

綜 説

幽 門 の 解 剖 と 機 能

和歌山県立医科大学消化器外科

岡村 貞夫, 河野 暢之, 勝見 正治

〔原稿受付：昭和56年1月20日〕

Anatomy and Function of the Pylorus

SADAO OKAMURA, NOBUJI KONO and MASAHARU KATSUMI

Department of Gastroenterological Surgery (Director Prof. Dr. MASAHARU KATSUMI)
Wakayama Medical College

Many arguments have been presented in this decade against the structure and function of the pylorus.

The pylorus forms a characteristic well defined torus, yet it has no specific anatomical structure to be distinguished from that of the pyloric antrum.

It is the reason why some investigators doubt whether the pylorus functions physiologically as a sphincter at the gastric outlet.

But an intense interest has been taken towards the functioning pylorus since the demonstration of a pyloric high pressure zone, whose reaction to gastrointestinal hormones is obviously different from the other part of the stomach.

In this paper, anatomy, physiology and dysfunction of the pyloric sphincter are presented in connection with our experiences on the pyloric sphincter preserving gastrectomy.

は じ め に

Pylorus (Gate Keeper の意) は名に示すごとく古くより胃排出の調節器管として把握されてきたが、幽門に存する括約筋は外見上、胃の輪状筋の一部であり、

単にそれが肥厚しているにすぎないことから、独立した生理的機能を営む括約筋と見做すことに疑念をもつ研究者が多かった。

しかし最近、幽門の消化管ホルモンに対する反応が胃の他の部とは異ったものであることが明らかになり、

Key words: Pylorus, Pyloric function, Pyloric sphincter incompetence, Pyloric sphincter preserving gastrectomy, Duodeno-gastric reflux.

索引語：幽門，幽門括約筋機能不全，幽門機能，幽門括約筋保存胃切除術，胃内逆流。

Present address: Department of Gastroenterological Surgery, Wakayama Medical College, Wakayama, 640, Japan.

更に Duodeno-gastric reflux の防止作用の面においても消化性潰瘍の病態生理にかなりの影響力を有することから、その意義が見直されつつある。

著者らは約15年前から胃潰瘍をはじめとする良性胃疾患に対しては幽門機能を保存できる幽門括約筋保存胃切除術を臨床的に採用しているが、本術式の開発及び臨床経験を通じて幽門の解剖と生理に関し多少の知見を得ることができたので内外の文献的考察とともに述べてみたい。

I. 幽門の解剖

本邦では幽門という呼称以外に幽門部、幽門洞、幽門管、幽門輪等種々の表現が用いられ、時として混同されるくらいがある。

Thorek³¹⁾ は、幽門部 Pyloric portion を近位側の嚢状部即ち幽門洞 Pyloric antrum と遠位側の管状部即ち幽門管 Pyloric canal 及び幽門 Pylorus の3部分に分け、Pylorus とは胃の最遠位側 1/2 インチの部のみに対する呼称であるとしている。

1. 位置及び形態

幽門は通常第I腰椎の高さで正中線より2~3cm右寄りに存し、前方では肝右葉に、後方では膈上縁に接している。

漿膜面は輪状に締めつけられた様な外観、いわゆる Duodenopyloric constriction 又は Pyloric notch を呈し、容易に確認できる(図1)。

但し幽門近傍潰瘍の為、瘢痕が強く触診でも幽門の位置を確認し難い時は Prepyloric vein (Vein of Mayo) が良い指標となる。

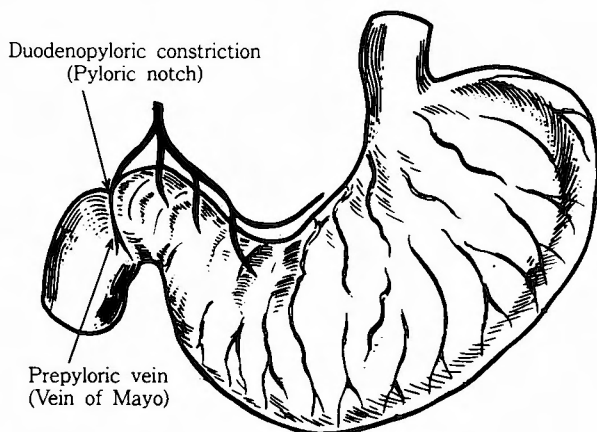


図1 幽門の漿膜面

Vein of Mayo は右胃静脈から発して幽門前面の漿膜直下を大彎に向って走行し、右胃大網静脈と交通する。動脈と伴走していない点が Vena pylorica と異なっている。

十二指腸潰瘍穿孔時には多くの場合この部分は肝右葉によって被覆されてしまう為、腹膜炎手術に際しては先ず検索すべき部位であり、Doller area³¹⁾ と呼ばれている(図2)。

2. 幽門括約筋

幽門では輪状筋が発達して、他の胃の部位より厚い壁を有し、いわゆる幽門括約筋を形成する(図3)。

胃の輪状筋は縦走筋の一部を伴って幽門の直前から徐徐に肥厚しはじめ、Pyloric notch 付近で peak となるが、十二指腸の輪状筋とは結合織性の伸縮性に乏しい輪状中隔 Septum によってへだてられ、急激に十二指腸の薄い壁に移行する。

この特異な形態が Ramstedt 手術に際して Dangerous point と呼称されるゆえんであるが、弁状作用により十二指腸内容の胃内逆流防止に役立っている(図4)。

幽門括約筋は解剖学的に2つの Loop 即ち幽門の起始部に相当する Left canalis loop (Proximal loop) と十二指腸との境界に存し、最大の肥厚を示す Right canalis loop (Distal loop) とに分類される(図5)。

これらの Loop は幽門の全周にわたって均一な厚さを有するのではなく、かなり小彎に偏った肥厚を示している。

即ち Torgersen³²⁾ (1942) によると幽門の小彎側においては2つの Loop があわさって独特の隆起 Torus を

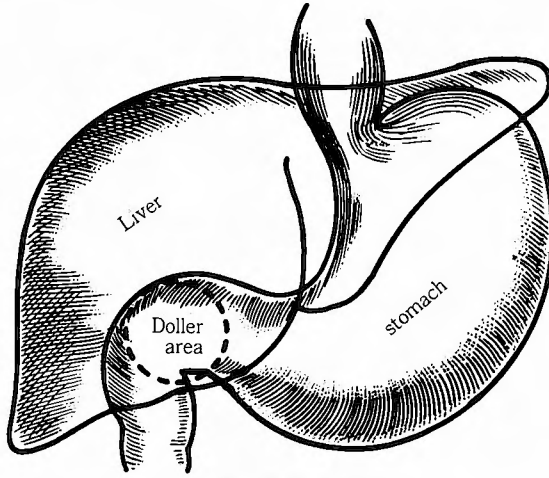


図2 Doller area

Silver doller size で pyloric notch によって2分される。穿孔時には肝右葉によって被覆されている。(Thorek, P.3rd 1962)

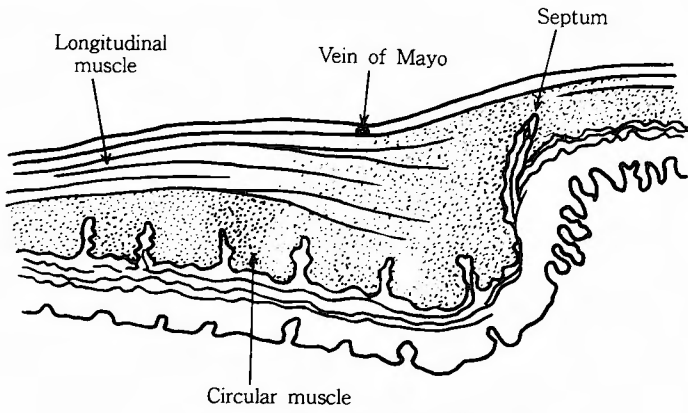


図3 幽門の筋構造

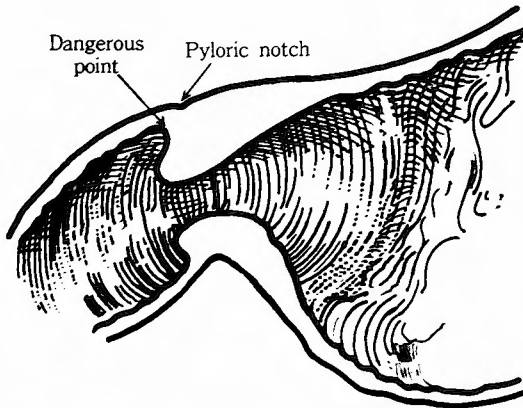


図4 肥厚性幽門狭窄部の縦断面

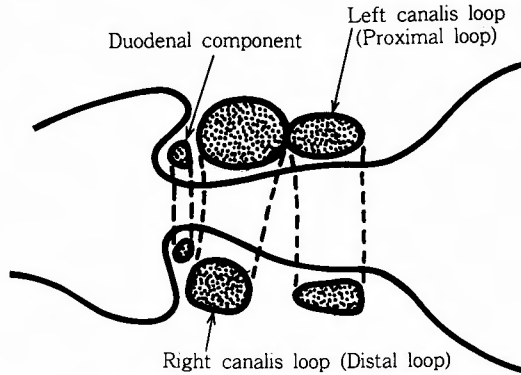


図5 幽門括約筋の構造

形成するが、大彎側では扇状に拡がって消失し、十二指腸の輪状筋に移行するとされ、McNaught²⁰⁾ (1957) からも同様の所見を記載している。

十二指腸との境界部には duodenal component と名付けられる小さい loop が存在するが、術中に独立した筋として識別することは困難である。

3. 胃十二指腸接合部

粘膜における gastroduodenal junction は esophago-gastric junction における程明瞭ではないが、肉眼的にも確認可能であり、組織学的には移行は明瞭である。肉眼的に歯状又は直線状を呈し、一般に duodenogas-

tric constriction の部位に一致するが、近位あるいは遠位に偏位している場合もある²⁵⁾。

この部位は消化性潰瘍の好発部位であり、大井の2重規制学説が広く認められている。

4. 神経支配

胃に分布する迷走神経は90%が afferent fiber であり、主として pH と圧を伝達する。殆どが cholinergic であるが、一部頸部交感神経幹から出る adrenergic fiber も含まれる²¹⁾。Efferent fiber は dorsal motor nuclei に発し、縦走及び輪状筋間の Auerbach's plexus で synaps する。

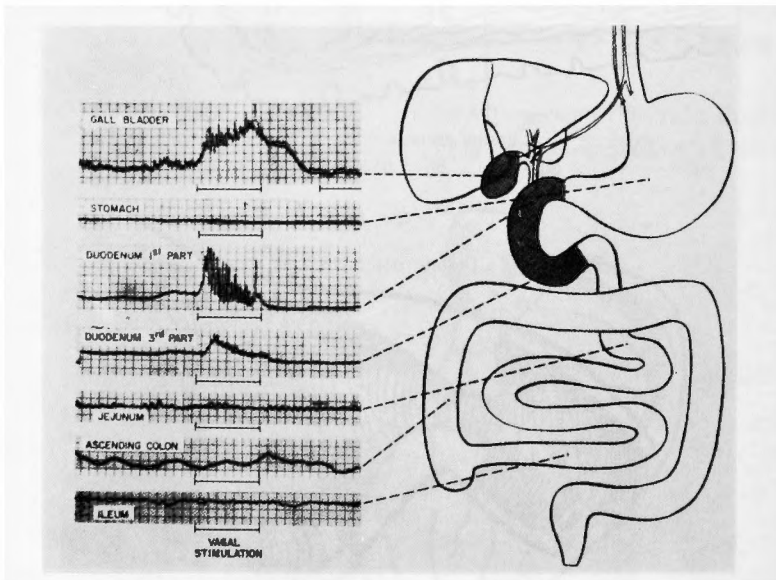


図6 迷走神経幽門枝の motor function

肝枝に加えた刺激は幽門枝を介して十二指腸の蠕動放電を促すが幽門部には反応はみられない。(Harkins & Nyhus¹²⁾ 1967)

又 submucosa (Meisner's plexus) や exocrine ganglia とも synaps し, neurohumoral transmitter を介して粘膜下及び粘膜内の Network に入っている。

幽門は胃の他の部位と異り, 十二指腸及び臍頭部と共に迷走神経前枝の肝枝に発する幽門枝 Pyloric branch の支配領域にある。

Franksson¹⁰⁾ は pyloric branch を温存すれば functioning pylorus の働きによって術後の胃内容停滞が防止されるであろうとの考えのもとに selective vagotomy without drainage を臨床的に行ったが, この試みは術後の gastric stasis によって失敗に終わった。

その後の研究でも幽門枝の幽門ないし幽門洞に対する作用は不明であり, 図6の Harkins and Nyhus¹²⁾ の実験にみる如く, 幽門枝には efferent motor function はないとする考えが一般的である。しかし最近の enkephalin をはじめとする新しい neurohumoral transmitter⁶⁾ の発見は幽門枝の機能の解明にもかなりの光明をもたらすものと考えられ, これについては「幽門と消化管ホルモン」の項で述べる。

一方交感神経は腹腔神経節からの節前線維が胃全体に分布し, 幽門は右胃動脈に沿う分枝の支配をうけているが, 迷走神経にみられるような, 幽門固有の支配は認められない。

II. 幽門の生理

1. 括約筋機能

幽門の蠕動放電にみられるスパイク波は, 振幅, 持続時間共に幽門管のそれに比し小さく^{19,23,30)}, 筋電図学的には特別な括約筋の存在を示唆する所見は得られていない。

幽門内圧検査においても Atkinson²⁾, Michael²²⁾ らは幽門に昇圧帯を証明し難く「幽門は閉じない」と述べ, 大井²⁴⁾は幽門を「生理的狭窄部」にすぎないとして幽門機能の存在を否定している。

このように従来報告では幽門を独立した括約筋と見做さないとする意見が多かったが幽門は特異な Potential difference を示し¹⁾, 犬の実験では High pressure zone (H.P.Z.) が証明可能なこと^{3,13)} より, 人幽門機能の存在を証明しようとする試みが地道につづけられてきた。

その結果図7に示すように ①人幽門は固有の H.P.Z. を有し, antral peristalsis のある時は弛緩している。②十二指腸内の化学的刺激によって収縮する。③

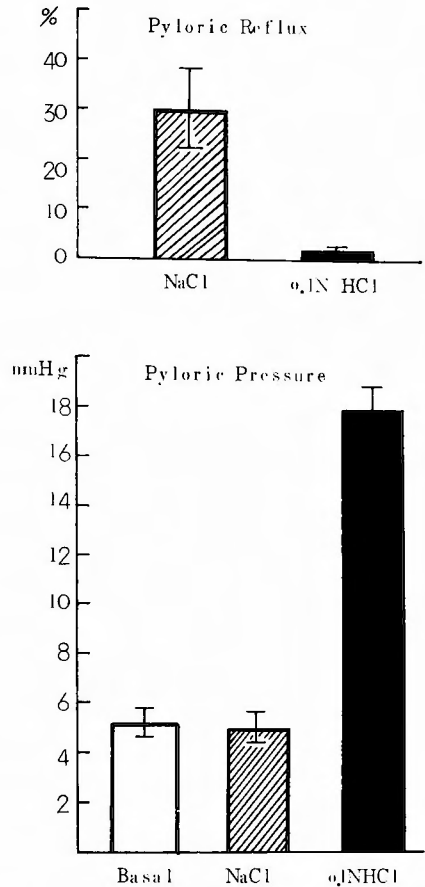


図7 Pyloric reflux と Pyloric pressure

十二指腸内に NaCl を注入すると HPZ の上昇はみられず胃内逆流を認めるが, HCl の注入では幽門内圧の著明な上昇と共に reflux は著減した。

(Fisher, R. and Cohen, S.⁷⁾ 1973)

H.P.Z. の圧上昇は reflux の防止に役立っている。等の点が Fisher⁷⁾ らをはじめとする一派によって確認され, 今日では幽門機能の存在を肯定する学者が少なくない²⁷⁾。

諸家の見解をまとめると, 胃に peristalsis のない時は幽門は閉じた状態にあるが, これは幽門括約筋の収縮を意味するのではなく, 安静時には括約筋はむしろ弛緩しており, 前後壁がくっついた状態で閉じていると考えるのが正しいようである。一方胃体中部にはじまる蠕動波が antral systole となって幽門に達すると幽門括約筋は弛緩したまま, 1回につき 2~6ml の胃内容を十二指腸内へ送り込み, 続いて起こる十二指腸球部及び幽門括約筋の収縮によって逆流が防止される。

このように幽門本来の動きは十二指腸内容の逆流防止にあり¹⁴⁾、安静時においても胃十二指腸間に大きな圧勾配がなければ排出を control すると共に逆流をも防止している。

2. 幽門と消化管ホルモン

各種消化管ホルモンの幽門に対する作用は次第に解明されつつあり、antrum とは異った反応を示す¹⁸⁾ ことが注目をあつめている。

脂肪食が胃排出を遅延させることは古くから知られ臨床的にも応用されている。

この作用は前述の如く脂肪による十二指腸の刺激が胃運動の抑制と幽門括約筋の収縮を促し、排出を遅らせることによるものであり、secretin 及び cholecystokinin の介在が明らかにされている⁸⁾。又ガストリンはこれに対する拮抗作用を有し、胃運動の亢進と幽門における H.P.Z. の圧低下を促す⁹⁾ ことが知られている。

又最近 Edin (1980)⁶⁾ らは猫の幽門には胃の他の部位と異り、enkephalin 様の免疫活性を有する神経線維が筋間神経叢内に多数認められることを発見した。更に彼等は同じく猫を用いた実験で、幽門に存する atropine にも guanethidine にもブロックされない固有の収縮運動が、opiate antagonist である naloxon でブロックされることより幽門が non-adrenergic, non-

cholinergic neuron 即ち enkephalinergetic neuron の支配を受けていると仮説した。

前項で述べた幽門枝がはたしてこの enkephalinergetic neuron であるか否かは今後の研究に待たなければならぬが enkephalin をはじめとする新しい neurohumoral transmitter の発見が、従来不明な点の多かった幽門機能の解明において重要な Key となるであろうことが期待される。

III. 幽門の障害

1. 成人の肥厚性幽門狭窄症

新生児における先天性肥厚性幽門狭窄症(CHPS)は popular な疾患であるが成人のそれは特に本邦においては余り知られていないようである。

著者らは幽門括約筋保存胃切除術の施行に際し、時に成人においても CHPS に似た幽門の肥厚を示す症例のあることを報告してきた²⁶⁾が、一般に十二指腸又は幽門近傍潰瘍による癒痕と誤られる case が多いようである。Kreel and Ellis¹⁷⁾ は100例の成人幽門狭窄例について詳細に研究した結果、殆どが良性潰瘍又は癌による狭窄であったが2例(2%)に HPS を認めたと報告している。Keynes¹⁵⁾ (1965) によると本症は1835年 Cruveilhier の記載が最初であり、1901年 Robson and Moynihan が手術に成功して以来文献上132

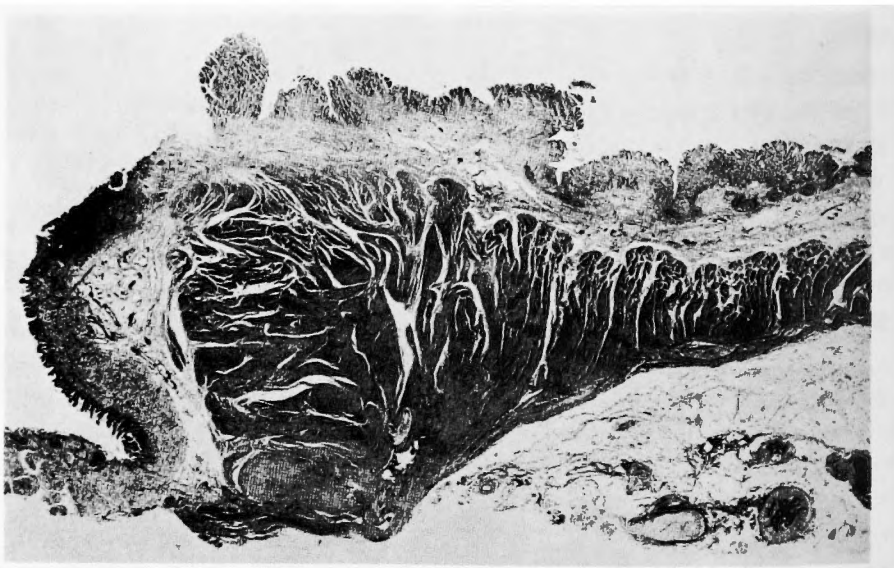


図8 成人肥厚性幽門狭窄症の組織像
50才女性 輪状筋の著明な肥厚と筋束間の線維性結合織の増殖を認める。
(H.E. 染色, 7×) (Keynes, W.M.¹⁵⁾ 1965)



図9 成人肥厚性幽門狭窄症のX線像

61才男性でX線的には幽門部癌を思わせたが幼小児より幽門狭窄症状があり幽門形成術によって治癒した。(Keynes, W.M.¹⁵⁾ 1965)

例の報告がある。本症の成因について Seaman²⁹⁾ は幽門括約筋の distal loop を主とする torus の primary hypertrophy であろうと述べ、Keynes¹⁵⁾ にも組織学的研究から本症と CHPS とは同一の genese によるものであると述べている(図8)。一般に行われる治療法は幽門形成術⁴⁾、又は胃切除術¹⁵⁾ のいずれかであるが Keynes¹⁵⁾ は、図9に示す如くX線的に癌と鑑別することが困難なことより胃切除術の方を推賞している。

2. 幽門括約筋機能不全

胃潰瘍の成因の1つにあげられる H⁺ の back diffusion は lysolecithin をはじめとする十二指腸内容の逆流に負うところが大きく^{5,16)}、その原因は古くより幽門の異常に求められていたが、臨床的にこれを証明することは困難であることから pyloric sphincter incompetence の概念の普及がはばまれてきた。Pyloric sphincter incompetence と関連の深い病態としては stress ulcer 及び chronic gastric ulcer があげられ¹⁰⁾、特に stress 状態は図10に示す如く duodeno-gastric reflux を増加させる重要な因子である²⁸⁾が、最も身近な例は喫煙の影響であろう。従来喫煙による胃粘膜障害の発生機序に関しては殆ど定説がなく、脾の bicarbonate 分泌抑制による影響があげられる程度であっ

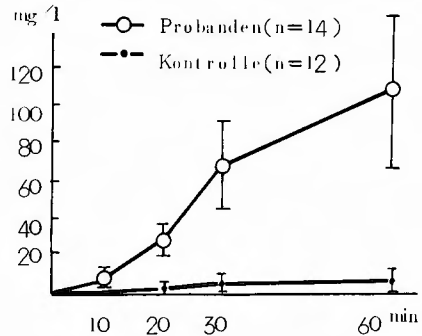


図10 Bromsulfalein 胃内逆流試験

静注後、肝から排出された Bromsulfalein は ICU 収容患者(-○-)が、健康人(-●-)に比し有意に高値である (P<0.001). (Schumpelick, V. and Rauchenberger, B.²⁸⁾ 1976)

たが、最近の研究によると basal pyloric pressure は喫煙により著明に低下し、duodeno-gastric reflux の起り易い状態であることが明らかにされている³¹⁾。

Pyloric H.P.Z. の圧低下、duodeno-gastric reflux 及び胃潰瘍の3者が相互に有意の相関を示すことはその後 Fisher³⁾ によって証明されており、幽門括約筋機能不全は胃潰瘍発生の前段階を示す独立した1つの病態であると言って過言でない。

おわりに

胃手術で特に良性疾患を対象とする場合は術後の機能に十分な配慮がなされるべきであり、この意味から外科医は単に解剖のみならず胃の生理学的機能にも精通しておくことが必要であろう。胃の解剖生理に関してはいずれの成書にもかなり詳細な記載があるが、幽門に関しては必ずしもそうではなく、特に本邦では幽門機能について詳述した教科書は皆無と言ってよい。

幽門の括約筋としての機能があらためて評価されはじめたのはまだ極く最近であるが、外科分野においては胃潰瘍に対して幽門括約筋保存胃切除術を採用する施設が次第に増加しており、昭和55年第16回日本消化器外科学会のシンポジウム「括約筋温存手術々式とその機能的予後」において、肛門括約筋とならんととりあげられたことから多くの外科医が関心を寄せていることがうかがえる。

ここに述べてきた幽門の解剖と生理はあくまでも著者らが臨床外科医として得た知見であり基礎医学の専門分野からみれば多分にかたよった面もあるかもしれないが、幽門括約筋保存胃切除術を施行するに際して参考となる点があれば幸いである。

参考文献

- 1) Anderson S, Grossman MI: Profile of pH pressure and potential difference at gastroduodenal junction in man, *Gastroenterology* **49**: 364-371, 1965.
- 2) Atkinson M, et al: Comparison of cardiac and pyloric sphincters, *Lancet* **2**: 918-922, 1957.
- 3) Briuk BM, et al: The pressure profile of the gastroduodenal junctional zone in dogs, *Gut* **6**: 163-171, 1965.
- 4) Caldwell JH, Cerilli GJ: Adult hypertrophic pyloric stenosis, *Am J Gastroent* **67**: 261-264, 1977.
- 5) Delaney JP, et al: Pyloric reflux gastritis: The offending agent, *Surgery* **77**: 764-772, 1975.
- 6) Edin R, et al: Evidence for vagal enkephaliner-gic neural control of the feline pylorus and stomach, *Gastroenterology* **78**: 492-497, 1980.
- 7) Fisher RS, Cohen S: Physiological characteristics of the human pyloric sphincter, *Gastroenterology* **64**: 67-75, 1973.
- 8) Fisher RS, Cohen S: Pyloric sphincter dysfunction in patients with gastric ulcer, *The New England Journal of Medicine*, **288**: 273-276, 1973.
- 9) Fisher RS, Boden G: Gastrin inhibition of the pyloric sphincter, *Am J Dig Dis* **21**: 468-472, 1976.
- 10) Fisher RS, Boden G: Reversibility of pyloric sphincter dysfunction in gastric ulcer, *Gastroenterology* **69**: 591-597, 1975.
- 11) Franksson C: Selective abdominal vagotomy, *Acta Chir Scand* **96**: 409-414, 1948.
- 12) Harkins, Nyhus: *Surgery of the stomach and duodenum*, Second edition: 616-620, Little, Brown and company, Boston, 1969.
- 13) Isenberg JI, Csenders A: Effect of octapeptide of cholecystokinin on canine pylorus pressure, *Am J Physiol* **222**: 428-431, 1972.
- 14) Keighley MRB, et al: The importance of an innervated and intact antrum and pylorus in preventing postoperative duodenogastric reflux and gastritis, *Br J Surg* **62**: 845-849, 1975.
- 15) Keynes WM: Simple and complicated hypertrophic pyloric stenosis in the adults, *Gut*, **6**: 240-252, 1965.
- 16) Kivilaakso E, et al: Duodenogastric reflux of lysolecithin in the pathogenesis of experimental porcine stress ulcer, *Surgery* **79**: 65-69, 1976.
- 17) Kreef L, Ellis H: Pyloric stenosis in adults: A clinical and radiological study of 100 consecutive patients, *Gut* **6**: 253-261, 1965.
- 18) Lipshutz W, Cohen S: Interaction of gastrin I and secretin on gastrointestinal circular muscle, *Am J Physiol* **222**: 775-781, 1972.
- 19) 楨 哲夫: 平滑筋筋電図の総合研究における合同実験の記録, *日平滑筋誌* **1**: 1-10, 1965.
- 20) McNaught GHD: Simple pyloric hypertrophy in the adult, *J Roy Coll Surg Edinb* **3**: 35-41, 1957.
- 21) Menguy R: *Surgery of peptic ulcer*, 9-12, W.B. Saunders Co., Philadelphia 1973.
- 22) Michael DK, et al: Manometric studies of the human pylorus, *Gastroenterology* **70**: 477-480, 1976.
- 23) Nakao Y, Katsumi M, et al: The experimental studies on sphincter reserving distal gastrectomy, *Wakayama Med Rep* **13**: 35-47, 1968.
- 24) Oi M, Oshida K: The association of esophageal, gastric and duodenal ulcers, *Gastroenterology* **36**: 57-60, 1959.
- 25) 大井 実, 他: 幽門機能について, *日外会誌* **67**: 1368, 1369, 1966.
- 26) 岡村 貞夫: 幽門括約筋保存胃切除術に関する実験的臨床的研究, *日外会誌* **74**: 335-346, 1973.
- 27) 里見隆彦, 他: 幽門機能と胃潰瘍発生との関係 (第1報), *日本消化器病内視鏡学会雑誌* **22**: 263-271, 1980.
- 28) Schumpelick V, Rauchenberger B: Duodenogastraler Reflux und Stressulkus, *Dtsch Med Wechr* **101**: 1647-1649, 1976.

- 29) Seaman WB: Focal hypertrophy of the pyloric muscle-torus hyperplasia, *Am J Roentgen* **96**: 388-393, 1966.
- 30) 白鳥常男: 胃の運動機能, 胃手術のすべて 56-64, 金原出版, 東京, 1971.
- 31) Thorek P: *Anatomy in surgery*, 402-408, J. B. Lippincott Company Philadelphia 1962.
- 32) Torgersen G: Muscular build and movements of stomach and duodenal bulb, *Acta Radiol (Suppl)* **45**: 1942.
- 33) Valenzuela JE, et al: Manometric studies on the human pyloric sphincter, *Gastroentology* **70**: 481-483, 1976.