大である例, 大彎側が大である例がそれぞれみられるようになった。面積では, 振幅と同じような傾向を示したが, 各刺激とも小彎と大彎が同じ値を示

すものが増加した。とくにテトラガストリン刺激では, 刺激後, 小彎と大彎の差異が少なくなり, 小彎側が大である例が減少した。以上全体的にみれば, 大彎側が大である例は非常に少なく, 小彎側が大である例が多かった。

結 論

小彎と大彎の運動を, 収縮波の振幅, 持続時間, 面積より検討すると, 刺激前後を通じて, 小彎側の方が大彎側より大であるものが大多数であった。このことより小彎胃角部は, 大彎にくらべ, 反復かつ持続する収縮運動の影響を常に受け, 大彎にくらべより強い血流障害を受けることになり, ひいては潰瘍の好発および治癒の遷延につながるものと考えられる。

近側胃と遠側胃の筋電図及びひずみ曲線による比較

岩手医科大学 第一外科教室

井 関 恒, 旗 福 哲 彦, 旭 博 史

斉 藤 純 一, 阿 部 正

及 川 和 彦, 瀬 田 孝 一

高位潰瘍の成因の究明の一環として, 近側胃の運動を筋電図とひずみ曲線を記録し検討したので報告する。

実験方法

次の2つの方法で実験を行なった。

実験 1 は近側胃を筋電図学的で検討するため, 雑種成犬 6 頭を用い, 小彎側では左胃動脈の胃へ

流入する部位（食道胃接合部より平均 2 cm 幽門側），更にそれより幽門側へ 3 cm 離れた部位，大彎側では大彎全長の近側 1/3 の部位，更にそれより 3 cm 幽門側へ離れた部位に合計 4 個の双極電極も固定した．術後 1 週間してテトラガストリン 4 γ /kg，ワゴスチグミン 0.05 mg/kg，ドッグフード 300 g の刺激を行ない，その変化を検討した．

次に実験 2 として胃運動をより明確に記録するため，4 頭の雑種成犬を用い，左胃動脈流入部（上部），胃角部（下部），またそのちょうど中間（中部）の計 3 ケ所の胃前壁に電極，後壁にストレンゲージを固定し筋電図とひずみ曲線の同時記録を行なった．1 週間後，テトラガストリン 4 γ /kg/hr の点滴静注，ドッグフード 300 g 投与の 2 種の刺激を行ないその変化を検討した．

実験成績

実験 1 の成績：近側の電極について筋電図が記録されるかどうかみると，表 1 の如く，対照では遠側の電極では小彎，大彎共に殆どどの例で筋電図が記録されるが，近側の電極では大彎側で半数，小彎側で全例記録がされなかった．しかし，

表 1. 各種刺激後の筋電図記録率

| | 対 照 | ガストリン刺激後 | ワゴスチグミン刺激後 | 食餌刺激後 |
|-------|-----|----------|------------|-------|
| 小彎 近側 | 0/6 | 1/6 | 0/5 | 1/6 |
| 小彎 遠側 | 5/6 | 5/6 | 4/5 | 5/6 |
| 大彎 近側 | 3/6 | 3/6 | 2/5 | 3/6 |
| 大彎 遠側 | 6/6 | 6/6 | 4/5 | 6/6 |

テトラガストリンあるいは食餌刺激で小彎近側に筋電図が記録されるようになった例が各 1 例ずつあった．ワゴスチグミン刺激では刺激後筋電図が記録されるようになった例はみられなかった．放電間隔の変化をみると，テトラガストリン刺激では刺激直後に対照に比し 21% の短縮がみられたが以後徐々に延長し 60 分後には 5% の短縮とほぼ対照の値に戻った．ワゴスチグミン刺激では刺激直後に対照より 2.5% の増加とわずかな変化しかみられなかったが，15 分後には 23% 増加と著明な延長をみた．その後，徐々に短縮し 60 分後には 4% 増加とほぼ対照の値に戻った．食餌刺激では経口摂取と同時に放電間隔は延長し刺激直後では対照より 12% 延長し，その後さらに延長し

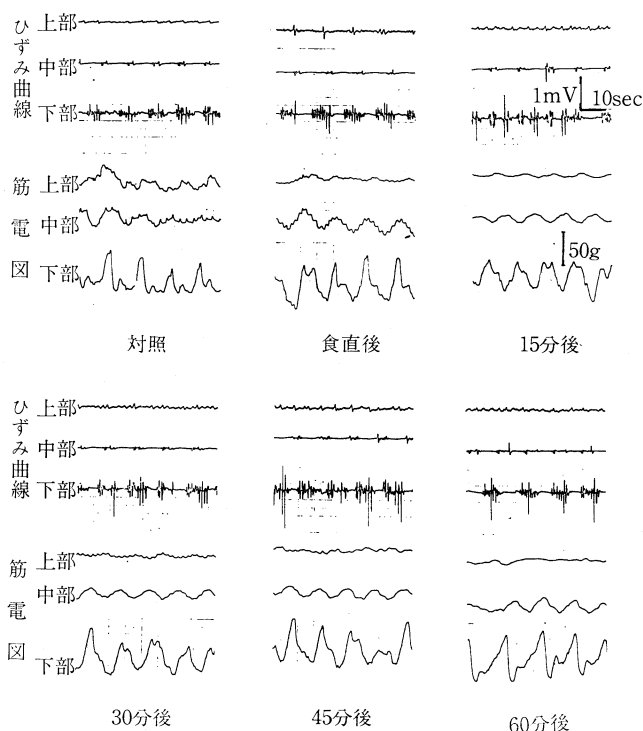


図 1. 食餌刺激による胃筋電図とひずみ曲線の変化

食後 15 分では 20% の延長がみられた。45 分後より次第に減少するが 60 分後でもなお 14% とかなりの延長がみられた。

実験 2 の成績：対照例の筋電図は胃上部では全例記録されず、中部の電極で 4 例中 3 例、下部では全例筋電図が記録された。ひずみ曲線では上部で 1 例に弱い収縮がみられ、中部では 4 例中 3 例、下部では全例に収縮がみられた。下部の収縮の振幅を 100% とすると中部は 26~88% (平均 57%)、上部は 20% となり、上部にいくに従い次第に収縮力が減少することが認められた。食餌刺激による変化をみると (図 1)、平均放電間隔は対照 12.1 秒であったものが食直後 15.8 秒と延長し、その後 15 分後 13.4 秒、30 分後 12.6 秒、45 分後 14.1 秒、60 分後 12.8 秒と次第に短縮した。また伝播速度は中、下部の電極間で測定したが、対照で 2.2 mm/sec. であったものが、直後 3.4 mm/sec., 15 分後 3.6 mm/sec, 30 分後 3.3 mm/sec. と増大し、60 分後でも 3.3 mm/sec. となお

増大がみられた。また、ひずみ曲線では食餌刺激により収縮波の振幅の増大がみられ、下部では対照より 30~200% の増加、中部では 50~90% の増加を示した。しかし上部では変化はみられなかった。テトラガストリン刺激による変化をみると、平均放電間隔は対照 11.8 秒に対し、ガストリン点滴中 10.8 秒と短縮がみられ、伝播速度は対照 2.5 mm/sec. であったものが点滴中 2.7 mm/sec. とわずかの増大がみられた。ひずみ曲線では対照に比し 20~40% 増加あるいは減少したものがあて一定の傾向は得られなかった。

結 論

胃高位、左胃動脈の胃への流入部では絶食時筋電図は記録されず、1 例に弱い収縮がみられただけであった。刺激により 2 例に筋電図が記録されるようになったが、ひずみ曲線では収縮の増大、あるいは新たに収縮波が出現するということがなかった。

モルモット胃壁の輪走筋に対する K イオン除去の効果

福岡大学医学部 第一生理学教室

徳 納 博 幸, 坂 本 康 二, 富 田 忠 雄

平滑筋の slow wave の発生機序を明らかにする研究の一環として、モルモット胃 (幽門部) の輪走筋においてみられる slow wave に対する外液 K イオンの影響を細胞内電極による記録で調べた。この標本でみられる典型的な slow wave は 1 分間に 3~4 の頻度で現われ、その底部を構成する第 1 要素とその上部に現われる第 2 要素、およびさらに第 2 要素の上にみられる 1 個ないし数個のスパイク要素からなっている (Ohba, Sakamoto & Tomita, 1975)。第 1 要素は膜電位にあまり影響を受けない特徴をもっている。

外液の K イオンを除くと膜は普通約 5 mV の脱分極を起こすが、標本によっては一過性の弱い過分極後に脱分極を起こしたり、膜電位があまり変化しない場合もみられる。発生頻度は次第に減少し、5 分後の頻度は多くの場合 1 分間に 1 個以下になり、また時には完全に停止してしまうこともある。また第 2 要素は小さくなり、その持続時

間は短くなる。第 1 要素も小さくなるが、その持続はやや短くなる場合と、やや長くなる場合がある。スパイク要素は変化を受けにくい。第 2 要素および第 1 要素がある程度以上小さくなると発生しなくなる。

数分間以上 K を除いておいて、K を再投与すると 5 分間程度持続する一過性の過分極が現われる。この過程では第 1 要素、第 2 要素とも大きくなるが、特に第 1 要素の振幅の増大、および持続時間の延長が著明にみられる。この K の再投与による効果は K 欠除液中の Ca 濃度で左右され、Ca 濃度が高いほど第 1 要素の増強が著明になり、過分極も大きく現われるようになる。すなわち前に蔗糖隔絶法で得られていた結果 (Ohba, Sakamoto & Tomita, 1977) を再確認することができた。なお、K 欠除液中でみられる slow wave の発生頻度の減少程度は Ca を増加させても、減少させても弱くなる。

K 欠除液に 5 分間程入れておいて、膜の脱分極と slow wave の頻度の減少がみられたあと、Ca を 10 倍 (25 mM) に増加させると第 1 要素は一過性に著明に延長し、スパイク要素の増加がみられる。約 5 分後には持続時間も発生頻度もほぼ正常に回復する。その後、膜は次第に 10 mV 以上の過分極を起こし、同時に slow wave の持続時間は短縮し、スパイク要素も抑えられてくる。この時点で正常の Krebs 液にもどすと、膜はさらに 5 mV 以上過分極し、第 1 要素の著明な増大がみられる。

ウワバイン (10^{-5} M) は膜を約 10 mV 脱分極させ、slow wave を小さくし、その発生頻度を増す。これらの回復は非常にゆるやかで、約 30 分で正常にもどる。ウワバイン存在下で K を除くと膜は再分極し、slow wave の頻度は非常に低くなる。また、K 欠除液に K を加えると過分極はみられず、かえって脱分極が起こる。しかしこの場合、slow wave は小さくて高頻度ではあるが、急速に現われる。

外液の Na を choline で完全に置換すると 30 mV にも達する脱分極が起こり、多くの場合 slow

wave の消失がみられる (Ohba, Sakamoto & Tomita, 1977; Tomita & Sakamoto, 1977)。この効果は K 濃度を 2 倍にすると強められ、K を除去すると抑制される。

以上のことから、K イオンは胃の輪走筋の膜電位および slow wave の発生に複雑に影響を及ぼしていることがわかる。その影響の一部はウワバインに感受性をもつ Na ポンプを介しての膜電位発生で説明できる。しかしこれ以外に、Ca イオンと共に slow wave の第 1 要素の発生に関与している可能性が考えられる。

文 献

- 1) Ohba, M., Sakamoto, Y. & Tomita, T. (1975): *J. Physiol.* **253**: 505-516.
- 2) Ohba, M., Sakamoto, Y. & Tomita, T. (1977): *J. Physiol.* **267**: 167-180.
- 3) Tomita, T. & Sakamoto, Y. (1977): In "Excitation-Contraction Coupling in Smooth Muscle" ed. R. Casteels, T. Goodford & J.C. Ruegg, pp 37-46, Elsevier, Amsterdam.

モルモット胃の輪走筋に対する Mn イオンの効果

福岡大学医学部 第一生理学教室
坂 本 康 二

モルモット胃輪走筋の slow wave は膜電位依存性は弱い、温度依存性 ($Q_{10}=3$) の強い第 1 要素と、この第 1 要素によって引き起こされる膜電位依存性の第 2 要素からなっている。外液の Na を 5 mM 以下に減少させると膜は脱分極し、第 1 要素の消失が起こり、持続的な拘縮がみられる (Ohba, Sakamoto & Tomita, 1977)。一方、妊娠マウスの子宮筋においても外液 Na の除去によって著明な脱分極と拘縮が起こるが、この現象は 1 mM の Mn で抑えられるので、Na 除去の効果は Ca の透過性の増加が主な原因であろうと報告されている (Osa, 1973)。そこでこの実験では Na 除去による胃輪走筋の脱分極と拘縮に対する Mn の効果を検討してみた。

実験方法

膜電位の変化は主として微小電極を用いて記録し、膜抵抗の変化は二重蔗糖隔絶法で測定した。細胞内電位の記録には 0.5×1 mm の小さな切片を、収縮の記録には 1×5 mm 程度の大きさの標本を用いた。

結果と考察

1 mM 以下の低濃度の Mn では slow wave の頻度が増加するが、これは第 1 要素が持続的に発生したために脱分極が起こり、この脱分極 (10~15 mV) によって第 2 要素が高頻度で現われたものと解釈される。高濃度の Ca は第 1 要素の持続時間を延長させるが、Mn はこの作用を著明にし

た可能性が考えられる。1 mM 以上の高濃度の Mn を与えると、最初は低濃度の場合と同じく、第 1 要素の持続的発生による脱分極と第 2 要素の発生頻度の増加がみられるが、この効果は次第に減少し、最終的には slow wave は消失してしまう。この場合弱い拘縮がみられる。

標本によっては第 1 要素の小さいものがあるが、この場合には Mn の効果が弱く、脱分極や slow wave の頻度の増加がみられず、1 mM 以上の濃度で slow wave の振幅および頻度は次第に抑制される。

膜抵抗は低濃度の Mn では減少するが、これは脱分極に伴った可能性が考えられ、高濃度では増加する傾向を示す。あらかじめ外液 Ca 濃度を増して第 1 要素を延長しておいて Mn を与えると、第 1 要素に対する Mn の効果は著明になるが、第 2 要素への影響は逆に弱くなり、頻度の増加は著明でなく、時間と共にあって頻度の減少がみられる。このように第 2 要素に対しては Mn と Ca は拮抗的に作用すると思われる。

Na を choline で完全に置換すると膜は急速に著明な脱分極 (20~30 mV) を起こし、slow wave は消失する。あらかじめ Mn (1~2 mM) で処理したのち、Mn の存在下で Na を除くと、初期の急速な脱分極はみられず、ゆるやかな脱分極が起こってくる。しかし、この脱分極の最終値は Mn を与えない場合とほぼ同じである。一方 Na 除去による拘縮は Mn で強く抑制されるが、ある程度

の拘縮が残り、高濃度 (5 mM 以上) でも完全な抑制はみられない。このようなことから、Na 除去による初期の脱分極は Ca の透過性の上昇により、後期の脱分極は第 1 要素の発生と関連した何か別の機序によるものと思われる。

第 1 要素は Ca が膜中の担体によって運ばれる過程によって発生する可能性があるが (Tomita & Sakamoto, 1977), Mn はこの過程を促進することによって第 1 要素を持続的に発生させるのかも知れない。このように考えれば Mn の効果が第 1 要素の著明な標本ほど強く現われることが説明できる。第 2 要素に対しては Mn は抑制的に働くが、この作用は第 1 要素に対するものよりも高い濃度で現われ、Ca のコンダクタンスを抑えることで説明できる。Na 除去による拘縮は大部分 Ca の流入によるものと考えられるが、Mn 自身でも拘縮を起こし得るので、さらに詳しい分析が必要である。

文 献

- 1) Ohba, M., Sakamoto, Y. & Tomita, T. (1977): *J. Physiol.* **267**: 167-180.
- 2) Osa, T. (1973): *Jap. J. Physiol.* **23**, 113-133.
- 3) Tomita, T. & Sakamoto, Y. (1977) In "Excitation-Contraction Coupling in Smooth Muscle" ed. R. Casteels *et al.*, pp 37-46, Elsevier, Amsterdam.

ヒト胃体部輪走筋の電気生理学的研究 (モルモット胃の slow wave との比較実験)

九州大学医学部 薬理学教室

原 裕 介, 栗 山 熙
北 村 憲 司, 伊 東 祐 之

哺乳動物の消化管平滑筋細胞は、部位および種特異性が著しいので、ヒト消化管の生理運動を理解するには、ヒトの平滑筋を用いて研究する必要があると思われる。今回我々は約 50 例の摘出胃より、主に体部輪状筋を採取し、その平滑筋の電気、収縮現象を記録し、slow wave の成因をモルモット胃平滑筋と対比して研究したので報告す

る。

実験方法

九州大学第 1 外科にて胃癌、胃潰瘍により胃切除術を受けた約 50 例の体部輪状筋の電気、収縮現象を二重蔗糖隔絶法および微小電極法により記録した。

実験結果

微小電極で測定した膜電位は、約 56 mV で、三種類の自発放電が観察された。すなわち、prepotential を有し、途中で notch がみられるもの spike and plateau type および slow depolarization に repetitive spike discharge が重畳するものである。次に細胞外通電法により、矩形波を与え、電気緊張電位を測定すると、その大きさは、刺激電極からの距離に応じて減少する。この方法で測定した長さ定数は 1.34 mm であり、この実験結果はヒト胃平滑筋も cable property を有することを示している。従ってヒト胃平滑筋にも二重蔗糖隔絶法を適用することが出来る。以下の実験は主に prepotential を有する slow wave について行なった。

tetrodotoxin (10^{-6} g/ml), atropine (10^{-6} g/ml), hexamethonium (10^{-6} g/ml) を適用しても slow wave の波形には、殆んど変化が観察されないもので、主として筋原性の電位変化であると考えられる。しかし prostigmine (10^{-6} g/ml) で膜はわずかに脱分極し、slow wave の頻度が増加するので、神経要素も slow wave に影響を及ぼすと推定できる。二重蔗糖隔法で記録した自発放電にも、微小電極法と同様に三種類の放電パターンがみられた。slow wave は 10~15 mV の脱分極又は再分極レベルに hump を有しており、この hump により第一および第二の成分に分けられる。第二成分の大きさは、通電により膜を脱分極させると減少し、膜を 20~25 mV 過分極すると増加した。しかし第一成分の大きさは、脱分極および過分極通電により殆んど影響を受けなかった。さらに脱分極および過分極通電によっても slow wave の頻度には変化が観察されなかった。この実験結果は電位非依存性の第一成分が slow wave の頻度

に重要な役割をはたしていることを示唆している。つぎに slow wave の頻度に及ぼす温度の効果調べると、 Q_{10} は 2.4 でモルモットとはほぼ同じ値を示した。slow wave の頻度が温度依存性である事、および膜電位非依存性である事は、slow wave の発生機序に metabolism が関与していることを示している。次に外液イオン環境を種々変化させて slow wave におよぼす効果を観察した。Na イオンを Tris イオンに置換した Na 欠除液では、膜は約 6 mV 過分極し slow wave は消失するが、外向き電流により膜を静止レベルまで再分極すると slow wave は発生した。Ca 欠除液では、自発放電は全く消失するが、外向き電流により slow wave の第二成分に相当する電位変化が発生する。しかしさらに Na イオンを Tris イオンで置換すると、この電位変化も消失する。Ca 欠除液中で通電により発生した Na 依存性の電位変化は、TTX 存在下でも観察された。従って slow wave の電位依存性の要素は、Ca・Na 依存性の要素よりなりたち TTX-resistant であると考えられる。電位固定法によってもこの二つの電流を分離することが出来た。

結 語

1. ヒト胃平滑筋も他の動物の平滑筋同様 cable property を有している。
2. slow wave は輪状筋の場合胃全体にみられ、筋原性である。
3. slow wave はモルモット同様、第一（電位非依存性）、第二（電位依存性）成分に分けられる。
4. slow wave の電位依存性の要素は、Ca 依存性及び TTX-resistant Na の依存性の要素より成る。

モルモット胃の縦走筋と輪走筋における微細構造の比較

札幌医科大学 第二生理学教室

森 谷 恵, 石 沢 光 郎, 砂 野 哲
藪 英 世, 宮 崎 英 策

平滑筋組織は、臓器、あるいは部位によって収縮性に差のあることが知られている。それぞれの

組織の構造を比較検討することによって、組織間の機能の差を解明する手がかりが得られる可能性

がある。収縮性や薬物反応に著明な差がみられる¹⁾²⁾モルモット胃の縦走筋と輪走筋について、微細構造の差を検討してみた。

方 法

摘出したモルモット胃より、粘膜を含まない縦走筋標本、および輪走筋標本を胃体部、大彎側より切り出した。筋標本は 37°C の Krebs 液中に懸垂し、等張性に収縮を記録した。

電顕標本：筋条片を 10^{-5} M adrenaline で弛緩させた後、外液を 2.5% glutaraldehyde 液 (0.1 M cacodylate buffer, pH 7.4; 37°C) に置きかえて固定し、その後 osmium 固定、酢酸ウランによるブロック染色をし、Epon 樹脂に包埋した。超薄切片は鉛液で染色し観察した。

細胞内小器官の測定：3 万倍に引き伸した平滑筋細胞の横断写真より、個々の細胞の横断周長と面積をフィルム解折装置 (大沢商会) で測定し、それぞれに含まれる mitochondria (Mit), micro-

tubule, caveola の数を単位面積、あるいは単位周長当りに換算して比較した。また小胞体 (SR) は、写真上の SR 部を黒く塗附し、フォト・パターンアナライザー (応用電気) で面積積算をおこなった。太い線維 (thick filament) の分布密度は、5 万、あるいは 10 万倍に引き伸した写真上で、他の細胞内小器官を含まない部分を任意に選び、 $0.5\mu\text{m}^2$ 当りに含まれる数を算定した。

結 果

モルモット胃の胃体部の筋層は約 0.3mm の厚さを有する。縦走筋層の厚さは輪走筋層の約半分、筋束を形成せず、不定形の横断像を示す細胞がなっている。なお細胞間隙は平均 12.1% であった。輪走筋層では、細胞が密に集って筋束を形成し、細胞間隙は 4.4% と少なかった。また輪走筋層にのみ nexus 構造が観察された。Fig. 1 に縦走筋と輪走筋細胞の横断像を示した。両細胞とも筋 filament によって大部分をしめられている

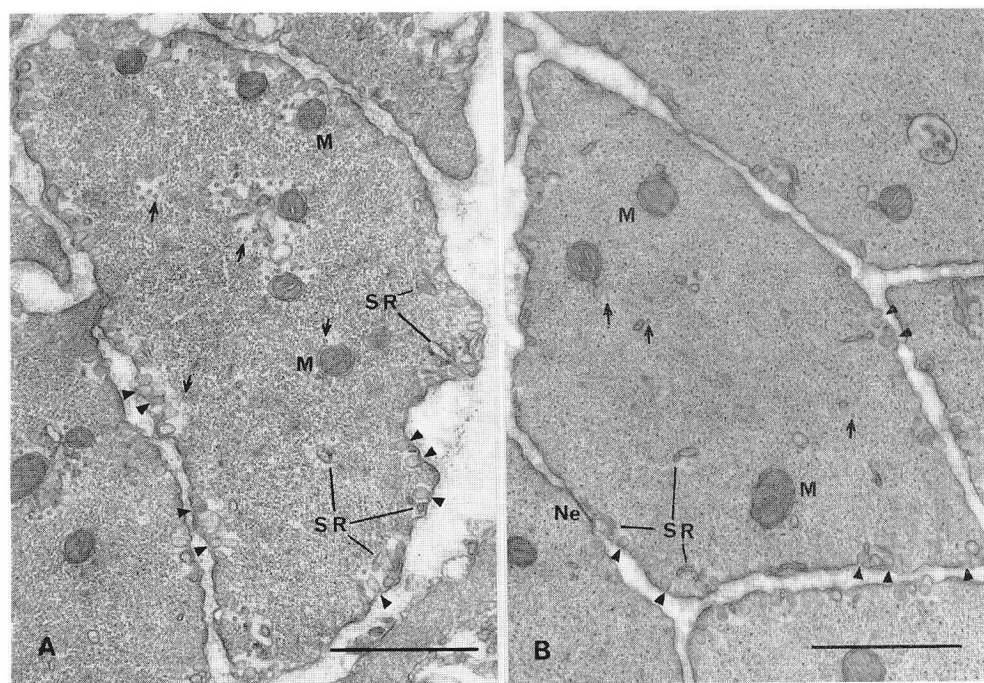


Fig. 1 Transverse section through a bundle of smooth muscle cell in guinea pig stomach.

A: Cells of longitudinal muscle layer, B: Cells of circular muscle layer.

Sarcoplasmic reticula (SR) distribute adjacent to caveolae (arrowheads) and to mitochondria (M). Microtubules (arrows) run along mitochondria or sarcoplasmic reticula. Thick filament appears more distinctly in B. than in A. A nexus (Ne) can be seen in B, on the left corner of photograph. Fixed with glutaraldehyde and osmium, and block-stained with uranyl acetate. Scale marker; $1\mu\text{m}$.

Table 1. Distribution of some organelles in smooth muscle cell of longitudinal or circular muscle layer in guinea pig stomach corpus

| | sarcoplasmic reticulum % of crossed area | mitochondria no./10 μm^2 crossed area | microtubules no./ μm^2 crossed area | caveolae no./ μm perimeter | thick filaments* no./0.5 μm^2 crossed area |
|---------------------|---|--|--|---|---|
| longitudinal muscle | 4.68 \pm 0.48 | 9.6 | 4.4 \pm 1.3 | 2.2 \pm 0.5 | 25.3 \pm 8.7 |
| circular muscle | 1.98 \pm 0.41 | 5.3 | 2.1 \pm 0.7 | 1.9 \pm 0.7 | 45.8 \pm 3.2 |

Each value, except last column, is the mean of 23 experiments \pm S.D.

* This distribution of thick filaments is determined on the area free from any organelles. Each value of this column is the mean of 12 experiments \pm S.D.

が、その他の細胞内小器官も点在している。特に SR は caveola や Mit の近くにみられ、microtubule は Mit や SR に近接している特徴がある。Thick filament は輪走筋細胞において、より明確に観察されたが、縦走筋細胞では不明確で、識別しにくい細胞もあった。

表 1 に縦走筋細胞と輪走筋細胞に含まれる細胞内小器官の測定値をまとめた。細胞内部に含まれている小器官はいずれも縦走筋細胞に多い結果を示している。Caveola の出現頻度は両者にほとんど差がなかった。高倍写真について算定された thick filament の分布密度は、輪走筋で 2 倍近く多い結果を示した。この thick filament の分布の差は、固定時の buffer 条件を変えた場合 (cacodylate buffer, pH 6.6 + 10 mM Mg^{++} ; PIPES buffer, pH 7.6) も変わらなかった。

考 察

モルモット胃の縦走筋と輪走筋を形態的に比較検討したところ細胞の構成要素は同じであるが、それぞれの量比に明白な差が認められた。縦走筋では細胞内小器官の割合が多い。このことは逆に収縮要素が相対的に少ないことを意味している。

それに対し、輪走筋細胞では筋 filament の発達がよく、特に thick filament は縦走筋のそれに比べて、より太く、数も多い。両組織における収縮性 filament の差は、収縮性になんらかの差をもたらしているのではないかと予想される。現在、両組織の最大短縮速度について検討している。結腸紐で検討されたと同じ方法³⁾で、負荷一速度曲線を描き、それより求めた V_{max} は、縦走筋で 0.17 Lo/sec, 輪走筋で 0.36 Lo/sec であった。これは観察された thick filament の差と関連する結果ではないかと予想している。

文 献

- 1) 渡辺節夫 (1972). モルモット胃腸管輪走筋標本に対する Prostaglandin E と F の作用. 札幌医誌 41: 57-70.
- 2) Kuriyama, H., Mishima, K. and Suzuki, H. (1975). Some differences in contractile responses of isolated longitudinal and circular muscle from the guinea-pig stomach. J. Physiol. 251: 317-331.
- 3) 半田道胤 (1970). 電気刺激によるモルモット結腸紐の収縮の力学的性質. 日生理誌 32: 165-183.

胃粘膜ヒスタミンの神経性分泌とその作用

広島大学医学部 第二生理学教室

藤 井 一 元

広島大学医学部 第二外科学教室

高 杉 純 好, 長 尾 由 尚

広島大学医学部 皮膚科学教室

土 岐 尚 親

緒 言

先きに著者らは、胃の運動機能および分泌機能の、神経性促進機構について追求し、これらの胃の機能は、迷走神経中の choline 作動性神経の興奮によって促進されるのみならず、内臓神経中の腹腔神経節で neuron をかえない神経の興奮によっても促進されることを明らかにした (長尾, 1977). そして、これらの神経による胃機能の促進機構には、直接、胃平滑筋、胃液分泌細胞に作用する機構の他に、先ず、gastrin 分泌細胞に作用して gastrin の分泌を促し、この gastrin を介して胃平滑筋、胃液分泌細胞の活動を促進する機構が存在することを報告した (藤井, 長尾, 1977). しかし、後者の機構における final common chemomediator (下, 1975) については未だ明らかでない. 本実験は、この問題の解明を目的とする研究の一環として、迷走神経および内臓神経の刺激による胃粘膜 histamine の経時的変化を追求すると共に、これら神経刺激によって分泌された histamine の胃運動機能に対する影響について追求した.

実験方法

Nembutal 麻酔および gallamine で無動化したイヌを用いた. 迷走神経の刺激は、迷走神経胃前壁枝をその基部で剝離、切断し、遠心性に電気的刺激を加えた. 内臓神経の刺激は、腹腔神経節に 2% nicotine-Ringer 氏液を塗布したのち、遠心性に刺激した. 胃粘膜 histamine の測定は、胃体部粘膜を摘出 (15~20 mg) し、100°C の Tyrode 液中で抽出し、bioassay で測定し、神経刺激による変化を検討した. 胃運動はゴム囊一圧 transducer 法で記録した. また、迷走神経幽門洞枝をつ

けた巾 3 mm, 長さ 1.5 cm (輪走筋方向) の胃平滑筋標本を作製し、その等張性収縮曲線を記録し、それぞれの神経性促進反応におよぼす histamine の影響について検討した.

実験成績

1. 神経刺激による胃粘膜 histamine の変化: 迷走神経の刺激によって、胃粘膜 histamine 量は刺激中から明らかな増加を示し、60 分~120 分間持続した. 腹腔神経節に nicotine-Ringer 氏液塗布後の内臓神経の刺激によっても、胃粘膜 histamine の増加が認められた. この抽出 histamine を摘出胃平滑筋に投与すると、迷走神経の刺激効果を著しく増強した.

図 1 A は、迷走神経一輪走筋標本 (幽門洞部) の迷走神経に閼刺激を加えた場合の収縮曲線である. 図 1 B は、この標本に、内臓神経刺激によって分泌された胃粘膜 histamine を投与したものであるが、histamine による収縮はみとめられない. しかし、抽出 histamine 作用下に、図 1 A と同じ条件で迷走神経を刺激すると、図 1 C のように明らかな収縮を生じた.

2. 神経刺激による胃運動促進反応に対する CPM (chlorpheniramine maleate, 塩野義製薬 K.K.) の作用: CPM を静注 (0.5~2.5 mg/kg) すると、迷走神経、内臓神経刺激による胃運動促進反応における tone の上昇が著明に抑制された. また、迷走神経の刺激による輪走筋標本の tonic contraction も CPM によって抑制された.

3. 神経刺激による胃粘膜 histamine 増加反応および胃運動促進反応に対する CR (cepharanthine, 化研生薬 K.K.) の影響: CR の静注 (0.5~2.5 mg/kg) により、神経刺激による胃粘膜 histamine 増加反応は著しく抑制された (図

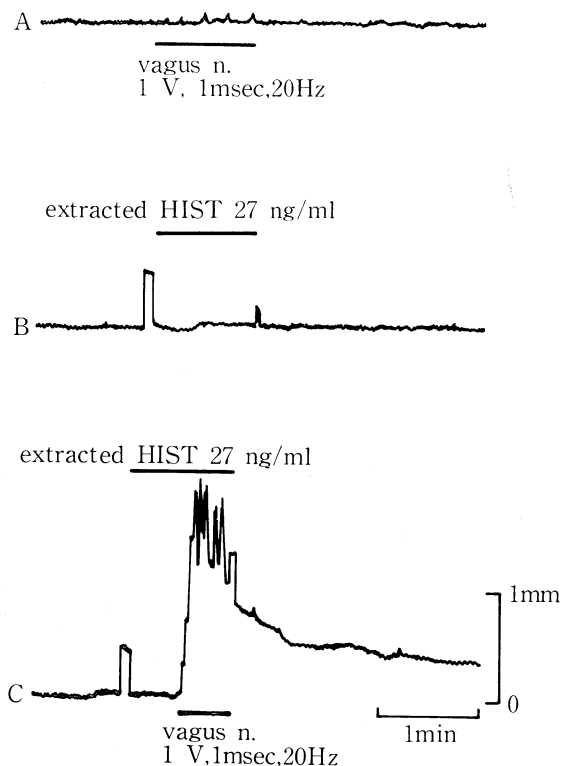


図 1. 摘出胃平滑筋に対する迷走神経刺激効果によらず胃粘膜 histamine の作用
A: 迷走神経の電気刺激
B: 内臓神経性胃粘膜 histamine 投与
C: 内臓神経性胃粘膜 histamine 作用下に迷走神経刺激

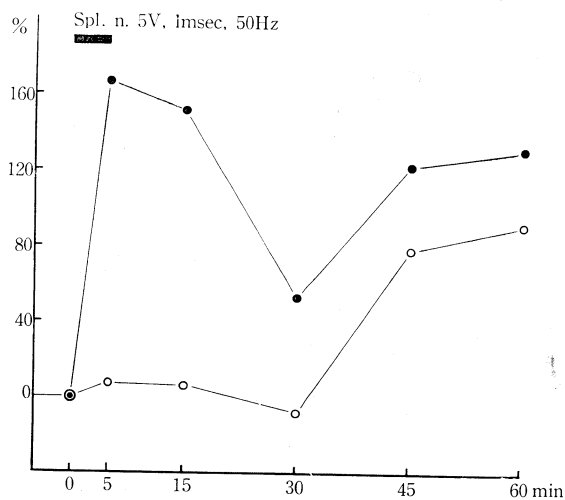


図 2. 内臓神経刺激(腹腔神経節に nicotine 塗布後)による胃粘膜 histamine 増加反応に対する CR の作用
●—●: 内臓神経刺激
○—○: CR 2.5 mg/kg 静注後, 内臓神経刺激

2). また, 神経刺激によって生ずる胃運動および胃輪走筋活動の促進反応における tonic contraction も CR の投与によって著明に抑制された。

ま と め

迷走神経胃枝, 内臓神経中の腹腔神経節で neuron をかえない神経の刺激で, 胃粘膜 histamine が増加し, この histamine が胃平滑筋に対する迷走神経の刺激効果を増強した事実および神経刺激による胃運動, 胃平滑筋標本の tonic contraction を, histamin H_1 -receptor antagonist である CPM (Roth & Govier, 1958), 肥満細胞の脂質層に作用して histamine 遊離を抑制するといわれる CR (杉山ら, 1976) によって抑制された事実は, histamine が神経性胃運動促進機構に密接に関与していることを示唆するものと考えら

れる。

文 献

- 1) 藤井一元, 長尾由尚 (1977): 神経性ガストリン分泌と胃運動. 日平滑筋誌 13: 191-195.
- 2) 長尾由尚 (1977): 内臓神経による胃液分泌機能の促進. 自律神経, 14: 127-134.
- 3) Roth, F.E. & Govier, W.M. (1958). Comparative pharmacology of Chlorpheniramine (Chlor-Trimeton) and its optical isomers. *J. Pharmacol. and Exper. Therap.* 124: 347-349.
- 4) 下 康郎 (1975): ヒスタミン—Histamine H_2 -receptor—医学のあゆみ 93: 448-453.
- 5) 杉山務三, 佐々木順造他 (1976): ラット肥満細胞からのヒスタミン遊離の Cepharanthine による抑制作用. アレルギー 25: 685-690.

テトラガストリンによる胃・十二指腸筋電図の変化について

徳島大学医学部 第一外科学教室

河 内 護, 桑 島 輝 夫, 島 崎 安 雄
森 下 和 哉, 福 田 徹 夫, 高 井 茂 治
喜 多 孝 志, 蔵 本 守 雄, 古 味 信 彦

ガストリンの胃分泌に関する研究は多数みられるが, ガストリンの平滑筋におよぼす影響を筋電図学的に研究した実験報告は Kelly¹⁾, 赤池²⁾, Weisbrodt³⁾等にされているが少ない. そこで我々はテトラガストリンの胃・十二指腸平滑筋におよぼす影響を筋電図学的に検討したので報告する。

実験方法

ラボナール麻酔下にて 10 kg 前後の成熟イヌ 3 頭の胃幽門側に 3 個, 十二指腸胆管開口部の対側壁に 1 個の銀針双極電極を埋没縫着した. また頸静脈よりカテーテル挿入を行い, アトム製輸液ポンプを用いてガストリンの投与を次の要領で持続注入した. ①空腹時, ②食後, ③空腹時アトロピン 0.02 mg/kg 筋注後および④ガストリン刺激試験に用いる 4 μ g/kg を筋注した 4 群について行な

った. 筋注以外のガストリン投与は生食水に混じて 1.5, 10 μ g/kg/h の濃度とした. ここで空腹時とは 16 時間以上絶食, 食後とはメン類 300 g とカン詰 dog-food 200 g を与えた後である. 筋電図の分析には胃は放電間隔と伝播時間を十二指腸は放電間隔を測定した. 計測は各 10 個づつ行いその平均値を求めた. 尚, 筋電図記録は電極埋没後, 約 7 日前後より覚醒下に時定数 0.03 秒, 記録紙のスピード 5 mm/sec とし三栄測器製ポリグラフ 142-8 型を使用して行った.

実験結果

空腹時においてガストリンの投与を 1 時間行った時の胃の放電間隔の変動を示した (図 1 a). 放電間隔はテトラガストリンの投与により 5 分後には短縮し, テトラガストリン投与中ほぼ一定となり, テトラガストリンの投与停止にて, ただちに

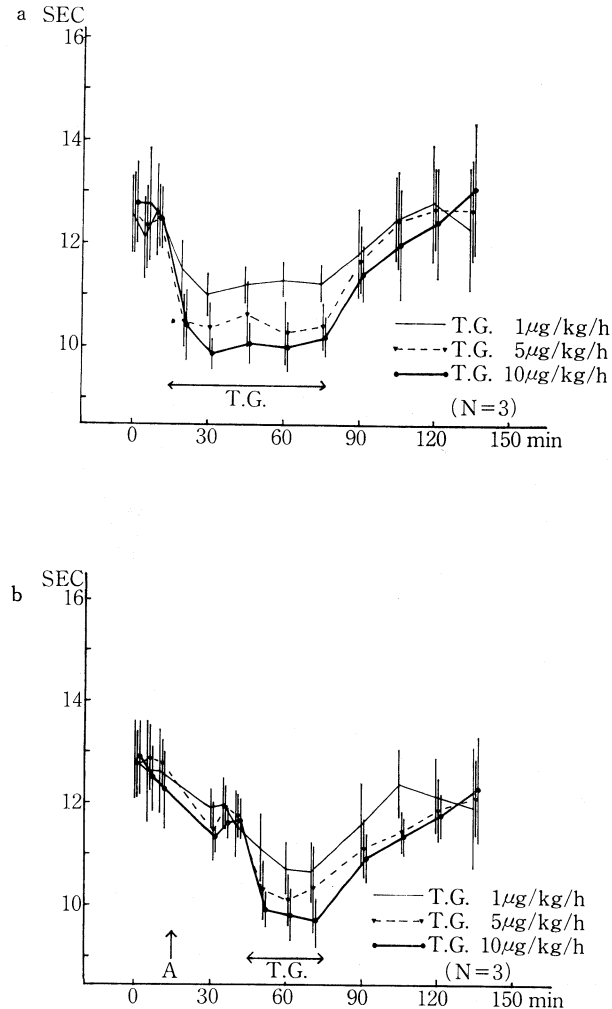


図 1. テトラガストリンによる胃 BER 間隔の変動 (Mean±S.D.)
 a. 空腹時テトラガストリン投与群
 b. 空腹時アトロピン投与後, テトラガストリン投与群
 T.G.=テトラガストリン, A.=アトロピン

延長し, 約 30 分~60 分で投与前の放電間隔に復帰している. また放電間隔は投与量の差により明らかな dose response を示した.

空腹時にアトロピン 0.02mg/kg を筋注し 30 分後よりガストリンを 30 分間投与したときの胃の放電間隔の変動を示したものである. 放電間隔はアトロピン投与によりやや短縮するがガストリンの投与により, さらに短縮し, テトラガストリンの作用はアトロピンで抑制されなかった (図 1 b).

空腹時においてガストリンの投与を行った時の十二指腸放電間隔の変動を示したもので胃と同様

の傾向を示し, dose response も認められた (図 2 a).

空腹時にアトロピン 0.02mg/kg を筋注し 30 分後よりガストリンを 30 分間投与したときの十二指腸放電間隔の変動を示した (図 2 b). テトラガストリンの放電間隔におよぼす作用はアトロピンの投与により抑制されずに dose response を示した. 尚, 食後にガストリンを与えた実験でも放電間隔は胃・十二指腸とも同様の傾向を示した. テトラガストリン 4µg/kg/h 投与群においても持続注入とほぼ同様の傾向であった. 胃の伝播時間はテトラガストリンにより一定の影響をうけなかつ

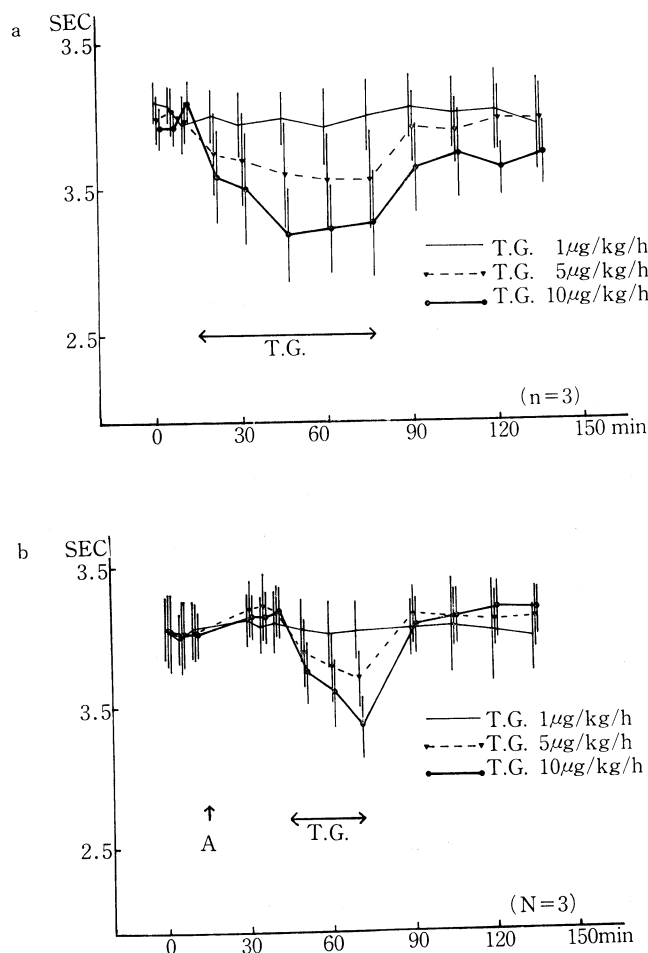


図 2. テトラガストリンによる十二指腸 BER 間隔の変動 (Mean±S.D.)

a. 空腹時テトラガストリン投与群

b. 空腹時アトロピン投与後, テトラガストリン投与群

T.G. = テトラガストリン, A. = アトロピン

た。

ま と め

テトラガストリンの投与により

1) 放電間隔は空腹時, 食後においても短縮し, dose response が認められた。これはアトロピン投与後においても抑制されなかった。テトラガストリンには放電間隔を短縮し食後期内的性ガストリンが高値と考えられる時にも作用し, またアトロピンで神経筋接合部をブロックした場合にも作用するところから平滑筋への直接の刺激作用と考えられる。

2) 伝播時間に関しては, 一定した影響はおよ

ぼさなかった。

3) テトラガストリン 4 µg/kg 筋注群において放電間隔は持続注入群のほぼ同様の傾向を示し, 筋注後約 90 分テトラガストリンの影響がみられた。

文 献

- 1) Kelly, K.A. (1970): Effect of gastrin on gastric myo-electric activity. *Digestive disease* 15: 399-405.
- 2) Akaike, N. (1975): Effect of a gastrin-like peptide on electrical and contractile activities of canine stomach. *Kumamoto Medical J.* 28: 94-99.

- 3) Weisbrodt, N.W. *et al.* (1974): Effects of pentagastrin on electrical activity of small

intestine of the dog. *Am. J. Physiol.* **227**: 425-429.

十二指腸内 pH の空腹期胃運動に及ぼす影響

群馬大学医学部 第一外科学教室

本 多 隆 一, 樋 渡 克 俊, 竹 内 真 人

相 沢 勇, 高 柳 隆 一

伊 藤 漸, 中 村 卓 次

はじめに

われわれは本学会においてイヌの空腹期収縮がモチリンにより惹起されることを報告してきた¹⁾。一方モチリンは Brown ら²⁾によりイヌの十二指腸内アルカリ化により分泌されるとされてきたが、1976 年 Bloom 一派³⁾はヒトにおいては十二指腸内酸性化により、血中モチリンの上昇を認めたと報告し、現在迄定見をみるに至らない。今回われわれは富士化学計測(株)との協同開発により微小 pH 電極を作製し、これをイヌの十二指腸内に慢性的に植込み、意識下で十二指腸内 pH の変化と胃運動とを同時に連続して記録し、興味ある結果を得たので報告する。

方 法

実験には雑種成犬 5 頭を用いた。Nembutal 麻酔下に開腹し、十二指腸下行脚に排液管を装着し、これを通して pH 電極の先端部が腸管内へ約

3 mm 突出するように電極を固定した。又 Witzel 法にて十二指腸瘻を造設し、酸及びアルカリ液注入に用いた。胃運動は force transducer を胃体部漿膜面に輪状筋の運動がとれるように装着した。pH 電極は 3×30 mm の複合型電極でその起電力は 50 mV/pH 以上、応答速度は pH 7~4 が 3 秒以内と極めて速く、十二指腸液中で 24 時間後の 0 点移動は 0.3 pH 以内であった。又この電極は随時着脱可能であり、較正は 1 日 1~2 回行った。十二指腸の灌流は十二指腸瘻より、生理食塩水、0.1 N HCl、0.3 M Tris buffer (pH 9.0) を夫々 100 ml/hr の一定速度で行った。

結 果

空腹期収縮が一定間隔で規則正しく発現している時の十二指腸内 pH は常に 7~8 の間で安定していた。しかしながら空腹期収縮が一定間隔で規則正しく起らない時には十二指腸内 pH も 2~8 を激しく変動していた(図 1)。空腹期収縮発現

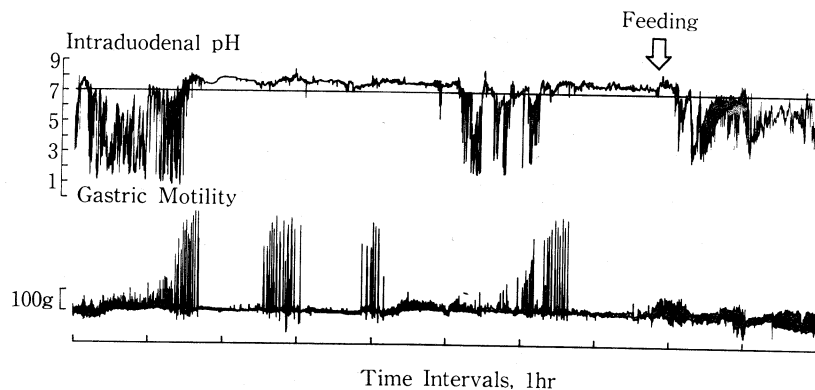


図 1. 十二指腸内 pH が 7~8 の間で安定している時には空腹期収縮は規則正しく生ずるが、酸性に傾くとその規則性は失われる。

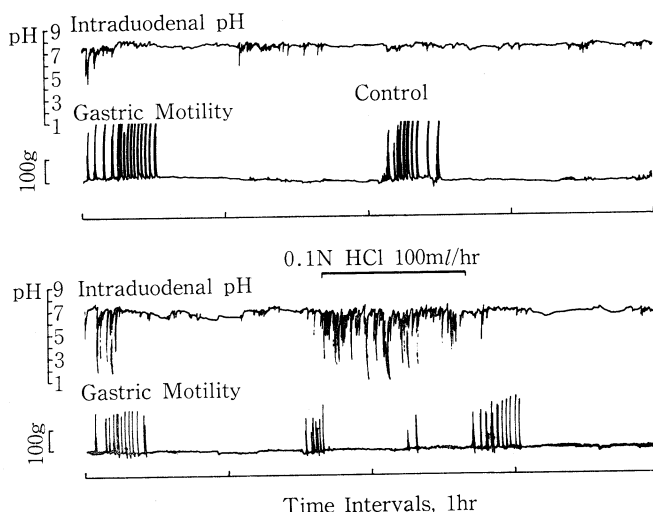


図 2. 空腹期収縮発現直後より十二指腸内に酸を注入すると空腹期収縮は停止し、酸注入停止と共に pH は再び 7~8 に安定し、空腹期収縮が発現した。

直後より十二指腸内に生理食塩水を注入してもその規則性は失われないが、酸を注入すると空腹期収縮は停止し、酸注入停止と共に pH は再び 7~8 に安定し、空腹期収縮が発現した (図 2)。又空腹期収縮発現直後より pH 9.0 の Tris buffer を注入すると正常空腹期収縮終了後でもつづいて空腹期収縮を発現させることが出来た。

考 察

小腸内酸性化による胃運動の抑制は 1904 年の Boldyreff の報告が最初である。一方ヒトでの十二指腸内アルカリ化による胃運動の亢進については 1935 年の Shay らの報告がある。1967 年 Brown らはブタ十二指腸よりこの活性物質を抽出しモチリンと命名したのは周知の事実である。他方十二指腸内 pH は主としてその内容を採取して測定されてきたが、微小ガラス電極が開発され直接の測定が可能となった。ヒトでは 1969 年 Rovelstad ら⁴⁾が transmucosal potential difference を測定することにより測定部位を一定にする方法を考案した。Grossman 一派⁵⁾はイヌの十二指腸にカニューレを装着し、それを通してガラス電極を挿入、比較電極は皮フに置いて消化管内 pH を測定している。われわれが用いた pH 電極は複合型であるため、比較電極を別にとる必要はなく、長期連続測定が可能となった。本法により十二指腸内 pH

を胃運動と共に長期連続記録してみると、空腹期収縮が規則的に発現しているときの十二指腸内 pH は常に 7~8 の間にあり、食後期の如く酸性に傾くことはない。しかし空腹期収縮の規則性が失われた時の十二指腸内 pH は酸性であった。このことは規則正しい空腹期収縮の発現には十二指腸内 pH が少なくともアルカリ性がある必要があることを示している。

結 論

イヌの空腹期胃収縮が規則正しくおきている時の十二指腸内 pH は 7~8 で安定しているが、酸性になると空腹期収縮の規則性は失われる。又十二指腸内を酸性化すると空腹期収縮は停止、アルカリ化すると空腹期収縮は短い休止期後再び発現する。これらの結果はイヌでは空腹期収縮の発現が十二指腸内 pH のアルカリ化によるモチリン放出を介して起こることを一層強く示唆するものである。

文 献

- 1) Itoh, Z. et al. (1977). Effect of synthetic motilin on gastric motor activity in conscious dogs. *Am. J. Dig. Dis.* 22: 813.
- 2) Brown, J.C. (1967). Presence of a gastric motor-stimulating property in duodenal ex-

- tracts. *Gastroenterology* 52: 225.
- 3) Mitznegg, P. et al. (1976). Release of motilin after duodenal acidification. *Lancet* 24: 888.
- 4) Lawson, H.H. and Rovellstad, R.A. (1969). Continuous recording of pH in the duodenal bulb after food and alkali. *Gut* 10: 215.
- 5) Brooks, A.M. and Grossman, M.I. (1970). Postprandial pH and neutralizing capacity of proximal duodenum in dogs. *Gastroenterology* 59: 85.

モチリンの胃運動作用について

秋田大学医学部 第一外科教室

谷 充

琵琶湖胃腸病院

菅原 俠治, 真部 光正, 加藤 守彦

京都府立医科大学 公衆衛生学教室

赤坂 裕三, 川井 啓市

緒 言

最近, 消化管ホルモンであるモチリンが, 主として空腹時における消化管運動の刺激原として注目されている¹⁾. 著者らは, 合成モチリン²⁾の胃運動に及ぼす作用を, ガストリンとの比較, ならびにガストリンとの相互作用において観察したので報告する.

実験方法

実験には, innervated antral pouch (I. A. P. と略す) を造設した雑種成犬 4 頭を用いた. 胃運動の観察は I. A. P. 内にバルーンを挿入, 固定し, 胃収縮圧曲線を描記することにより行なった. 合成モチリンは $0.5 \sim 1.5 \mu\text{g/kg/h}$, テトラガストリンは $6.0 \mu\text{g/kg/h}$ を持続注入器により静脈内に投与した. 薬物的迷切としては, 硫酸アトロピン 0.1 mg/kg の single shot に加え, 0.3 mg/kg/h の持続投与を行なった.

実験結果

空腹時における合成モチリン単独投与では, 図 1 の如く, 著明な胃運動亢進を認めたが, 胃収縮運動波型に 2 つのパターンを区別することが出来た. 第 1 のパターンは, モチリン投与後初期にみられるもので, 各収縮波の収縮圧がほぼ等しく, 連続的に現われるもので, これを便宜上, 連続的収縮 (contineous contractions) と仮称した. 第 2

のパターンは, この連続的収縮のあとにみられるもので, ある間隔の運動休止期をもった胃収縮波群が, 間歇的に現われるものである. この様な収縮波型を便宜上, 間歇的収縮 (intermitlent contractions) と仮称した. そして, 第 2 の収縮パターンから第 1 の収縮パターンへの移行は認められなかった. 合成モチリンによる胃収縮運動は, 漸時減弱する傾向を示したが, 投与後初期の 30 分間では, 収縮圧の変化はほとんどなかった. 空腹時におけるテトラガストリンの単独投与時の胃運動は, 先の合成モチリン投与時のそれと異なり, 極めて規則的な収縮波が, 高頻度に出現し, 初期には著明な運動の亢進を示すが, 比較的短間で減弱の傾向を示した.

テトラガストリンの持続投与時に, 新たに合成モチリンを投与すると, 図 2 の如く, 収縮頻度においては合成モチリンの追加投与によっても, 何ら変化をみせず, テトラガストリン固有の収縮頻度を示したが, 一方, 減弱傾向を示していた収縮圧は, 再び増大し, 運動の亢進を示した. 一方, 合成モチリンの持続投与時に, テトラガストリンを投与すると, 収縮頻度が著明に増大して, 胃運動の亢進が認められた. 以上のことから, 合成モチリンとテトラガストリンは, その共存下において, 合成モチリンはその収縮力増強作用を, また, テトラガストリンはその収縮頻度増強作用を強く示した.

硫酸アトロピンの急速静注では, テトラガスト

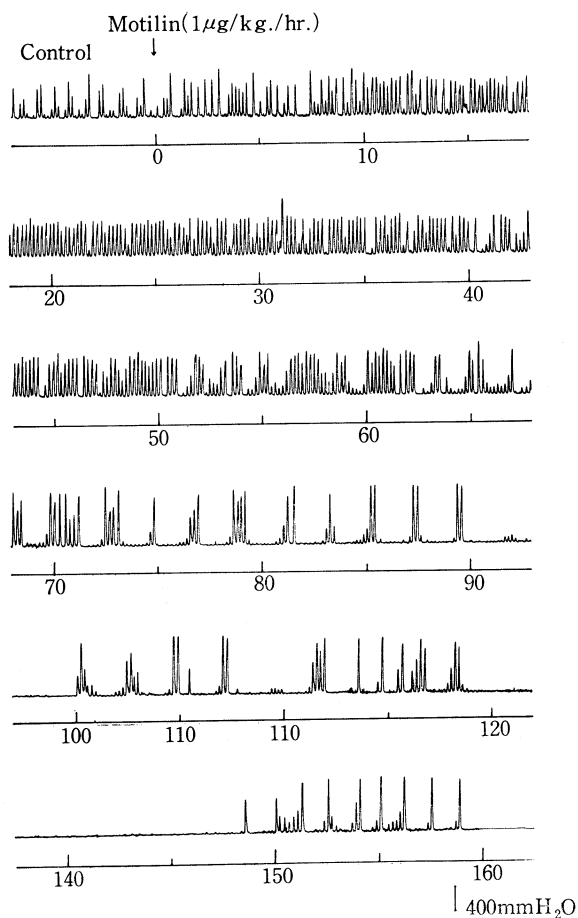


図 1. モチリン単独持続投与時における胃運動

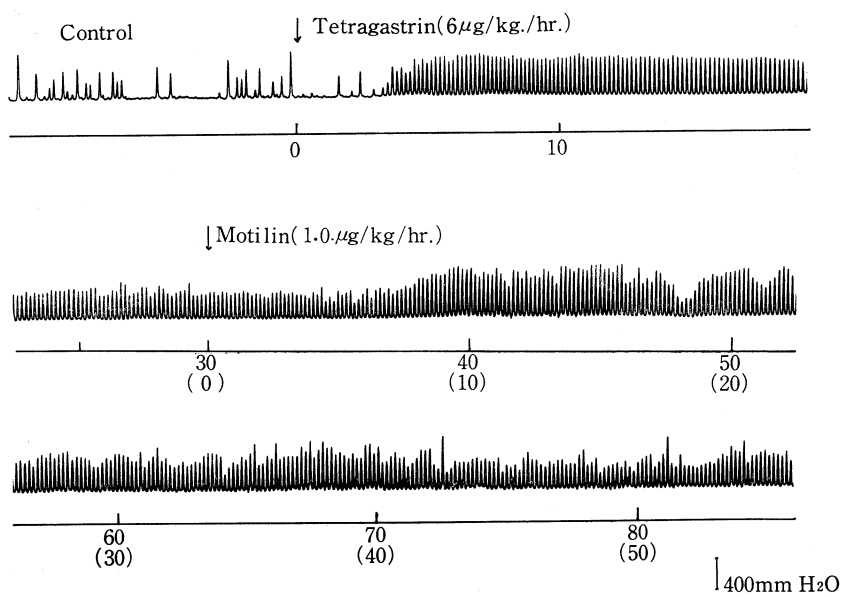


図 2. テトラガストリン投与後モチリン追加投与時の胃運動

リンは収縮圧は減弱するものの、運動の消失はなかったが、合成モチリンの場合では、完全に運動の消失をみた。又薬物的迷切下においては、テトラガストリンは運動発現を示すが、合成モチリンでは運動の発現を全く認めなかった。

結 語

合成モチリンは、空腹時の犬胃に対して、著明な運動亢進を惹起せしめるが、その収縮運動波型には2つのパターンが認められ、このパターンはテトラガストリンでは認められないものであった。合成モチリンとテトラガストリンの相互投与時においては、収縮頻度ではテトラガストリンの収縮頻度増強作用が、また、収縮圧では、合成モ

チリンの収縮力増強作用が強く認められた。

合成モチリンによる胃収縮運動は、硫酸アトロピンによって完全に消失し、テトラガストリンとは異なる反応を示した。また、薬物的迷切下において、合成モチリンは、テトラガストリンとは異なり、収縮運動を発現し得なかった。

文 献

- 1) 伊藤 漸ら (1977): 合成 motilin の胃運動に対する作用 一意識下のイヌにおける研究 日消会誌 **72**: 155-163.
- 2) Yajima H. *et al.* (1975): Synthesis of the docosapeptide corresponding to the entire amino-acid sequence of porcine motilin. *J. C. S. Chem Comm.* 159-160.

胃横切後の筋電図, 特に Mucosal bridge anastomosis 後の検討

徳島大学医学部 第一外科学教室

島崎 安雄, 桑 島 輝夫, 芳 川 博哉
蔵 本 守雄, 森 下 和哉, 福 田 徹夫
喜 多 孝志, 河 内 護
古根川 竜司, 古 味 信彦

胃の電気活動の伝播機序に関する一連の研究として、我々の教室でも胃横切や胃電気活動のペーシングによる研究成果を報告してきた。今回、我々は胃横切後に漿膜・筋層の縫合は行わず、粘膜、粘膜下層のみにて再吻合を行った mucosal bridge にて管腔の保たれた胃において筋電図学的に追求し興味ある所見を得たので報告する。

実験方法

雑種成犬3頭にて、イヌ胃を用い、幽門洞部で横切を行い、次いで粘膜・粘膜下層のみの再吻合を行った。このとき退縮した漿膜・筋層はそのままとし、横切上下の間隙をつくる様に配慮した。この様な mucosal bridge にて吻合された胃の体部および幽門部に前壁大彎に沿って双極電極をそれぞれ2個埋没縫着して、経時的、経日的に筋電図を記録する慢性実験とした。動物にはドッグフード・ラーメン計 500 g を与えて、空腹時及び feeding 後の変動を記録した。記録には三栄測器

製ポリグラフ 142-8 を使用し、時定数は 0.03 秒とした。放電間隔の測定は空腹時および feeding 後、各々 dysrhythmia のない電気活動時の BER を 10 ケとり、その平均値をとった。

結 果

空腹時において mucosal bridge 作成後、約2週間まで吻合上下の放電間隔は近接する傾向があるが、その後再び吻合下部の放電間隔は延長し、術後 10~13 週まで同調は認められなかった。がしかし feeding することによって一般に吻合上下の放電間隔は近接する傾向にあった。特に興味あることに、図1で示す如く1頭では術後3週間より feeding 60 分にて、吻合上下の放電間隔に同調現象を認めた。図2は feeding により同調現象を表わしている術後1ヶ月の筋電図を示し、図2aは空腹時のもので吻合上下に同調を認めず、図2bは feeding 後60分で、吻合上下の放電間隔に同調現象があるのを示している。残る2頭は

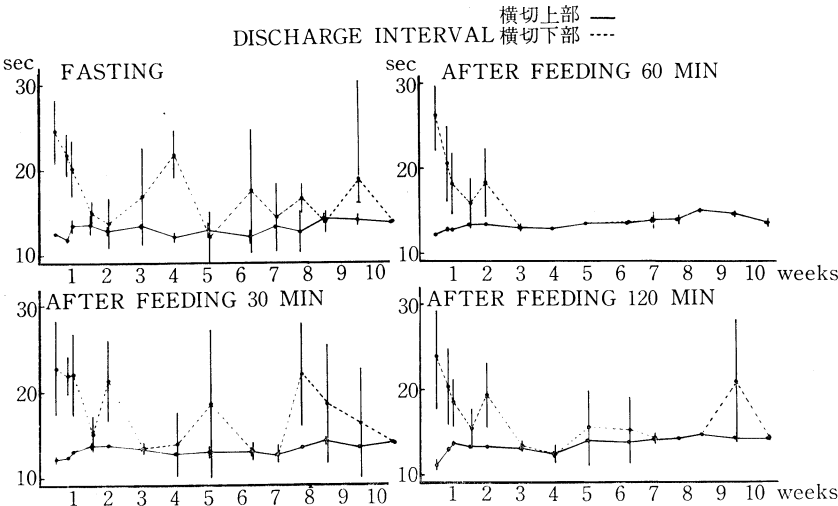


図 1. mucosal bridge 作成後の BER の変動 (Mean±S.D.)

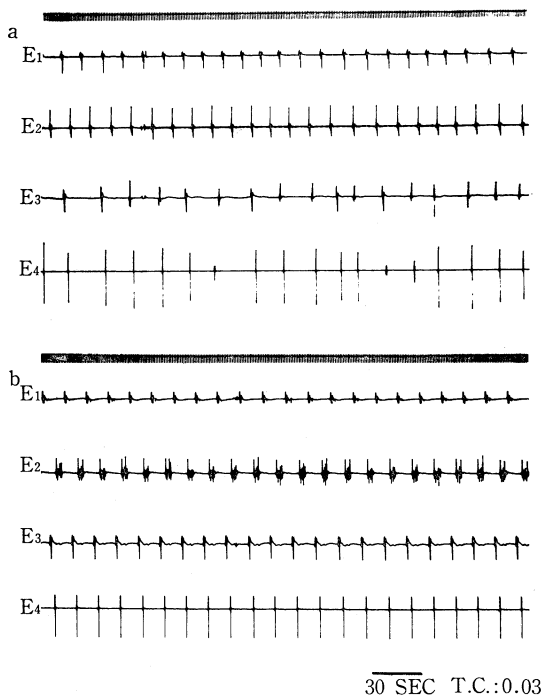


図 2. 術後1ヶ月食餌刺激前後の筋電図の変化
E₁, E₂: 吻合上部電極, E₃, E₄: 吻合下部電極
a: 空腹時, b: 食後時間後

feeding 後も術後 10~13 週でも同調は認められなかった。同調現象を示した1頭、示さなかった1頭の胃筋層構築像をみると、ほぼ横切の部位的な差違は認めなかった。摘出胃吻合部の組織像を

みると、吻合部は漿膜で被われ、吻合上下の筋層間は線維性結合組織にて隔絶され、ホルマリン固定後にて、1.4~5.9 mm の筋層間隙があった。

考 案

今まで胃の電気活動の伝播機序に関して、胃壁神経叢が関与、又内圧に関する機械的刺激、筋層の連続性が関与している¹⁾、と報告されている。すでに我々は横切再吻合の実験にて、術後約2週間前後で吻合上下の放電間隔の同調をみ、ペーシングにて、吻合部を胃電気活動が伝達し得ることを知ったが、ペーシングできない時期にも同調をみている²⁾。又、筋層のみ環状切除し、粘膜・粘膜下層をそのままにした mucosal bridge では4日ないし16日で同調をみている³⁾。このような点で胃壁自体の自動能による同調現象と考えているが、胃筋層を離断した mucosal bridge にて連結する胃の電気活動の変動を追求したが3頭とも feeding 後、吻合上下の放電間隔は近接する傾向があり、又興味あることに、1頭は術後3週間よ

り feeding することによって、吻合上下の放電間隔に同調現象がみられた。従って feeding による機械的刺激により惹起された胃壁自体の自動能の存在が示唆される。尚、粘膜・粘膜下層を切除しない mucosal bridge で2週間前後に同調をみている点と比較して、粘膜・粘膜下層も何らかの胃電気活動の伝播機序に関与する factor の1つがあると想定される。

文 献

- 1) 南 俊之助 (1964): 胃活動電位の研究. 日消会誌, 61: 51-65.
- 2) 森下和哉 (1976): 横切後再吻合胃の pacing について. 日平滑筋誌 12: 298-300.
- 3) 桑島輝夫: 胃活動電位の研究, 特に筋層環状切除後の胃筋電図について. 第23回西日本生理学会, 宇部, 1972.

胃および小腸横切縫合の基本的電気律動に
及ぼす影響について

東京大学医学部 第三外科学教室

横 路 洋, 伊 原 治
金 子 幸 二, 近 藤 芳 夫

胃および小腸を横切吻合した後、その近位側の基本的電気律動 (BER) が遠位側に伝播し得るか否かに関してはなお意見の一致をみない。Alvarez (1914), (1915) は小腸を切離するとその収縮は切離前にくらべ約25%減少すると述べ、正務 (1971) はトライツ靱帯より30cmの部位で小腸を切離吻合したとき、吻合部遠位側では小腸固有の BER の gradient が消失して回腸末端のそれとほぼ一致し、その効果は永続すると述べている。Bedi (1972) ら、森下 (1976) らは胃の切離吻合後2週間で吻合部上、下の BER 周期の同調がみられ、吻合部の電氣的興奮の伝播によると述べている。

小腸と胃のこの著しい差異は、本質的な臓器差なのか、あるいは胃における同調現象は筋層の機械的な運動等を介したみかけ上の同調にすぎないものかを明らかにするため以下の実験を行なった。

実験 1. 各群の実験には雑種成犬4頭ずつを用

いた。幽門輪より約5cm近位で全周にわたり筋層のみを切離縫合した。筋電図記録用電極を縫合部の上・下に固定し、導線を肩甲間に出し不関電極は後肢に置いた。記録は18時間以上絶食後無麻酔下に時定数1.0秒で行ない、無刺激状態、tetragastrin 6 μ g/kg sc, bethanechol chloride 0.1 mg/kg sc, insulin 0.5 U/kg iv, atropine 0.5~1.0 mg iv, および食餌投与下に記録した。

切離吻合後約4時間経過した縫合部上・下の BER 周期は、4頭中3頭では毎分近位側 3.9 ± 0.4 (M \pm SD) に対し遠位側 3.4 ± 0.6 とその差は少なく、1頭では夫々 5.7 ± 0.21 , 2.1 ± 0.3 で遠位側が著るしく減少していた。遠位側の BER 周期は術後2~3日目でも減少し、その後漸増し14日目では4頭それぞれ 4.4 ± 0.2 , 4.4 ± 0.2 ; 4.5 ± 0.2 , 4.5 ± 0.2 ; 4.8 ± 0.1 , 4.8 ± 0.1 ; 6.1 ± 0.2 , 2.9 ± 0.3 で、前の3頭では周期は一致し、同調しているかにみえる。しかし1頭では術後6週間経過しても周期の一致は観察できなかった。

TRANSECTION OF MUSCLE LAYER

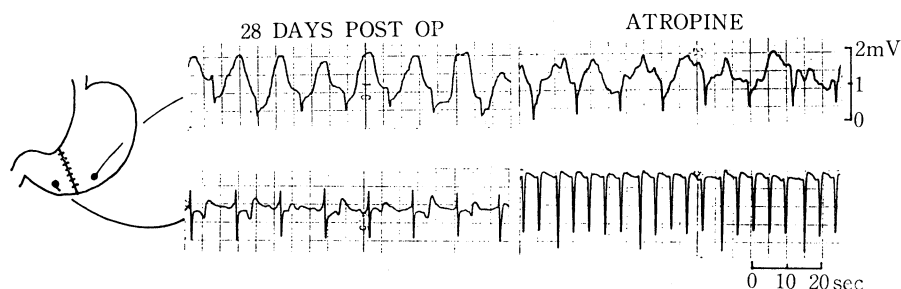


図 1. 筋層切離縫合後 28 日目. 左側に刺激前, 右側に atropine 刺激後を示す. 刺激前は同調しているかにみえるが, 刺激後は遠位側で initial potential の頻発が続く.

同調のみられた 4 頭中 3 頭においてもこれは恒常的ではなく, 時期によっては initial potential のみの頻発, あるいは BER 周期の減少がみられる. この時期に tetragastrin, bethanechol chloride または食餌刺激を加えると同調期に移行する. 同調期に atropine を投与すると, 近位側では BER 周期の軽度増加のみであるが, 遠位側では initial potential の頻発のみみられることが多い (図 1). これは切離縫合された胃は機能的な連続性を失っていることを示しており, この同調現象はみかけ上にすぎないと考えられる.

実験 2. 実験 1 と同部位で筋層を切離し, アロンアルファを塗布して隔壁をつくり再縫合した. 無刺激時の縫合部上, 下の BER 周期は夫々, 4.8 ± 0.4 , 1.5 ± 0.4 であるが, 食餌投与後 4.3 ± 0.1 , 3.4 ± 0.6 と差がちぢまり, 時として殆んど同調するかにみえる. これは近位側からの機械的刺激が強ければ遠位側は切離前に近い機能を回復することを示し, みかけ上の同調の原因の一つであろう. 実験 1, 2 における各種刺激の影響を示

す (表 1).

実験 3. 胃を横切し体部と空腸を吻合し, 前庭部を空置した. 術後 14 日で空置部の BER 周期は 2.2 ± 0.1 であるが, 時に 10 分以上にわたる無活動期が観察された.

実験 4. トライツ靱帯より 30 cm の部位で小腸の筋層を切離縫合した. 6 ケ月経過しても同調はみられず各種刺激下でも同様であった.

結 論

1. 胃では切離縫合後 2 週間でその上, 下の BER はみかけ上の同調を示すことが多い. この現象は不安定で, 縫合部遠位側で BER の不整がみられる. この所見は各種刺激に対する縫合部上, 下の反応の差によっても支持される.
2. 小腸では, 切離縫合後 6 ケ月経過しても同調現象は認められない.
3. 以上のごとく, 胃と小腸では臓器差が認められるが, 縫合部上下における基本的電気律動の同調は本質的には回復しないものと考えられる.

文 献

- 1) Alvarez, W.C. (1914). Functional variations in contractions of different parts of the small intestine. *Amer. J. Physiol.* **35**: 177-193.
- 2) Alvarez, W.C. (1915). Further studies on intestinal rhythm. *Amer. J. Physiol.* **37**: 267-281.
- 3) Bedi, Balwinder S., Kelly, Keith A., and Holley, Keith E. (1972). Pathways of propagation of the canine gastric pacesetter potential. *Gastroenterology* **63**: 288-296.
- 4) 正務秀彦 (1971): 小腸の基本的電気律動と外科

表 1. 実験 1, 2 における各種刺激の BER 周期に及ぼす影響.

| | Transection | | Transection + Aron alpha | |
|----------------------|-------------|------------|--------------------------|------------|
| | oral | anal | oral | anal |
| tetragastrin | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| insulin | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| bethanechol chloride | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ |
| feeding | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ |
| atropine | ↑ | repetition | ↑ | repetition |

↑: 増加, ↓: 減少

的侵襲との関係についての実験的研究. 日外会誌
72: 302-320.

5) 森下和哉ら (1976): 横切後再吻合胃の Pacing
について. 日平滑筋誌 12: 298-300.

胃体部切除後の固形物排出について

東京慈恵会医科大学 第二外科学教室

間 中 正 章, 清 水 保 雄

青 木 照 明, 長 尾 房 大

胃を横切すると, 迷走神経支配の有無にかかわらず, 横切下部胃に収縮間隔の延長, 収縮圧の上昇, および逆蠕動多発のいわゆる異常興奮がおこり, たとえ再吻合しても機能的に連続しなければ, これが胃内容排出を遅延せしめるものと考えられている。

臨床的には, 噴門側胃切除術や分節的胃体部切除術を施行した場合, 温存した横切下部胃の運動機能異常のために胃内容の排出障害をきたし, これらに何らかのドレーナージ手術が必要とされている。著者らは, この見解を確かめるために, 以下に述べる慢性実験を行った。

方 法

雑種成犬を用いて, ネンブタール麻酔下につきの8群を作成した。すなわち, 胃体部切除術を胃底腺幽門腺境界から噴門側約50%に行い, かつ前庭部の迷走神経支配を温存したもの6頭(以下I群と略す), 同様に胃体部切除術を行い, かつ前庭部を迷切したもの6頭(以下D群), 同じ部位で筋層のみを輪状に切離し, かつ前庭部を迷切したもの8頭(以下T.D群)である。これらに無処置犬10頭を加えた4群を実験対象として, 術後2~4週に polypropylene 球(以下P.P. 球)と barium meal 排出試験を2回ずつ行った。

P.P. 球排出試験は, P.P. 球の中央に鉛を埋没したもの(直径7mm, 比重10.00)30個を胃管を通じて無麻酔下で胃内に挿入し, 正側2方向のレ線撮影とイメージを用いて, 挿入後4時間まで胃内残存数を調べた。

barium test meal は barium powder 30g と meat (BLPO) 200g を homogenate して作成した。これを投与後, 右側臥位で経時的にレ線撮影し, フィルム面上の胃の面積をもとに4群を比較

した。比較の示標は摂取直後のそれに較べて50%以下を示した時間と, 完全に排出を終了した時間を用いた。

結 果

P.P. 球排出試験(図1)では, 予期に反して, 胃体部を切除したI群とD群ともに control 群よりも速い排出を示した。P.P. 球挿入後4時間における胃内残存数は, control 群の14.4個に対し, I群では3.1個, D群では7.7個にすぎなかった。I群はD群よりも排出がやや速い傾向を示したが, 統計学的に差を認めなかった。T.D群は未だ例数が少く検討中であるが, 現時点では control 群より排出がやや速い傾向を示していた。

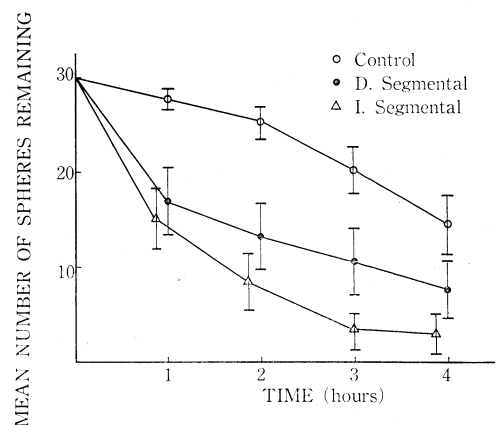


図1. P.P.球そう入後の経時的胃内残存数
vertical bar は S.E. を示す

barium meal 排出試験で, 総ての検査が50%排出を完了するのに要した時間は, control 群の6時間以上に対し, T.D群で3時間, I群で3時間, D群では4時間にすぎなかった。また完全排

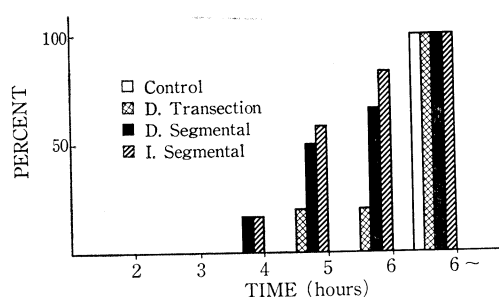


図 2. Barium meal の排出時間
排出を完了した例数を経時的に百分率で示す

出も同様の傾向を示した(図2)。すなわち、摂取後6時間を経ても control 群ではいずれの検査も完全排出には至らず、T.D 群の 20%、D 群の 67%、I 群の 83% の検査に完全排出をみた。barium meal 排出試験においても、胃体部を切除した I 群と D 群はともに、control 群より胃からの排出が速いことを示した。T.D 群は未だ例数

が少く検討中であるが、現時点では control 群よりむしろ速い傾向を示していた。

結 論

胃体部切除術を行うと、横切下部胃は明らかに運動機能が異常であるにもかかわらず、固形物の排出速度は予期に反して速くなることを示した。そして横切下部胃の迷走神経を温存したものでは、切離したものに較べてやや速い排出を示した。胃体部切除による胃内容排出促進の機序は今後に残された問題であるが、その可能性として、胃底部と前庭部の解剖学的関係、胃内容積の減少、残胃の内圧上昇、蠕動波単位の1回排出量の増加、前庭部の運動量の増加、などに求めるものと考えた。少なくとも、従来の胃横切一下部胃の異常興奮一排出障害という画一的な見解は、術式によって必ずしも容認されないものと思われた。

分節的胃切除術後の胃運動機能

奈良県立医科大学 第一外科学教室

桑 田 博 文, 白 鳥 常 男, 岡 林 敏 彦
鳥 野 吉 裕, 三 崎 三 郎
村 田 省 吾, 森 本 洋 一

目 的

一般に分節的胃切除術を行った場合、術後胃内容排出障害が起ることはよく知られているが、Ferguson ら (1960) は迷走神経幽門洞枝を温存することによって、排出障害を防止できると述べている。そこで今回、私共は幽門洞枝温存の意義について運動機能の面より実験的および臨床的検討を加えたので報告する。

対象および方法

臨床：対象症例は胃体上部より中部における胃潰瘍 19 例である。術式は分節的胃切除術に幽門洞枝切離兼幽門筋切離 (16 例) と幽門洞枝温存 (3 例) である。これら全症例の術前後および正常例 (25 例) に放射性同位元素 (^{99m}Tc) を用いて経時的に胃内容排出動態を観察すると共に、経

量的に T1/2, T3/4 各排出時間をコンピューターにて解析した。又、術後レ線シネによる胃運動機能についてレ線学的に検討を加えた。

実験：実験動物には雑種成犬 15 頭を用いた。ネブタール静脈麻酔下にて無菌的に開腹し、胃体部と幽門洞部の境界にて胃横切離兼端々吻合を施行し、さらに幽門洞枝温存群と切離群に別け、又、横切離を加えない正常群の 3 群とした。銀針双極電極を胃体・幽門洞部境界より上部に 2 ケ、下部に 2 ケの計 4 ケ所に縫着固定し、慢性犬を作製した。術後 1 年の長期にわたり空腹時および食事刺激時の胃運動機能について筋電図学的に観察し記録した。

成 績

臨床成績

1. 胃内容排出動態 (図1)：幽門洞枝切離兼幽

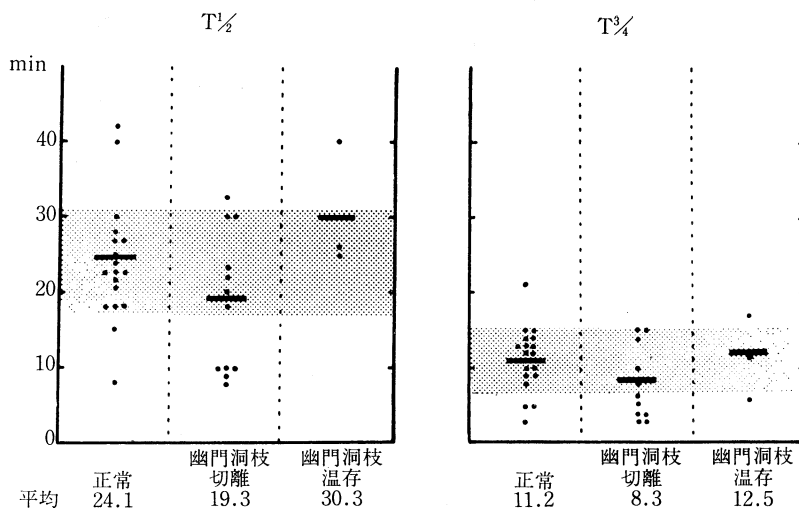


図 1. 分節的胃切除術の胃内容排出時間

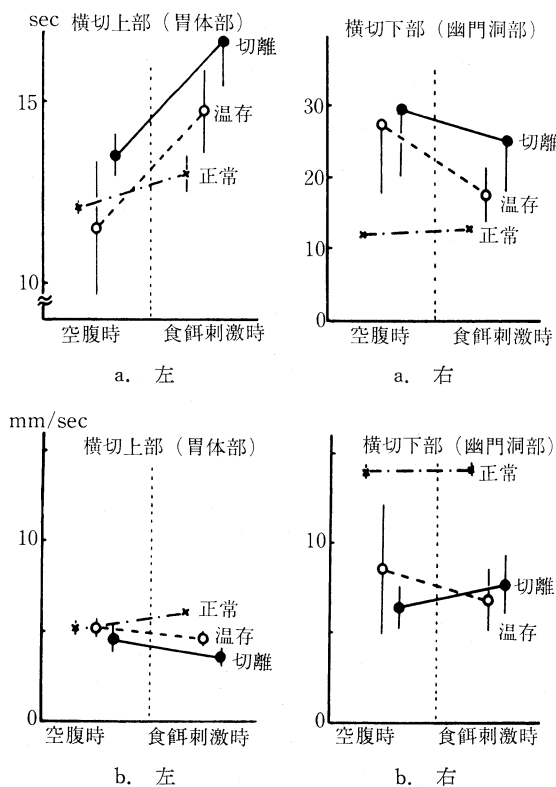


図 2. a. 胃横切時の放電間隔 (正蠕動放電)

b. 胃横切時の伝播速度 (正蠕動放電)

門筋切離群では $T_{1/2}$ は平均 19.3 分, $T_{3/4}$ は平均 8.3 分と正常群の $T_{1/2}$, $T_{3/4}$ の各平均排出時間よりもやや早いものに対して, 温存群では $T_{1/2}$ 平均 30.3 分, $T_{3/4}$ 平均 12.5 分と正常に比して

遅い排出時間を示した。

2. レ線シネによる胃運動機能の観察: 幽門洞枝切離兼幽門筋切離例では, バリウム服用後, ドレナージ効果による急速なる排出が認められた。

又、吻合部より幽門輪部へかけて弱い蠕動運動が観察された。逆に、幽門洞枝温存例では、バリウム服用と同時に強い蠕動運動が観察されたが、排出はあまり認められずむしろ拡張期にだらだらとした排出が観察された。

実験成績

放電間隔：横切上部においては、正常群の筋電図所見とほぼ同様の規則正しい放電が続ぎ、放電間隔は幽門洞枝温群、切離群共に大差を認めず食事刺激により、いずれもやや延長を認めた（図2 a. 左）。横切下部の放電間隔は正常群に比し、温存群、切離群共に著しく延長し、横切上部とは逆に食事刺激により短縮した（図2 a. 左）。

伝播速度：横切上部では3群に大差を認めず、又、食事刺激によっても著変を認めなかった（図2 b. 左）。逆に横切下部では、正常群に比して著しい伝播速度のレベル低下を認めるが、幽門洞枝温存群、切離群に大差がなかった。

逆蠕動放電率：正常群および横切上部では全く認められないのに対して、横切下部では幽門洞枝温存群（25%）、切離群（8.7%）ともに逆蠕動放

電を認め、食事刺激により減少する傾向がみられた。

まとめ

筋電図学的には幽門洞枝温存、切離に関係なく胃横切離により横切下部の放電間隔は延長し、伝播速度の遅延傾向が認められた。又、温存群、切離群共に逆蠕動放電がみられた両者間に大差を認めなかった。

臨床例において胃排出時間は幽門洞枝温存群にやや排出遅延の傾向がみられ、レ線映画では温存群で強い蠕動を認めるが拡張期に排出される所見が目された。

以上、分節的胃切除術において幽門洞枝を温存しても、胃横切離による異常運動がなお存在することが術後長期例の観察でも明らかとなった。

文 献

- 1) Ferguson, D.J., Billings, H. and Swensen, D. (1960). Segmental gastrectomy with innervated antrum for duodenal ulcer. *Surg.* **47**, 548-556.

内視鏡8ミリシネ観察による胃運動の検討 第2報（特に選近迷切例を中心として）

東京慈恵会医科大学 第二外科学教室

神 山 正 之, 松 島 孝 雄, 渡 辺 豊
青 木 照 明, 長 尾 房 大

我々は第19回日本平滑筋学会において、内視鏡8ミリシネを応用し、胃運動の起始部、胃角部の運動、蠕動波の速度について、主に胃に粗大病変のない例につき報告したが、今回は同様の方法により選近迷切例を中心とした検討を行ない、さらに、あらたに蠕動波の大きさの点から各胃疾患別の比較検討を加えたので報告する。対象は、胃に粗大病変のない例（以下対照例）40例、胃潰瘍20例、十二指腸潰瘍17例、胃十二指腸潰瘍8例、選近迷切例16例である。方法は、前処置として咽頭麻酔だけで内視鏡を挿入し、胃内を十分観察したのち、8ミリシネを撮影した。これに際し、胃内圧により筋電図上では、放電頻度に差が生ず

ることから、条件を一定にするため、胃内圧を5~10 cm 水柱として8ミリシネを撮影した。蠕動波の速度の測定は、蠕動波が胃角を通過してから幽門輪へ向かい、消失するまでを、シネフィルムのコマ数をかぞえ、18コマを1秒として算出した。対照例では、蠕動波の速度は 18.5 ± 2.24 秒、胃潰瘍 17.5 ± 2.82 秒、十二指腸潰瘍 17.6 ± 2.34 秒、胃十二指腸潰瘍 17.4 ± 3.23 秒、選近迷切例 17.6 ± 1.66 秒であった。

胃潰瘍について潰瘍の位置・深さの点から検討すると、高位潰瘍では 16.0 ± 1.70 秒と速くなり、胃角部潰瘍では 18.7 ± 2.92 秒で対照例とあまり差がなかった。さらにこの胃角部潰瘍を、内視鏡

的に深い潰瘍とその他の潰瘍とに分けると、深い潰瘍では 21.4 ± 3.03 秒と遅くなる傾向を示した。

十二指腸潰瘍および胃十二指腸潰瘍では、内視鏡的な幽門狭窄の有無による差について検討したが、狭窄の有無と蠕動波の速度とはあまり関連がないように思われた。

次に選近迷切例について検討すると、幽門成形術（以下幽成）の有無による差は、幽成のある例で 17.3 ± 4.82 秒、幽成のないものでは 18.3 ± 2.05 秒と、あまり差があるようには思われなかった。

次に蠕動波の大きさによる検討では、蠕動波の大きさを、I（蠕動波がないか、あっても弱く幽門輪にまで達しないもの）、II（蠕動波が幽門輪にまで達するが、蠕動波によって幽門輪が視野からかくされて見えなくなることはない）、III（全周性の蠕動波によって前庭部が絞扼され、幽門輪が視野からかくされて見えなくなり、粘膜が手前に向かって絞り出されてくる）の3型に分類し、各胃疾患別の差異について検討した。対照例や十二指腸潰瘍、胃十二指腸潰瘍では、II～IIIの蠕動波が85%以上を占めるが、胃潰瘍および選近迷切例ではII～IIIの蠕動波の比率は80%以下で、Iのような弱い蠕動波が多く見られた。

胃潰瘍について、潰瘍の部位と深さについてみ

ると、高位潰瘍では強い波が多く、胃角部潰瘍のうちでも深い潰瘍では、波が弱くなる傾向を認めた。

選近迷切例では、全体として蠕動波は弱くなるが、そのなかでも幽成を附加しなかった例がやや弱い傾向があるように思われた。選近迷切後の経時的变化についても検討したが、蠕動波の速度・大きさ共にあまり変化はないようであった。

以上、内視鏡8ミリシネを応用し、選近迷切例を中心に蠕動波の速度・大きさの点から比較検討を行ない報告した。

文 献

- 1) 岡田練之介 (1972): 胃の活動電位の発生部位と部位の特徴に関する実験的研究. 日平滑筋誌 8: 99-111.
- 2) 松島孝雄 (1972): 管内双極導出法による胃電図の臨床的研究. 慈医誌 87: 2, 1972.
- 3) 中村紀夫 (1970): 胃筋層の構成並びに胃潰瘍の発生部位と筋層・特に縦走筋との関係について. 日平滑筋誌 6: 245-262.
- 4) 岩崎 晃 (1976): イヌの実験胃潰瘍の占居部位と筋電図との関係. 日平滑筋誌 12: 294-296.
- 5) 山崎義幸 (1975): 胃平滑筋の carbachol 刺激による denervation sensitivity 変化について. 日平滑筋誌 11: 228-229

慢性犬における選択的迷走神経切離 兼幽門成形術の胃筋電図

東京慈恵会医科大学 第二外科学教室

益 子 博, 清 水 保 雄, 笹 裕
松 島 孝 雄, 青 木 照 明, 長 尾 房 大

緒 言

胃に迷走神経切離術を行うと、正蠕動放電の出現が不規則となり、放電間隔の短いいわゆる逆蠕動放電が前庭部に多発する。そして前庭部に逆蠕動放電が出現している間には、正蠕動放電が前庭部に伝播しえずに途中で消失する。著者らはこの観点から、胃体部と前庭部の正蠕動性の放電数（以下放電数とよぶ）を比較することにより、幽門成形術の選択的迷走神経切離術に対する効果について実験的に検討した。

方 法

胃体部と前庭部について針双極電極を装着した対照犬7頭（control 群）、幽門成形術犬5頭（P. 群）、選択的迷走神経切離術犬4頭（S. P. V. 群）および選択的迷走神経切離兼幽門成形術犬7頭（S. P. V. + P. 群）を作成した。術後5日から空腹時に続き、冷牛乳、温牛乳いずれも360ml および米飯500gとサバ水煮の缶詰200gからなる固形食を与えて摂取後3時間まで胃筋電図を記録した。幽門成形術は Heineke-Mikulicz 法で、

幽門を中心に上下 3 cm の切開で行った。

結 果

空腹時の胃体部における放電数の平均値は15分間に Control 群 72.0, P.P. 群 75.4, S.P.V. 群 75.0 および S.P.V. + P.P. 群 73.1, 前庭部のそれは Control 群 67.6, P.P. 群 71.9, S.P.V. 群 65.9 および S.P.V. + P.P. 群 65.6 と算出された。前庭部の放電数(図1)は、主として前庭部に発生した逆蠕動放電のために伝播が阻害され、いずれの群においても胃体部の放電数よりも少く、S.P.V. 群と S.P.V. + P.P. 群では胃体部と前庭部の放電数の差が大きかった。検査別にみると、実験成績の偏差は、もっとも S.P.V. + P.P. 群、つぎに S.P.V. 群に広く、Control 群と P.P. 群は比較的一定の値を示した。胃体部と前庭部の放電数を同様に比較すると、いずれの群においても胃体部よりも前庭部に広い偏差を認めた。とくに、S.P.V. + P.P. 群において前庭部の放電数、すなわち胃体部から前庭部に完全に伝播した放電数が極端に少いものを認めた(17.0, 14.6, 5.6/15分)。

試験食を投与すると、食餌の種類別に放電数は一定のパターンにそって変化し、いずれの群においてもそれを逸脱することはなかった。すなわち、冷牛乳では、摂取直後に急峻な放電数の低下がみられ、30~45分で摂取前の値に回復した。一

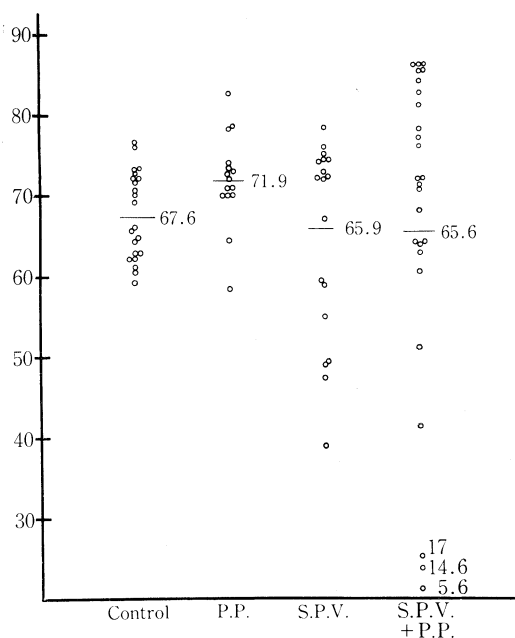


図1. 空腹時における前庭部の正蠕動放電数値は15分間の放電数を示す

方、温牛乳では増減の不明瞭な直線的パターンを示した。固形食では冷牛乳摂取後にみたごとく、摂取直後に放電数が減少し、食後3時間を経てもこの状態が継続した。検査別にみた成績の偏差は、空腹時のそれと同様、いずれの群でも胃体部よりも前庭部に広く、S.P.V. 群とくに S.P.V.

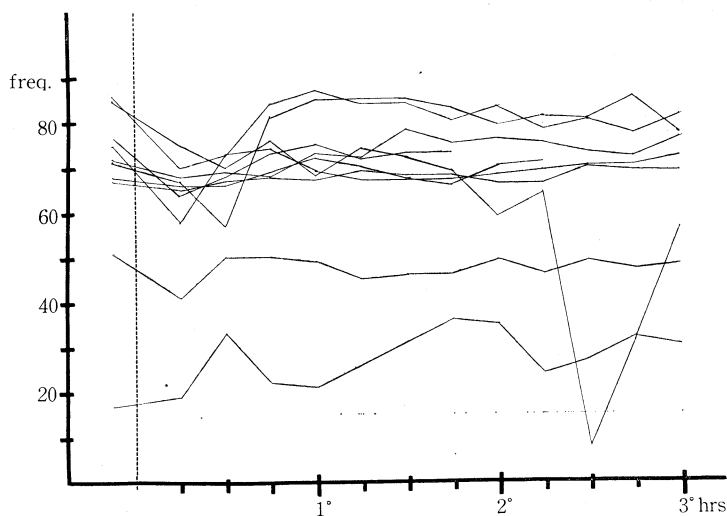


図2. 選近迷切兼幽成群の固形食摂取における前庭部の正蠕動放電
縦軸は15分間の放電数、横軸は時間を示す

+P.P. 群において前庭部の放電数が極端に低いものを認めた(図2).

考察ならびに結論

ヒトに選近迷切術(S.P.V.)を施行する場合、ドレナージ手術が必要か否かの論議がある。これに答える一助として、幽門成形術(P.P.)の胃の蠕動性放電に対する効果を実験的に検討した。P.P.を単独に施行した場合、この実験方法においては判然とした効果は認められなかった。しか

し、P.P.をS.P.V.に付加すると、主として逆蠕動放電のために、正蠕動放電の伝播が空腹時と食餌摂取後に高度に阻害される例を認めた。とくに固形物は個々の蠕動により胃から排出されると考えられるので、S.P.V.施行時にドレナージを目的に施行したはずのP.P.が、逆に、排出を遅延せしめることもあると思われた。また、排出遅延に至らずとも、排出動態が極めて不自然になることもあると考えられた。

胃体部切除術における前庭部の筋電図 とくに迷走神経の役割について

東京慈恵会医科大学 第二外科学教室
清水 保雄, 間 中正章
青 木 照 明, 長 尾 房 大

胃を横切すると、横切下部胃にいわゆる異常興奮がおこり、筋電図上、蠕動放電出現の不規則化、放電間隔の延長および逆蠕動放電の多発をみるといわれる。著者らは、この現象を慢性実験で確かめるために、胃の蠕動放電の起発部位と考えられている胃体部を切除して横切を半永久的に成立せしめ、下部胃の筋電図変化を観察した。

方 法

雑種成犬に胃底腺幽門腺境界から上部約50%を切除する分節的胃体部切除術を施行した。これを横切下部胃(前底部)に分布する迷走神経支配を温存したもの(I群5頭)とこれを切離したものの(D群5頭)に分け、control群4頭を加えた3群を実験対象とした。横切下部胃に銀塩化銀双極電極を等間隔に3個づつ装着し、術後2~4日に空腹時、術後2週と4週に空腹時に続き meat meal 200gを与えて食後1時間まで筋電図を記録した。

成 績

横切された前庭部の筋電図所見を胃体部のそれと比較するために、胃底腺幽門腺境界で筋層のみを輪状に切離し、さらに前庭部を迷切した犬を作

成した。胃体部に較べて前庭部では放電間隔が不規則でかつ延長し、術後1ヶ月を経ても胃体部から前庭部への伝播関係は認められなかった。前庭部には、時に逆蠕動放電の発生がみられ、放電間隔の短いものと長いものの2種が区別された。すなわち、放電間隔の短いものは連続して出現する傾向が強く、second potentialを伴うことは極めてまれで(T.G. typeとよぶ)、長いものには時にこれを認めた(R.P. type)。

胃体部を切除したI群とD群の前庭部の筋電図にも同様の所見をみた。ただし、逆蠕動放電についてはI群にR.P. type, control群にT.G. typeが優位であり、D群には両方のtypeのものを認めた。

空腹時の正蠕動放電頻度について術後日数にしたがって3群を比較すると、control群では術後日数にかかわらず4.0~5.01分であるのに対し、I群とD群では術後2~4日に1.0~3.0/分、術後2週に2.0~4.0/分、術後4週に1.5~3.0/分と低値を示した。逆蠕動放電出現率を同様に比較すると、術後2~4日では3群に大差を認めなかった(平均約5%)。そして術後2週以降ではI群に逆蠕動放電の発生をみず、control群とD群に低率にこれを認めた(平均3~5%)。

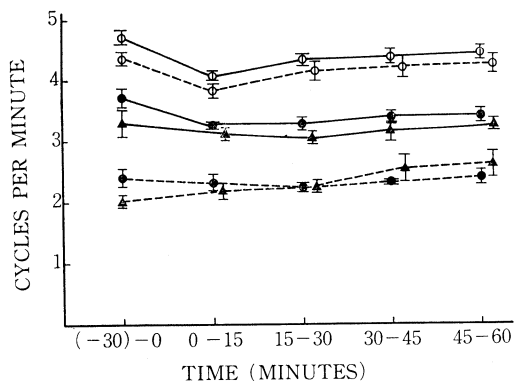


図 1 meat meal 摂取後の正蠕動放電頻度
○ control 群, ● I 群, ▲ D 群を, 実線は 2 週, 波線は 4 週を示す。

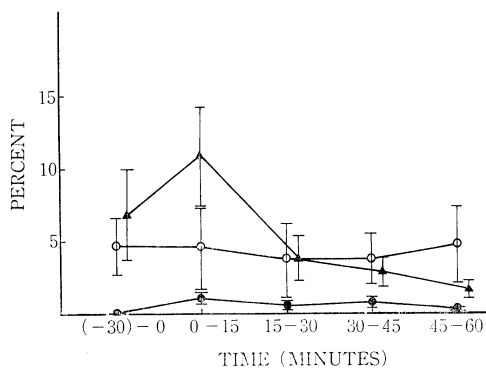


図 2 meat meal 摂取後の逆蠕動放電出現率
○ は control 群, ● は I 群, ▲ は D 群を示す。

食餌摂取後の正蠕動放電頻度 (図 1) は, control 群で術後 2 週と 4 週系 (2.0~5.0/分) にあり, 頻度, 変化パターンともに一定のものを示した. I 群と D 群における術後 2 週の結果は 3.0~4.0/分, 術後 4 週では 2.0~3.0/分にあり, 明らかに control 群よりも低値を示した. したがって, 横切下部胃の放電頻度は迷走神経の支配とは無関係に, 術後日数で変動することを認めた. 食餌摂取後みられる放電頻度の減少傾向を I 群と D 群にも認めたが, その程度は control 群よりも軽度で, とくに空腹時においてその頻度が 2.0/分以下の場合, 食餌摂取後に放電が誘発されて逆に増加することを認めた. 食餌摂取後の逆蠕動放電出現率 (図 2) は, control 群では約 5%, D 群では食餌摂取開始から 15 分間に最高値 10.85% に達し, それ以降は 5% 以下に漸減した. I 群で

は空腹時, 食後ともに 1% 以下にすぎなかった.

ま と め

胃を横切すると下部胃の放電間隔が延長し, かつ不規則化することを確認した. この現象は横切からの経過日数で変動したが, 横切後, 機能的再連続を故意に断つと, 筋電図の異常は半永久的に継続し, 食餌を与えても正常化することにはなかった.

逆蠕動放電には一般に 2 種類のものが圧別され, 横切下部胃に迷走神経支配を温存すると, その出現率を極めて低くすることが可能と考えられた. 横切下部胃に特有な放電間隔の長い逆蠕動放電には, 時に second potential を伴うことを認め, その出現率は横切に迷切を併施しても従来考えられていたものより低値にすぎなかった.

消化管運動に及ぼす迷走神経切離術の影響

新潟大学医学部 第一外科学教室

高 桑 一 喜, 松 木 久

野 沢 晃 一, 武 藤 輝 一

消化管運動に対する迷走神経切離術 (以下, 迷切) の影響を検索するため, 犬を用いて迷切前後における消化管筋電図 (以下, 筋電図) を意識下で導出記録し, 検討を加えた.

方 法

12 kg 前後の雑種成犬 6 頭を用いた. まづ 3 頭には, ネンブタール麻酔下に径 500 μ , 極間距離 1.5 mm の銀針双極電極を, 胃幽門洞部に 2 個 (幽門輪より 2 cm 及び 4 cm), 十二指腸に 2 個 (逕

門輪より 5 cm 及び Treitz 靱帯付着部), Treitz 靱帯より回盲部までは 50~60 cm おきた計 4~5 個, 漿膜面に長軸方向に植えこみ対象犬とした. 別の 3 頭には, 電極を植えこむとともに Finney 型幽門成形術 (以下, 幽成) を施行し幽成犬とした. 対象犬, 幽成犬とも, 術後 1 週より意識下で筋電図を導出記録した. 2~3 カ月後, 対象犬, 幽成犬に対して経胸的全身麻酔を施行し, 術後同様に筋電図記録を行なった. 筋電図の記録は, 犬を 16

時間絶食にした後, 空腹時の記録を 7~8 時間施行し, そのあと, 約 500 g の犬用缶詰肉 1 缶摂取させて, 食餌摂取後の記録を 4~5 時間行なった. なお, 導出記録の際の時定数は 1.5 秒, 記録速度は 1 mm/秒である.

結 果

すべての電極から筋電図が導出記録された. 筋電図は, 筋収縮の有無にかかわらず認められる

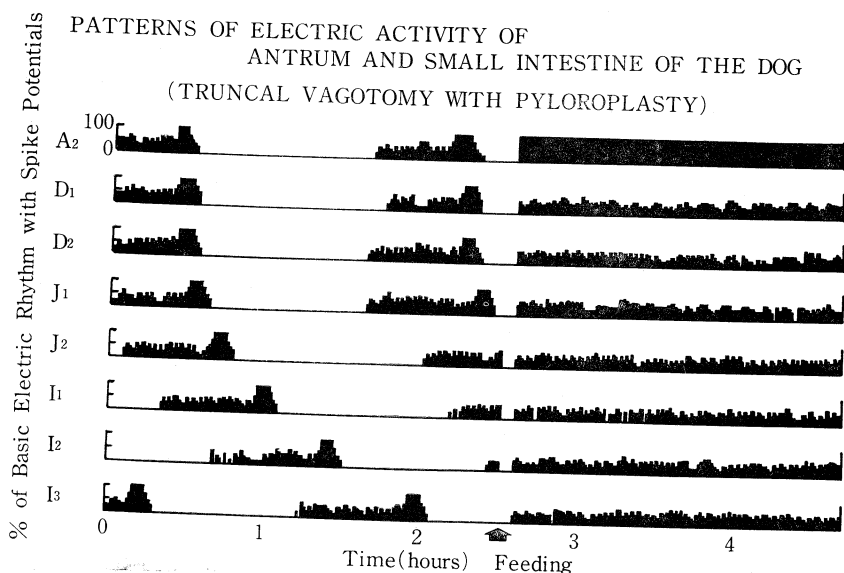
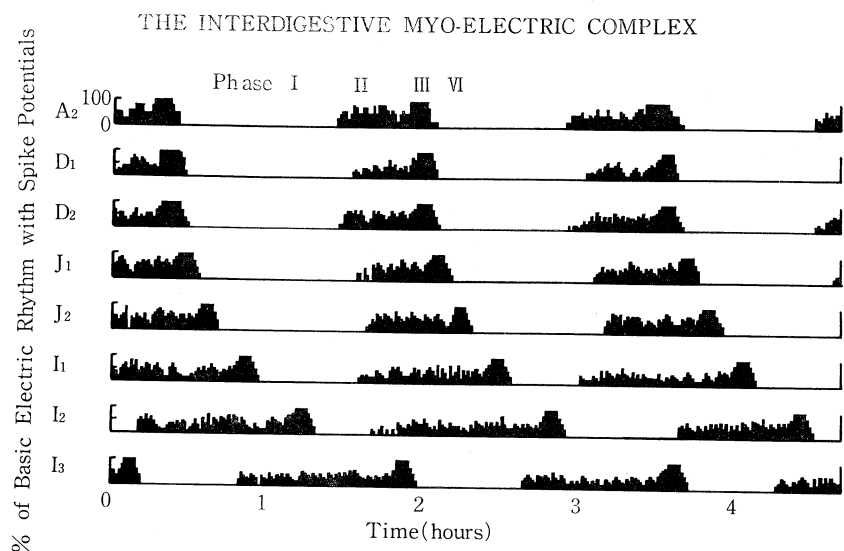


図 1.

baric electric rhythm (以下, BER) と筋収縮に一致して観察される spike potentials (以下, SP) から成っている。

小腸の BER 放電頻度は, 十二指腸で1分間に約18回, 肛門側に向かって次第に減少し終末回腸では最も少なく, 約14回であった。

小腸の BER 放電頻度に関しては, 対象犬, 幽成犬, 迷切犬の間に差はなく, 又, 食餌摂取前後においても差を認めなかった。

筋電図記録を部位別に, 1分間隔で SP を伴なう BER のパーセントを求め, このパーセントを幅1mmの棒グラフとして経時的に表わすと, 対象犬の空腹時には特異のパターン (Code らの interdigestive myoelectric complex) (以下 complex) が観察された。(図1の上) 即ち全く SP を伴わず BER のみの phase I. 散発的に SP が伴わないはじめ, 10~90% に SP がみられる phase II. ついで, 振幅の大きい SP が100% にみられる phase III. 急に SP が消失して (phase IV), BER だけの phase I となつてくり返す。これらの各 phase が, 胃・十二指腸に始まり, 終末回腸へ向かって伝播し, 終末回腸に達すると再び胃・十二指腸より始まるパターンである。食餌を摂取すると, このパターンは消失し, 幽門洞部では連続的に SP が伴ない。小腸では, 10~50% に SP

が伴なう単調なパターンへ移行した。幽成犬では, 食餌摂取前後におけるパターンは対象犬と同様であった。全幹迷切犬では, 食餌摂取後16時間以上経過しても complex が規則的なパターンとして観察されなかった。全幹迷切兼幽成犬では, 空腹時に規則正しく complex が観察され, 食餌を摂取すると消失した (図1の下)。

各群における phase III の持続時間と phase III のおわりから次の phase III のおわりまでの所要時間は表1に示す通りであった。

考 案

対象犬の空腹時には, Code らのいう inter digestive myo-electric complex が認められ, 食餌を摂取すると, このパターンは消失した。幽成犬でも対象犬と同様であった。全幹迷切単独の場合, phase I から phase IV まで規則的にくり返し, それが上部消化管から下部消化管へ規則的に伝播するパターンが観察されなかった。しかし, 全幹迷切に幽成を併施すると, complex が規則的に観察されることから, 全幹迷切単独の場合の complex の抑制には, 迷切によっておこる胃内容うっ滞が, 大きく関与しているものと考えている。

文 献

- 1) Code, C.F. *et al.* (1975): The interdigestive myo-electric complex of the stomach and small bowel of dogs. *J. Physiol.* **246**: 289.
- 2) Marik, F. *et al.* (1975): Control of the interdigestive myo-electric activity in dogs by the vagus nerves and pentagastrin. *Gastroenterology*. **69**: 387.
- 3) Norman, W.W. *et al.* (1975): Effect of vagotomy on electrical activity of the small intestine of the dog. *Amer. J. Physiol.* **228**: 650.
- 4) Szurszewski, J.H. (1969): A migrating electric complex of the canine small intestine. *Amer. J. Physiol.* **217**: 1757.
- 5) 高桑一喜ら (1977): 安定で再現性のある消化管筋電位測定装置の検討。日平滑筋誌 **13**: 257.

Table 1. The duration of phase III and the period of the interdigestive myo-electric complex
(min: mean \pm S.D.)

| | | Phase III | Period |
|--------------|----------------|---------------|------------------|
| Control | D ₂ | 6.1 \pm 1.5 | 103.1 \pm 21.9 |
| | J ₂ | 5.0 \pm 0.7 | 103.8 \pm 20.7 |
| | I ₂ | 7.3 \pm 1.0 | 113.0 \pm 20.6 |
| Pyloroplasty | D ₂ | 5.4 \pm 0.8 | 102.5 \pm 20.5 |
| | J ₂ | 6.2 \pm 0.6 | 107.4 \pm 18.0 |
| | I ₂ | 5.4 \pm 0.9 | 109.5 \pm 17.0 |
| TV-PP* | D ₂ | 7.3 \pm 4.5 | 103.6 \pm 16.7 |
| | J ₂ | 5.9 \pm 1.1 | 111.7 \pm 18.0 |
| | I ₂ | 6.6 \pm 1.3 | 111.6 \pm 19.2 |

*; Truncal vagotomy with pyloroplasty