

transform) による周波数分析をおこなった。内圧波の周波数領域群は胃電図に準じ Bradygastria (0-2.4cpm), 3cpm (2.4-3.7), Tachygastria (3.7-10.0), Duodeno-respiratory component (10-15) に分類した。

結果: 空腹時に7人のうち2人に規則的な収縮波(3回/分)の出現を数分間認めた。しかし平均収縮波数, 平均振幅, 平均面積, MI いずれの指標値も食事負荷による増加は認められなかった。FFTによる周波数分析では3cpmの成分が食事負荷によりその出現率の増加(15%)を認めた。

結論: 再建胃管は本来の胃の活動の一部を保持し, 食道としても胃としても機能を発揮していることが示された。

キーワード: 食道癌, 胃管再建術, 内圧測定, 周波数分析

はじめに

食道癌で食道切除後の再建臓器としては胃管あるいは大腸を用いる事が多い。その中でも胃管はその術式が簡便であることより頻用されている。大腸再建に対して当教室の渡辺らは食道癌で食道, 胃切除, 大腸置換術後の大腸の運動を経皮的な電位測定と内圧測定をおこない, 置換大腸の運動能は食後期に増加し, 睡眠期に減少する事, また伝搬収縮が食後期と起床期に多く認め, 大腸運動能がおおよそ保たれている事を報告した¹⁾。胃管に対しては, これまで再建ルート, 患者の術後愁訴, 消化吸收機能, 運動能, 胃液分泌など様々な観点から研究, 報告がなされてきている²⁾⁻⁵⁾。再建胃管の嚥下運動に対する反応という面では頸部まで拳上された状態であり, 不活発な臓器であるといった報告が多く, それ故に食物の通過は重力によるという見解が一般的である⁶⁾⁷⁾。今回, 我々の研究では胃管形成術を行った食道癌患者に対して, 再建胃管の食前後における内圧変化を Microtransducer 法を用いて測定し, 内圧波を分析し, その運動能を検討した。

対象と方法

対象は, 当科において食道癌に対し食道切除, 大弯側胃管形成術が施行された7例(図1)(全例男性)で, 年齢は53-69歳(平均年齢64.1歳), 術後期間は36ヶ月-109ヶ月(平均79ヶ月)であった。再建経路は全例胸骨後経路であり, 幽

門形成術が行われた。インフォームドコンセントは全例より得た。検査は数時間以上の絶食後に仰臥位にて記録を行った。胃管内圧は5 channel solid state sensorの内圧測定チューブ(Synetics Medical, Denmark)を透視下で鼻腔を介し胃管に挿入, 第一センサーが頸部食道胃管吻合部直下の胃管上方付近(鎖骨下)にくるように固定した(図2)。内圧測定チューブの直径は4mm, 長さは200cmで, センサー間距離は1-2が3cmで, 2-3, 3-4, 4-5は5cmのものを使用した。

キャリブレーションは各検査の前に行い, Micro Digitrapper 4Mb (MFD former Synetics Medical, Denmark)に接続し, 内圧を食前約90分間(87.6 ± 3.01min), 食後約30分間(33.4 ± 0.25min)連続記録した(全記録時間 = 121 ± 3.0 min)。試験食はカロリーメイト2本(大塚製薬, 1本/200 kcal)を用いた。測定終了後データをコンピューターに取り込み, ①平均収縮波数, および②運動指数(Motility index) ($MI = \ln \{(\text{mmHg} \cdot \text{sec}) / \text{min}\}$), ③平均振幅(Mean amplitude, mmHg), ④平均面積(Mean area, mmHg * sec)を計算し, さらに⑤FFT法(fast Fourier transform)により, 区間有意周波数(PDF = priod dominant frequency), と区間有意パワー(PDP = priod dominant power)を Multigram software の Gastrosoft (Synetic Medical, Denmark)をもちいて求めた。内圧波の周波数領域群は胃電図に準じ Bradygastria (0-2.4cpm), 3cpm (2.4-3.7), Tachygastria (3.7-10.0), Duodeno-respiratory component (10.0-15.0) に分類した。統計解析は mean ± SE を計

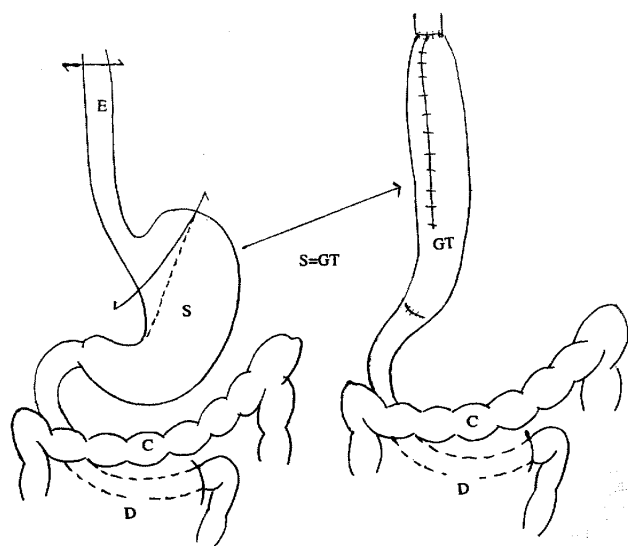


図1 当科における再建胃管術式の模式図

E, esophagus. S, stomach. C, colon.
D, duodenum. GT, gastric tube formed from S.
↔, cut and remove

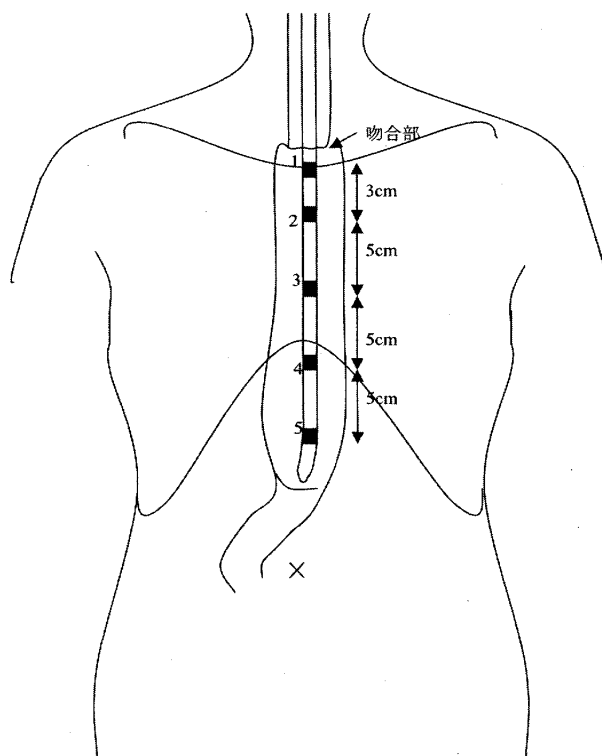


図1 胃管と内圧センサーの位置の模式図

透視下にて5チャンネル内圧測定チューブを経鼻的に胃管内に挿入。第1センサーが頸部食道胃管吻合部直下にくるよう固定した。

算し Student の t 検定を使用し、 $p < 0.05$ を有意であるとした。

結 果

1. 平均収縮波数

空腹期における記録において対象者7人のうち2人(術後83ヶ月及び、108ヶ月)に規則的な収縮運動(3回/分)の出現を数分認めた(図3)。残りの5人においては振幅の小さな収縮を認めるのみであった。平均収縮波数は食前後とも口側から肛門側にいくにつれて減少傾向をしめしていた。しかしそれぞれのチャンネル間における有意な差は認められず、また食前平均収縮波数(全チャンネル平均) $0.37 \pm 0.74/\text{min}$ 、食後 $0.51 \pm 0.13/\text{min}$ であり食事負荷による収縮波数の有意な増加は認められなかった(図4-a)。

2. 平均振幅 (Mean amplitude)

平均収縮波数とは逆に肛門側にいくにつれて増加傾向を示したが、平均収縮波数と同様に各チャンネル間において有意な差は認められず、また食前の平均が $22.0 \pm 2.64\text{mmHg}$ (mean \pm SD)、食

後の平均が $15.0 \pm 3.44\text{mmHg}$ と食事負荷による増加は認められなかった(図4-b)。

3. 平均面積 (Mean area)

食前の平均が $10.9 \pm 4.79\text{mmHg} \cdot \text{sec}$ 、食後の平均が $4.0 \pm 3.12\text{mmHg} \cdot \text{sec}$ であった。食前後での有意な差は認められず、それぞれのチャンネル間での一定の傾向は認められなかった(図4-c)。

4. 運動指数 (MI = Motility index)

食前平均 MI は 1.4 ± 0.45 、食後平均 MI は 0.8 ± 0.26 であり、食事負荷による指標値の増加はみられず、いずれのチャンネルにおいても食後は減少していた(図4-d)。

5. 周波数分析

FFT法による周波数分析では、口側から肛門側にいくにつれPDFは減少する傾向を示した。逆にPDP(周波数分析の振幅)は増加する傾向が

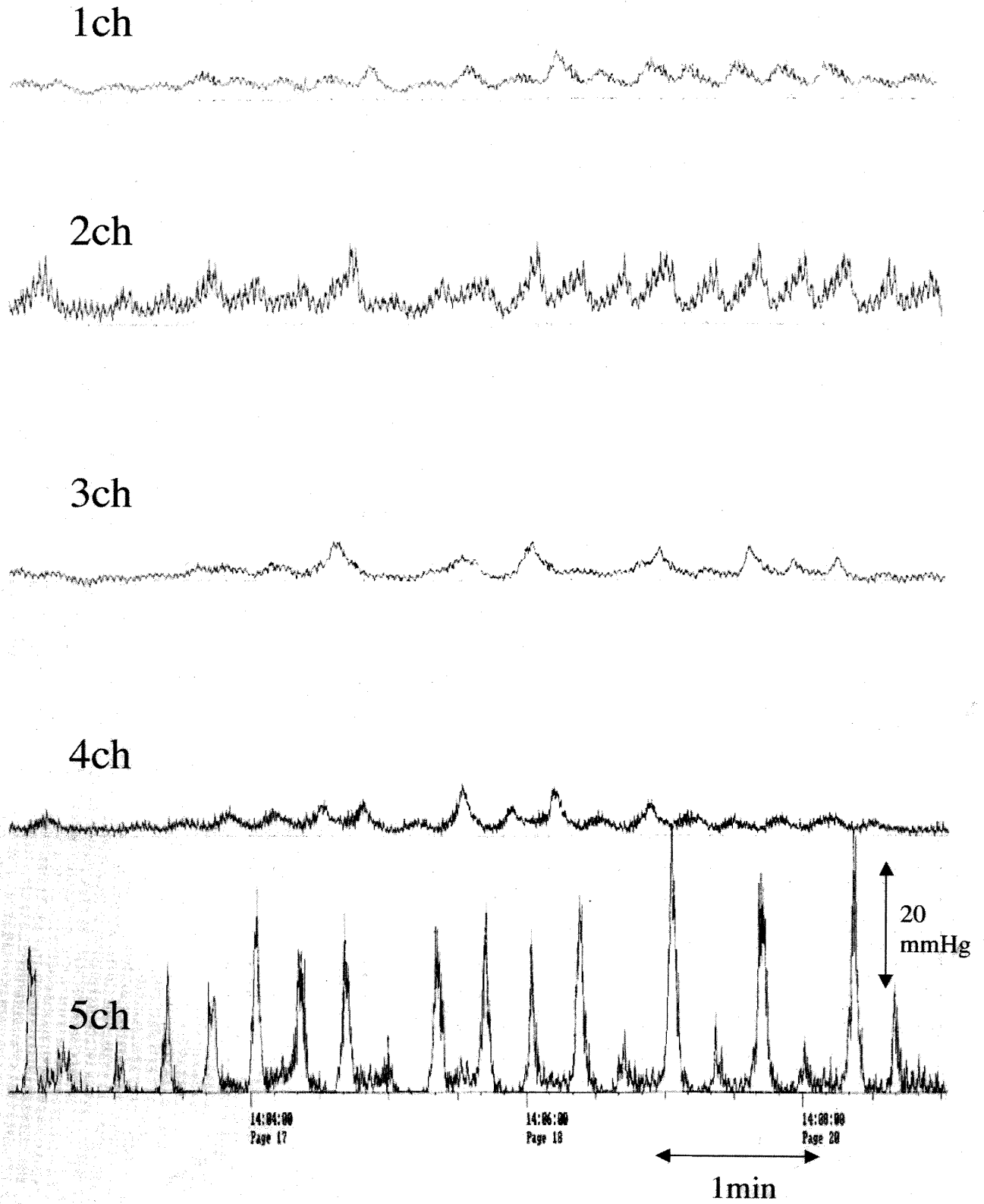


図3 胃管内圧曲線の一例を示す
空腹期において2チャンネル及び5チャンネルに規則的(3回/分)な収縮運動が認められる(術後108ヶ月).

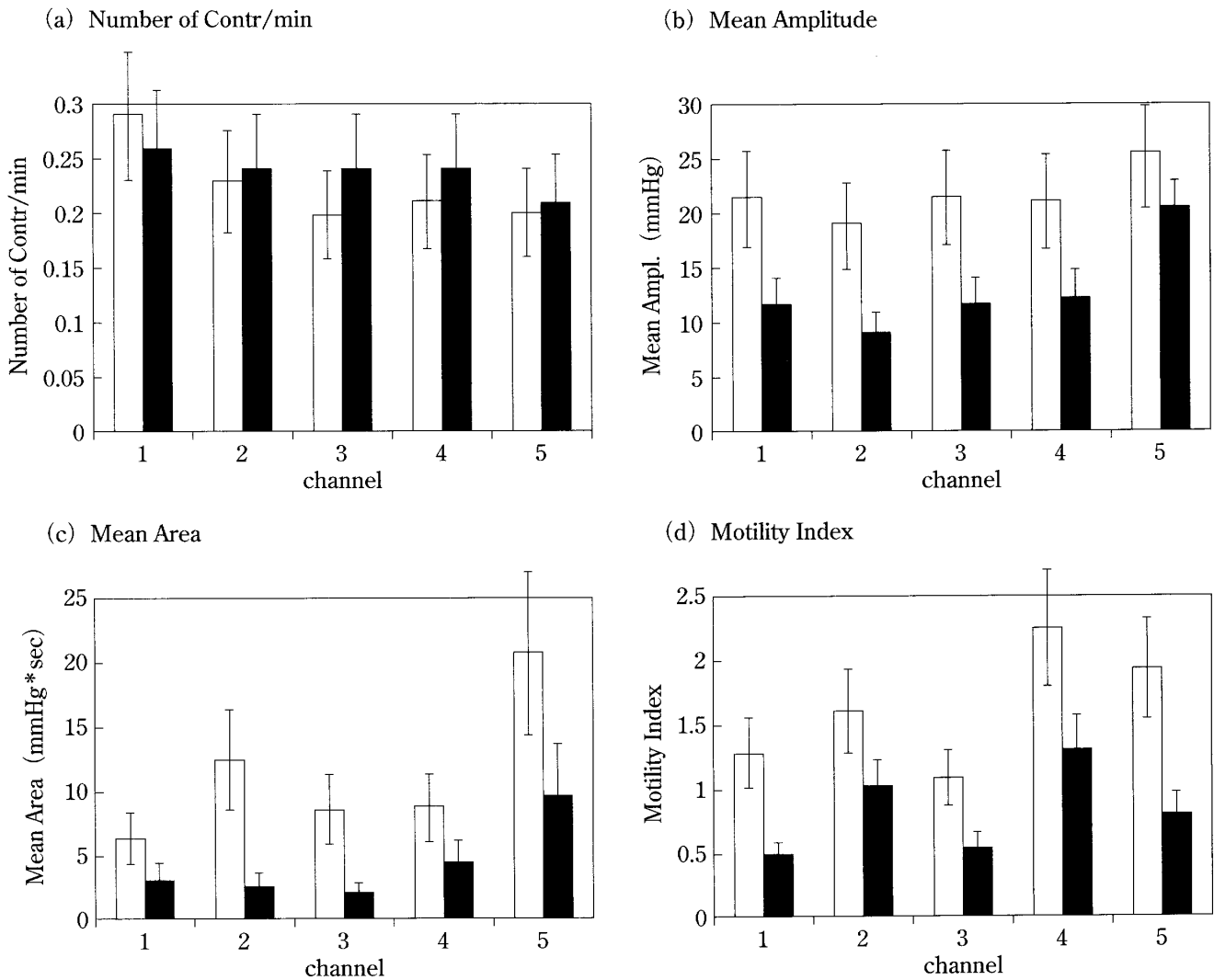


図4 再建胃管の内圧波分析

白棒は空腹期を、黒棒は食後期を示している。

(a) Number of contr./min, (b) Mean Amplitude, (c) Mean Area, (d) Motility Index

みられた。ただし食事前後で PDF, PDP ともに有意な周波数上昇は認められなかった (図5)。また内圧波の周波数領域群については、本来の胃運動で認められる 3cpm (2.4-3.7cpm) 成分は各チャンネルとも食前においては約 30% 前後の出現率 (平均 26.4%) であり、その殆どが Bradygastria (0-2.4cpm) 成分で、約 45% (平均 45.3%) 程度の出現率であった。ただし内圧 PDF を 3cpm 成分に限定すると食事によりその成分比率 (% ratio) の増加 (39.4%) が認められた。逆に bradygastria 成分では出現率の低下傾向 (38.1%)

を認めた (図6)。

考 察

食道癌術後の再建臓器としては空腸、大腸、及び胃が使用される。その中でも胃管が使用される機会がおおい。今回我々は内圧測定法より様々な指標を用いて食前後の胃管運動機能を分析した。胃管運動機能に対するこれまでの報告としては、胃管は不活発な導管であり²⁾⁸⁾⁻⁹⁾、胃管内容排出には姿勢や重力による⁶⁾¹⁰⁾ という報告や、十

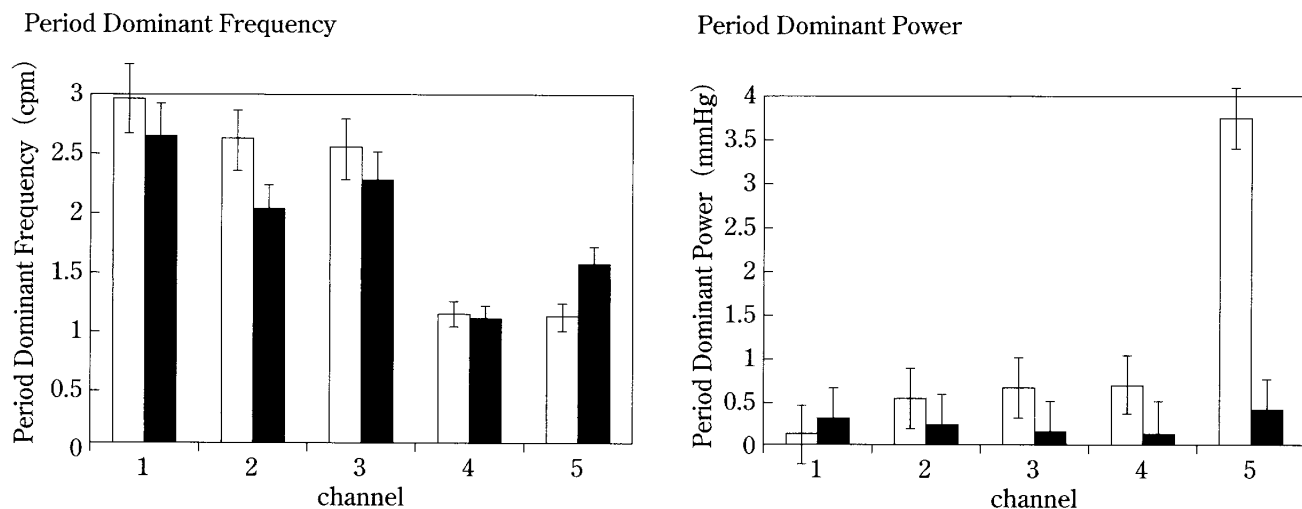


図5

fast Fourier transform (FFT) 法により内圧周波数を PDF, PDP として解析表示してある。

□ preprandial, ■ postprandial

二指腸と胃管内圧の圧勾配や胃管のコンプライアンスによるという報告がある¹¹⁾¹²⁾。さらに全胃、胃管、空腸及び大腸それぞれの再建臓器を比較した研究においても全胃及び胃管は刺激に対する反応が乏しかったのに対し大腸、空腸では活発な反応を認めたという報告がある²⁾。逆に全胃再建において術後経過期間に比例し徐々にその機能を回復してくるとの報告がある¹³⁾。以上の報告より胃管運動機能に関しては不活発な導管であるという意見が多数を占めていると思われる。健常な胃における電気活動は胃体上部3分の1の大弯側に1分間に3回の割合で規則的な電気活動を発生するペースメーカーが存在する事が知られている。ペースメーカーより発生する興奮は electrical control activity (ECA) と呼ばれ、幽門側へと伝播する。一般に振幅は小さくこれのみで収縮を誘発する事は無い。この ECA に同期して electrical response activity (ERA) が加わると、その電位変化の生じた部分の平滑筋に収縮が起き、幽門方向に移動、これを蠕動と呼ぶ¹⁴⁾¹⁵⁾。受け入れ弛緩 (receptive relaxation) や蠕動運動など胃運動の調節に自律神経系と各種ホルモンが関与している。また空腹期において健常な胃では収縮運動の無い phase I 不規則な収縮運動の出現する phase II お

よび規則的な収縮運動が出現する phase III が知られている。この空腹期の運動に関して胃管再建と全胃再建を比較した場合、特に全胃再建において術後数日より単収縮性の微少収縮を認め、徐々に運動機能が回復し20ヶ月後には phase II の発生、36ヶ月後には phase III を認め、さらには全胃再建では IMC (interdigestive motor complex) が認められたとの報告がある¹³⁾¹⁶⁾。今回の我々の胃管での研究において2名(術後83, 108ヶ月)に空腹期において規則的(3回/分)な収縮波の発生を認めた。しかし空腹期の記録時間は1時間半と短期であり、周期的な発現が認められなかった。よってできるだけ長時間消化管運動をモニターする事が必要であると考えられた。理想的には患者の日常生活を制限せずに苦痛の無い状態で24時間消化管運動をモニターし、日頃の愁訴と運動異常様式との関連を明らかにするべきと思われる。我々の研究から、胃管においても術後期間により少しずつその運動機能を回復していることが示唆された。胃管では迷走神経切除により外因性神経支配が切り離され、また胸骨後に挙上しているので内因性神経である筋層間神経層(アウエルバッハ神経叢)が MMC の発生に重要な働きを有していると思われる¹⁸⁾。しかし我々の胃管では MI

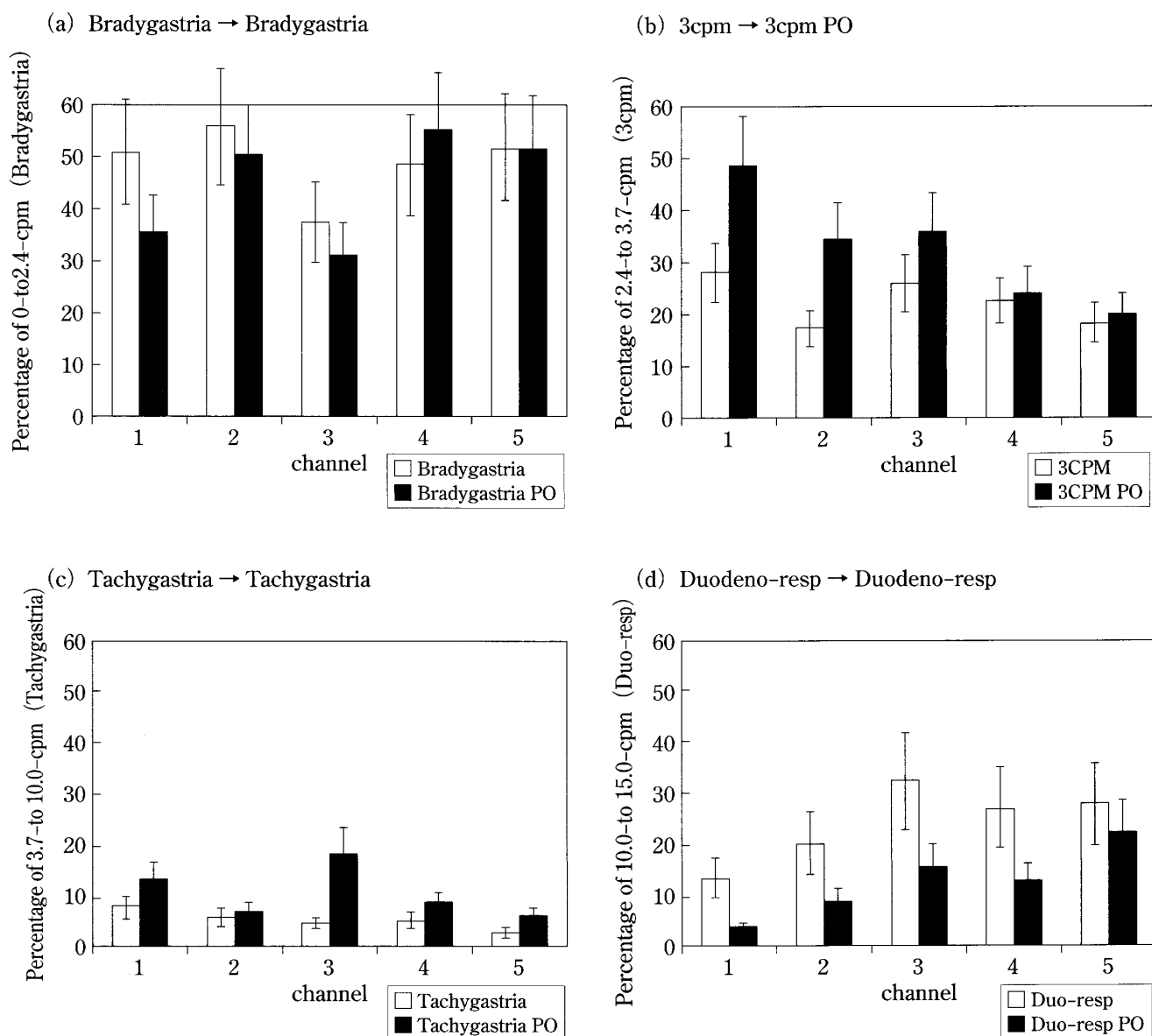


図6 内圧周波数の食前後における各周波数群の出現率変化

白線は食前, 黒線が食後を示している. 3cpm成分において食後の増加が認められる.

(a) Bradygastria, (b) 3cpm, (c) Tachygastria, (d) Duodeno-respの各周波数成分を示す.

をはじめ平均振幅, 面積ともに食事負荷による刺激に対しては指標値の大きな変化は認められず, また食事負荷の際に蠕動波の出現も認められなかった. 正常胃では食後期の運動機能が空腹期に比べより迷走神経の働きに影響を受けている¹³⁾. 胃管は両側迷走神経切離, 胃上部小弯側切除という状態の胃であり, なおかつこれが胸部へと挙上された状態である. それゆえに胃底部や胃体上部

における受け入れ弛緩の機序が失われ, 胃に対するフィードバック機序 (enterogastric reflex) も著しく障害されているものと考えられる²⁾⁸⁾⁹⁾¹⁸⁾¹⁹⁾. 以上より胃管形成における両側迷走神経切離及び胸部挙上が胃管運動機能の回復に大きく影響していると考えられる. FFT法による内圧周波数分析において, 本来胃で発生する3cpmの電気活動が胃管でも認められた. 正常な胃において全幹迷走

神経切除後にBERの伝播速度が遅延し, dysrhythmiaの頻度が増加すること²⁰⁾が報告されている。我々の研究においても約45%程度Bradygastria成分が出現していた。やはりこの点でも胃管における両側迷走神経切除が大きく影響していると考えられる。ただし内圧PDF値を3cpmに限定するとその他の周波数帯に比べその成分比率の上昇を認めた。本来の胃運動でも食後3cpm成分が上昇すると報告されている²¹⁾。周波数3cpm成分は幽門胃切除術後や胃全摘術後には消失する事²²⁾より、3cpm成分が記録されるためには、胃体大弯側上部1/3の存在が必要と考えられ同部に電気活動のペースメーカーが存在する事と一致している。また、この電気活動の発生には筋層間もしくは粘膜下に存在するCajal細胞が関わっているものと考えられている²³⁾²⁴⁾。

結論として、代用食道としての胃管運動能は刺激に対し不活発であったが3cpm成分がみられ、食後にその比率の増加が認められる。従って、再建胃管は本来の胃の性質の一部を保持し、代償食道としても胃としても機能していることが推測された。

謝辞

研究を行うにあたり御指導、御校閲いただいた新潟大学大学院医歯学総合研究科消化器一般外科学分野畠山勝義教授、並びに直接御指導、ご教示いただいた新潟大学大学院医歯学総合研究科基礎応用器官生理学分野本間信治教授に心から御礼を申し上げます。尚本論文の内容は第41回日本平滑筋学会(1999)、第77回日本生理学会(2000)及び、第11回アメリカ消化器運動学会(カンザス)(2000)にて発表した。

参考文献

- 1) Watanabe H, Homma S, Matsuo H, Maruta T, Hasegawa J and Hatakeyama K: Spectral analysis of colonic intraluminal pressure in patients who received colonic replacement following radical esophagectomy. *J Smooth Muscle Res* 40: 15-24, 2004.
- 2) Moreno - Osset E, Thomas - Ridocci M, Paris F, Mora F, Garcia - Zarza A, Molina R, Paster J and Benages A: Motor activity of esophageal substitute (stomach, jejunal, and colon segments). *Ann Thorac Surg* 41: 515-519, 1986.
- 3) Bouchoucha M, Cugnenc P - H, Drevillon C, Faye A, Boboc B, Arhan P and Barbier J - Ph: Functional evaluation of gastric transplants used in esophageal reconstruction. *Dysphagia* 4: 53-57, 1989.
- 4) Holsher AH, Voit H, Buttermann G and Siewert JR: Functional of the intrathoracic stomach as esophageal replacement. *World J Surg* 12: 835-844, 1988.
- 5) Ishikawa S, Kamikawa Y, Naomoto Y, Tanaka N and Orita K: Postoperative gastric motility, secretory function, and Pre - and postoperative carbohydrate metabolic state in esophageal cancer patient. *Acta Med Okayama* 50: 97-105, 1996.
- 6) Hinder RA: The effect of posture on the emptying of the intrathoracic vagotomized stomach. *Br J Surg* 63: 581-584, 1976.
- 7) Morton KA, Karwande SV, Davis RK, Datz FL, Lynch RE: Gastric emptying after gastric interposition for cancer of the esophagus or hypopharynx. *Ann Thorac Surg* 51: 759-763, 1991.
- 8) Bonavina L, Anselmino M, Ruol A, Bardini R, Borsato N and Peracchia A: Functional evaluation of the intrathoracic stomach as an oesophageal substitute. *Br J Surg* 79: 529-532, 1992.
- 9) Miller H, Lam KH, Ong GB: Observations of pressure waves in stomach, jejunal, and colonic loops used to replace the esophagus. *Surgery* 78: 543-551, 1975.
- 10) Lam KH, Lim ST, Wong J, Lam SK, Ong GB: Gastric histology and function in patients with intrathoracic stomach replacement after esophagectomy. *Surgery* 85: 283-290, 1979.
- 11) Logmann F, Roelofs JMM, Obertop H and Akkermans LMA: Tonic motor activity of the narrow gastric tube used as an oesophageal substitute. *Eur J Surg* 166: 301-306, 2000.
- 12) Bemelmann WA, Taat CW, Slors JFM, van Lanschot JJB, Obertop H: Delayed postoperative emptying after esophageal resection is dependent

- on the size of the gastric substitute. *J Am Coll Surg* 180: 461 - 464, 1995.
- 13) Collard JM, Romagnoli R, Otte JB, Kestens PJ: The denervated stomach as an esophageal substitute is a contractile organ. *Ann of Surg* 227: 33 - 39, 1998.
- 14) Sarna SK: Gastrointestinal electrical activity. Terminology. *Gastroenterology* 68: 631 - 635, 1975.
- 15) Smout AJPM, Van der Schee ET, Grashuis JL: What is measured in electrogastrography? *Dig Dis Sci* 25: 179 - 187, 1980.
- 16) Collard JM, Romagnoli R, Otte JB, Kestens PJ: Erythromycin enhances early postoperative contractility of the denervated whole stomach as an esophageal substitute. *Ann of Surg* 229: 337 - 343, 1999.
- 17) Gabella G: Structure of muscles and nerves in the gastrointestinal tract. In: Johnson LR, ed. *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. New York, Raven Press, pp751 - 793, 1994.
- 18) Bemelman WA, Verburg J, Brummelkamp WH, Klopper PJ: A physical model of the intrathoracic stomach. *Am J Physiol* 254: 168 - 175, 1988.
- 19) Calabuig R, Carrio I, Mones J, La Calle P, Vilardell F: Gastric emptying after truncal vagotomy and pyloroplasty: *Scand J Gastroenterol* 23: 659 - 664, 1988.
- 20) Yoshida M: Effect of truncal vagotomy on electromechanical activity of the gastric antrum and the duodenum in conscious dogs. *J Jpn Surg* 91: 451 - 463, 1990.
- 21) Levanon D, Zhang M, Chen JDZ: Efficiency and efficacy of the electrogastragram. *Dig Dis Sci* 43: 1023 - 1030, 1998.
- 22) Homma S, Shimakage N and Yagi M: Electrogastrography prior to and following total gastrectomy, subtotal gastrectomy, and gastric tube formation. *Dig Dis Sci* 40: 893 - 900, 1995.
- 23) Rumessen JJ, Mikkelsen HB, Qvortrup K, Thuneberg L: Ultrastructure of intestinal cells of Cajal in circular muscle of human small intestine. *Gastroenterology* 104: 343 - 350, 1993.
- 24) Sanders KM, Ördög T, Koh SD, Torihashi S and Ward SM: Development and plasticity of interstitial cells of Cajal. *Neurogastroenterol Mot* 11: 311 - 338, 1999.

(平成 17 年 2 月 15 日受付)