

原

著

コンプライアンス及び内圧波と経皮的電気現象よりみた W型回腸嚢の機能評価

新潟大学医学部外科学第一教室（主任：畠山勝義教授）

新潟大学医学部生理学第二教室（主任：本間信治教授）

丸 田 智 章

The Functional Assessment of the Ileal W Pouch by Its Compliance,
Motility and Percutaneous Electrical Activity

Tomoaki MARUTA

1st Department of Surgery, Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Katsuyoshi HATAKEYAMA)

2nd Department of Physiology, Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Shinji HOMMA)

Ileal pouch anal anastomosis (IPAA) has relieved many patients of Ulcerative colitis and familial adenomatous polyposis coli from their many complaints and made enabled them to defecate transanally. However, some patients who underwent IPAA still have poorly functioning pouches and they suffer from new complaints such as frequent defecation, incontinence and so on. Therefore, functional assessment seems necessary for the ileal W pouch. We measured the compliance and motility of the ileal W pouch. In addition, the electrical activities from the parasacral skin were recorded, if they reflect the motility of the ileal W pouch. These indices were correlated to clinical scores, if they reflect the clinical status.

Chord compliance when the subject had the initial or first sensation to evacuate was correlated well with the maximal volume of the ileal W pouch, or with the “permitted volume” (the volume the subject could not tolerate any more to evacuate, minus the minimum volume when the subject had the initial or 1st feeling to defecate). The spectral frequency of the phasic intraluminal wave of the ileal W pouch decreased as the postoperative

Reprint requests to: Tomoaki MARUTA,
1st Department of Surgery, Niigata
University School of Medicine,
Niigata City, 951, JAPAN.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部第一外科学教室
丸 田 智 章

duration. The clinical score increased as the spectral frequency of the pouch wave decreased. This probably indicates the improved function of the ileal pouch. The motility ileal pouch seemed to be reflected, in some cases, by the electrograph by surface electrodes.

Key words: Ulcerative colitis, ileal W pouch, compliance, manometry, electrograph
潰瘍性大腸炎, W型回腸囊造設術, コンプライアンス, 消化管運動, 電気現象

はじめに

Alvarez¹⁾ が胃の電気活動を経皮的に初めて記録してから、経皮的消化管電気的活動の記録と分析が数多く試みられてきている。特に胃電図は、その方法²⁾⁻⁵⁾ や運動との関係⁶⁾⁻⁹⁾、信頼性¹⁰⁾、臨床への応用¹¹⁾⁻¹⁴⁾ など活発な議論の対象となってきた。さらに小腸や大腸の経皮的活動電位の記録の可能性が示され¹⁵⁾⁻¹⁷⁾、Homma^ら¹⁸⁾⁻¹⁹⁾ は、胃切除、大腸全摘、食道切除の前後で経皮的な電位測定と内圧測定を行い、両者の対応から胃だけでなく、小腸、大腸の電気活動が経皮的に記録できることを示した。また、長谷川^らはW型回腸囊の回腸囊内圧と経皮的電気現象測定を併用し、これらの指標が回腸囊機能評価に利用できる可能性を報告してきた²⁰⁾。すなわち、回腸囊内圧測定より 8 cpm (cycle per minute) 前後の内圧波が記録され、傍仙骨部より記録した経皮的電位波がそれを反映している可能性を示した。さらに、経皮的電気現象の周波数分析値と排便機能評価の臨床スコアとの間に相関があり、電気現象の測定が排便機能を評価できる可能性を示唆した²¹⁾。そこで本実験では、回腸囊内に便の貯留した状態を想定し、食事刺激ではなく、機械的な拡張刺激を与えて回腸囊コンプライアンスを求め、さらに内圧測定、経皮的電位測定を行い、回腸囊の機能を考察した。

方 法

対象は、潰瘍性大腸炎 (UC) に対して大腸全摘、W型回腸囊増設術²²⁾ が施行された17例 (男9例、女8例) で、年齢は19~64歳 (平均年齢 37.1 歳)、術後 (回腸囊閉鎖術後) 期間は2ヵ月~8年1ヵ月 (平均2年9ヵ月) であった。全症例とも事前に検査内容の説明を行い、インフォームドコンセントを得た。

検査は1例を除いて一晩の絶食後、朝食前に施行された。1例のみ朝食後3時間で施行された。腸囊の内圧を測定するために、耐圧チューブの先にコンドーム (Sunsea standard, 山之内製薬) を用いて、長さ 10 cm のバルーンを作成した。大気中にて、バルーンに脱気水を注入し、

バルーン自身による内圧を圧用アンブ (RM-6300, AP-641G, 日本光電) で測定した。これを左側臥位にて、経肛門的に、バルーン先端が anal verge から 12 cm の位置となるようにバルーンを挿入した。60 ml シリンジを用いて、脱気水を 20 ml ずつバルーン内に約 5 秒間程度で注入した。その後、約30秒位経過し、測定圧が安定した後の値を測定値とした (RM-6300, AP-641G, 日本光電)。バルーン容量を漸次増加させていき、最初に便意を覚えたところで、その旨を申告してもらい、これを最少排便感容量とした。その後、同様にバルーン容量を増加させ、これ以上耐えられないと感じた値を最大耐容量とした。回腸囊内圧は、測定値よりバルーン自身の圧を除いたものとした。容量と回腸囊内圧の関係を図1に示す。これより圧-容量曲線を作成し、① $V=aP+b$, ② $V=aP^2+bP+c$, ③ $V=a\ln(P)+b$ (V : 容量, P : 回腸囊内圧, a, b, c : 定数) の式に適合させ、回帰式を求め、 R^2 の最も大きい、あてはまりの良い式をその回帰式とした。その結果、12例が②式に、4例が③式に適合した。1例は圧-容量曲線を作成できなかった。

圧-容量曲線は一般に直線ではなく²³⁾、回腸囊コンプライアンスは各症例²⁴⁾、各圧値²⁵⁾⁻²⁶⁾ で異なり、最大耐容量に症例毎のばらつきも大きいため、最大耐容量の $1/4, 1/2, 3/4, 1/1$ の点での chord compliance (V/P) と slope compliance ($\Delta V/\Delta P$) を求めた。また最小排便感容量時の各コンプライアンスも求めた。

次に、数分の休憩の後、仰臥位にて再びバルーンを留置、同時に回腸囊に infusion catheter を留置し、前述のバルーン内圧と、anal verge より 12 cm, 9 cm の部位の内圧を infused open tip 法 (流量 24 ml/h, 10 Fr 内圧カテーテル) により圧アンブ (RM-6300, AP-641G; 日本光電) を介して測定した。また、長谷川²⁰⁾ と同様の方法で、恥骨上縁と傍仙骨部に、皮膚を酒精綿で脱脂した後、電極クリーム (Cardio Cream, 日本光電) を塗り、サージカルテープで銀-塩化銀皿電極 (脳波用) を装着し、生体電気現象用アンブ (AB-601G, 日本光電) を介し経皮的に電位変化を記録した。最初に、

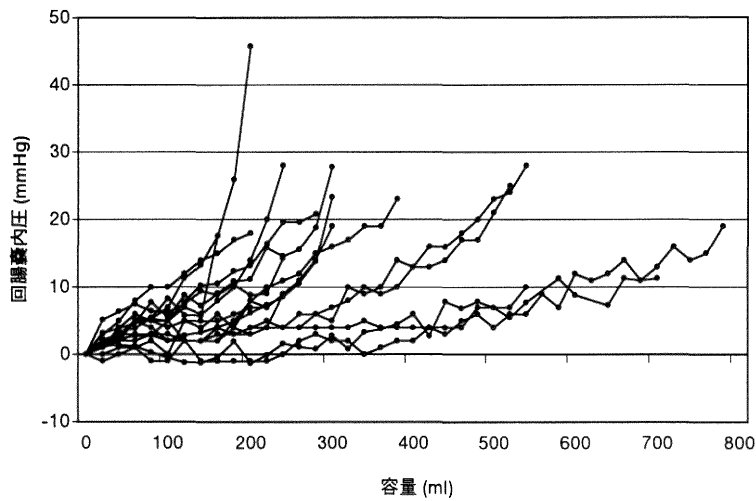


図 1 回腸嚢の容量（横軸）—圧曲線（縦軸）
n=16 1つの折れ線が1症例を表す。

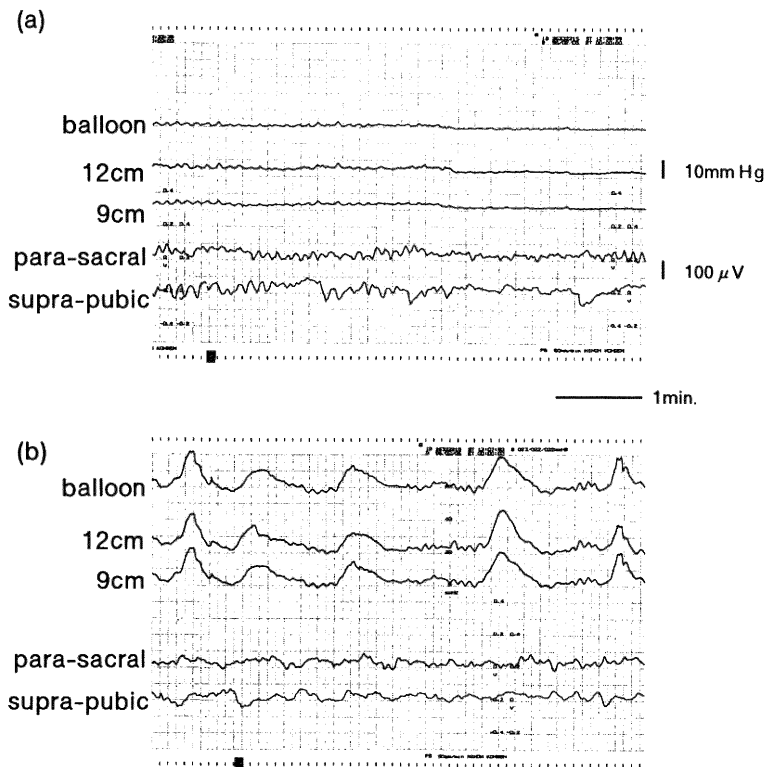


図 2 回腸嚢内圧（Balloon, anal verge より 12 cm, 9 cm の点）と電気現象（parasacral と suprapubic の皮膚表面）の記録例
(a) 負荷前 (b) 負荷後
この例の最大耐容量は 540 ml で、最小排便感容量は 280 ml で、負荷した容量は 460 ml であった。術後 2 年 7 カ月であり、排便機能臨床スコアは 17 点であった。

便意のない状態として、バルーン内に 20 ml の脱気水を注入して、約25分前後記録した。バルーンに脱気水 20 ml を注入しても、これを認識することはなく、この量では負荷とはならなかった。その後、最初のバルーン容量を参考にして、便意がある程度持続して認められるところを被検者に申請してもらい、その容量で再び約25分記録した。データは AD コンバーター (Analog Pro 11, カノーパス) を用いてパーソナルコンピューター (PC-9801VM; NEC) に 1 ファイル 128 秒 (128 点, サンプルクロック 1 秒) で記録すると同時に、サーマルアレイレコーダーに記録した (紙送り速度 50 mm/分, WS-601G, 日本光電) (図 2)。体動によるノイズのある記録はデータより除いた。全症例とも、測定時に特に問題となる様な愁訴などは無かった。

記録波は、最大エントロピー法により周波数解析を行い、spectral array とし、さらにスペクトルの平均加算を求めた¹⁸⁾ (図 3-a, b)。長谷川²⁰⁾の報告を参考に、負荷前後で周波数ピークが ± 0.25 cpm 以内のものはピークが一致するとみなした。また、Hatakeyama²²⁾、山井²⁷⁾の排便機能臨床スコア (表 1) を用いて各症例

のスコアを算出した。

また、チャートグラフより tonic wave の波長、圧変位 (amplitude)、その数を計測した。tonic wave 及び phasic wave は, Sagar²⁸⁾, Levitt²⁹⁾, 長谷川²⁰⁾を参考とし、以下のようにした。phasic wave は 2 mmHg 以上のピーク値を持ち、1 波形で基線に戻るものとした。phasic wave が 30 秒以上持続するものを rhythmical wave とした。tonic wave は 10 mmHg 以上の基線の上昇を示し、2 つあるいはそれ以上の phasic wave の持続時間を有するものとした。

検定には Student の unpaired two-group t test, Pearson's correlation coefficient を用い、 $p < 0.05$ を有意とみなした。

結 果

回腸囊コンプライアンス

最大耐容量は 140 ml から 780 ml で平均は 391 ± 183 ml ($n=16$) であった。最少排便感容量は 60 ml から 540 ml で平均は 224 ± 154 ml ($n=16$) であった。最少排便感容量の最大耐容量に対する割合は $57.3 \pm 20.0 \%$

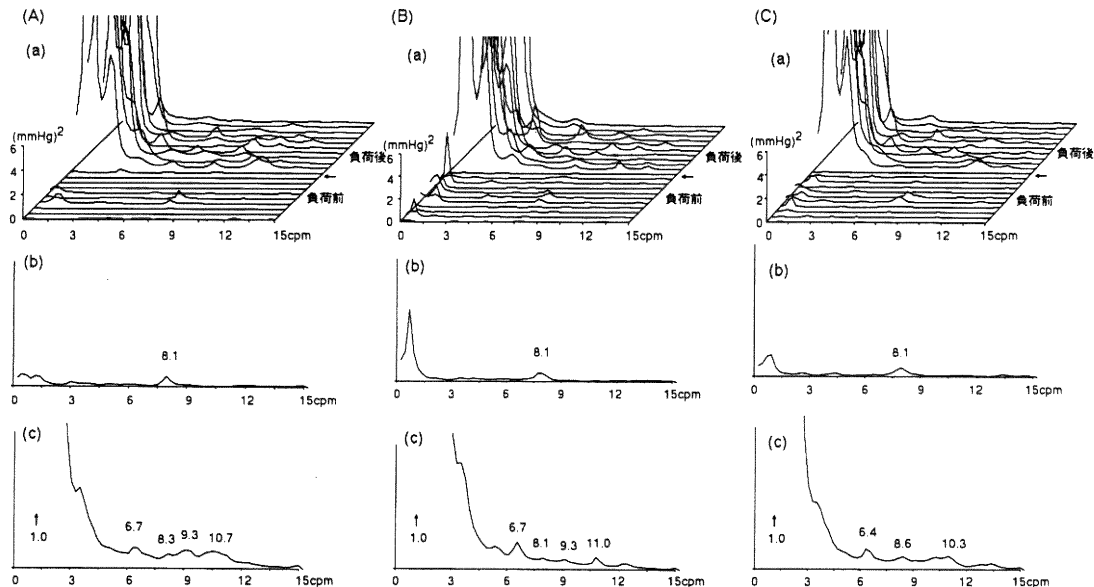


図 3-a バルーン (A), anal verge より 12 cm 部 (B), anal verge より 9 cm 部 (C) の内圧の spectral array とその平均加算の 1 例

(a): spectra array (b): 負荷前の平均加算 (c): 負荷後の平均加算

平均加算の reduction rate はバルーン, 12 cm 部, 9 cm 部とも 0.005

負荷前に 8 cpm のピークが認められる。負荷後には, tonic wave の出現による low frequency の大きなピークが認められる。(図 2 の例と同一症例)

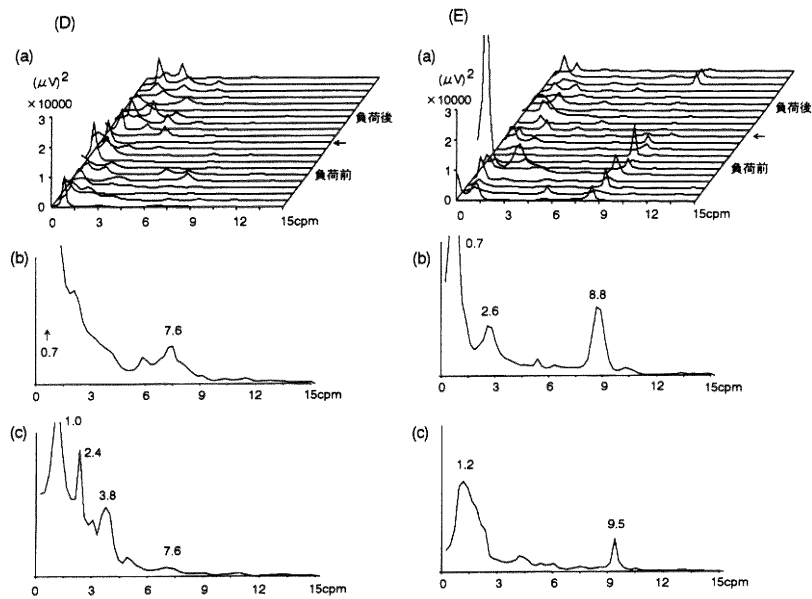


図 3-b 傍仙骨部 (D), 恥骨上縁 (E) の経皮的電気現象の spectral array とその平均加算の 1 例
(a) : spectral array (b) : 負荷前の平均加算 (c) : 負荷後の平均加算
平均加算の reduction rate は傍仙骨部が 5, 恥骨上縁が 10

表 1 排便機能臨床スコア²²⁾

| | | | Score |
|---|-------------------------|------------|-------|
| 1. Mean daily frequency | ≤ 3 | times/day | 3 |
| | 4 ~ 6 | times/day | 2 |
| | ≥ 7 | times/day | 1 |
| 2. Incontinence | Non | | 3 |
| | ≤ 3 | times/week | 2 |
| | ≥ 4 | times/week | 1 |
| 3. Night evacuation | Non | | 3 |
| | ≤ 3 | times/week | 2 |
| | ≥ 4 | times/week | 1 |
| 4. Discrimination between stool and gas | Possible | | 3 |
| | Occasionally impossible | | 2 |
| | Always impossible | | 1 |
| 5. Discomfort feeling in anus | Non | | 3 |
| | Occasionally | | 2 |
| | Always | | 1 |
| 6. Antidiarrheal medication | Non | | 3 |
| | Occasionally | | 2 |
| | Always | | 1 |

($n=16$) であった。1 症例のみ明らかな最少排便感を訴えなかった。最大耐容量と最少排便感容量との間には正の相関を認めた ($n=15$, $p<0.01$) (図 4)。各容量での chord compliance の平均値は 1/4 量で 6.5 ml/mmHg, 1/2 量で 45.8 ml/mmHg, 3/4 量で 34.6 ml/mmHg, 4/4 量で 22.1 ml/mmHg であった。slope compliance では、夫々 41.5 ml/mmHg, 30.8 ml/mmHg, 23.8 ml/mmHg, 7.1 ml/mmHg であった。最少排便

感容量時の chord compliance と最大耐容量間に正の相関を認めた ($r=0.776$, $p<0.01$) (図 5)。最少排便感容量時のコンプライアンスの平均値は chord compliance が 35.8 ml/mmHg, slope compliance が 24.8 ml/mmHg であった。最少排便感容量に達してから最大耐容量に達するまでの容量を許容量とすると、許容量と最少排便感容量時の chord compliance 間には正の相関を認めた ($r=0.736$, $p<0.01$) (図 6)。slope

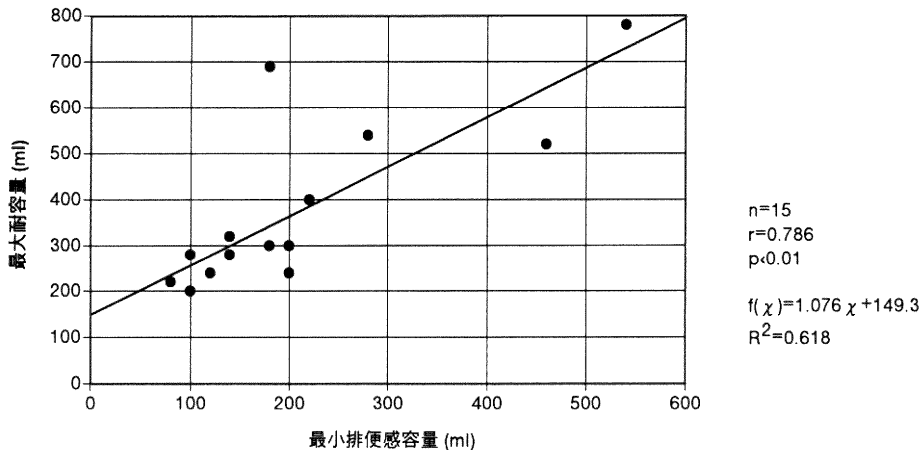


図 4 最小排便感容量 (横軸) と最大耐容量 (縦軸) の関係
最少排便感容量が大きいほど、最大耐容量も大きくなっている。

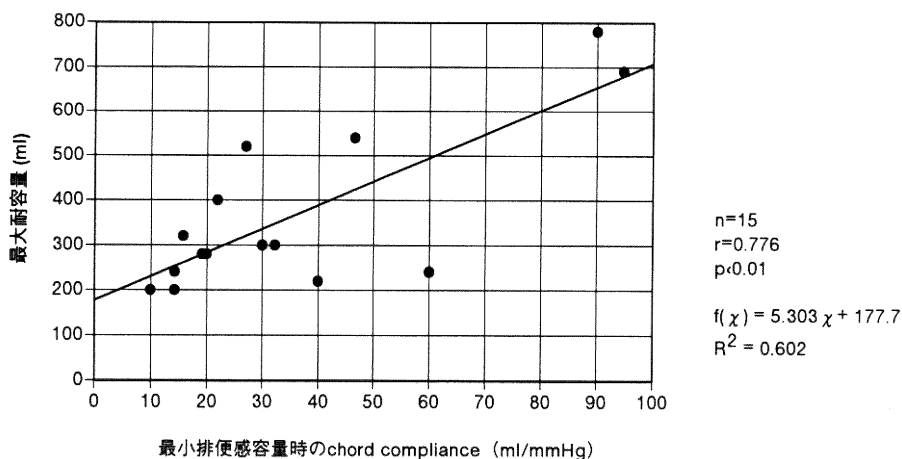


図 5 最小排便感容量時の chord compliance (横軸) と最大耐容量 (縦軸) の関係
最小排便感容量時の chord compliance の増加とともに最大耐容量の増加を認める。

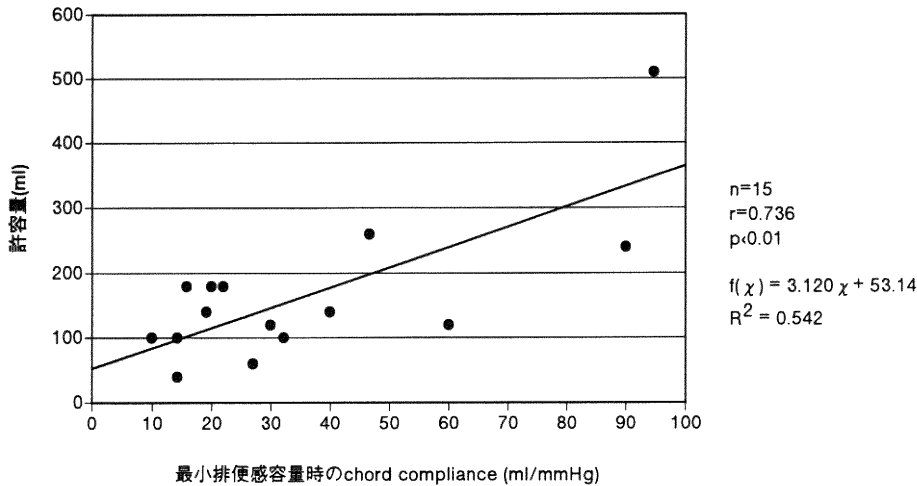


図 6 最小排便感容量時の chord compliance (横軸) と最小排便感容量に達してから最大耐容量までの容量 (許容量) (縦軸) との関係

最小排便感容量時の chord compliance の増加とともに許容量の増加を認める。

表 2 25分間の記録中の tonic wave の出現数

| | バルーン | 12 cm | 9 cm |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 容量負荷なし (a) | 0.359±1.336 | 0.500±1.000 | 0.000±0.000 |
| 容量負荷あり (b) | 5.938±4.864* | 5.914±4.930* | 5.000±5.172* |

balloon channel; n=17

anal verge より 12 cm; n=16

anal verge より 9 cm; n=13

* a, b 間: p<0.01

容量負荷後に tonic wave の出現が有意に増加している。

compliance と排便回数, 排便回数スコア間には相関を認めなかった。また slope compliance と許容量との間にも有意な相関は認めなかった (p=0.052)。

回腸囊の運動能

容量負荷した後で全例に 7~12 cpm の rhythmical wave が, 明らかに認められた。殆どが 8~9 cpm 前後で, 10 cpm を超える rhythmical wave を示したのは 3 例であった。収縮圧は 10 mmHg を超える事は無かった。負荷の無い状態では, 5 例で rhythmical wave が出現したが, 1 例を除いて, 1 分程度で消失し, 収縮圧も小さく 2 mmHg 程度だった。1 例のみ, 最大 10 mmHg に近い収縮波を示し, 記録時間中 rhythmical wave を認めた。この症例は負荷の無い状態で tonic wave の出現をみた唯一の症例で, 排便機能臨床スコアは 10 点と

低値であり, 回腸囊の術後機能は不良であった。

回腸囊に負荷をかけるとバルーン, 12 cm, 9 cm の各部位とも tonic contraction は有意にその出現数が増加した (各部位とも p<0.01) (表 2)。tonic contraction の出現は便意の増強と一致することが多かった。基線の上昇が 10 mmHg 以上に達しない tonic phase-like contraction も認められたが, これと便意の一致とは明らかではなかった。

容量負荷時に 12 cm 部のセンサーで migrating motor complex (MMC) 様運動がとれた例が 1 例見られた。この例ではバルーン内圧, 9 cm 部のセンサーには大きな変化を認めず, MMC 様運動の影響らしい伝播は見られなかった。

経皮的回腸囊電位測定と回腸囊内圧

負荷前の内圧と電位波のスペクトルのピークの一致率は35～45%程度、負荷後のピークの一致率は32～50%程度だった。負荷後の内圧波スペクトルと恥骨上縁部電位波スペクトルの一致率は35%前後に対して、傍仙骨部電位波スペクトルの方は内圧波スペクトルとの一致率が44～50%と高く、傍仙骨部の方がより回腸囊の運動を反映していると想像された。負荷前後で一致したピーク周波

数が見られたのは、傍仙骨部で8例、恥骨上縁で11例であった。そのパワーは、傍仙骨部では6例が負荷前より小さくなり、負荷前の平均0.7倍とパワーが低下する傾向が見られた。恥骨上縁部では5例がパワーの上昇を示し、平均で約2倍のスペクトラルパワーを示した。

排便機能臨床スコア

スコアは術後日数とともに大きくなる傾向が見られた($p < 0.05$) (図 7)。また、長谷川の報告^{20) 21)}に準じ、

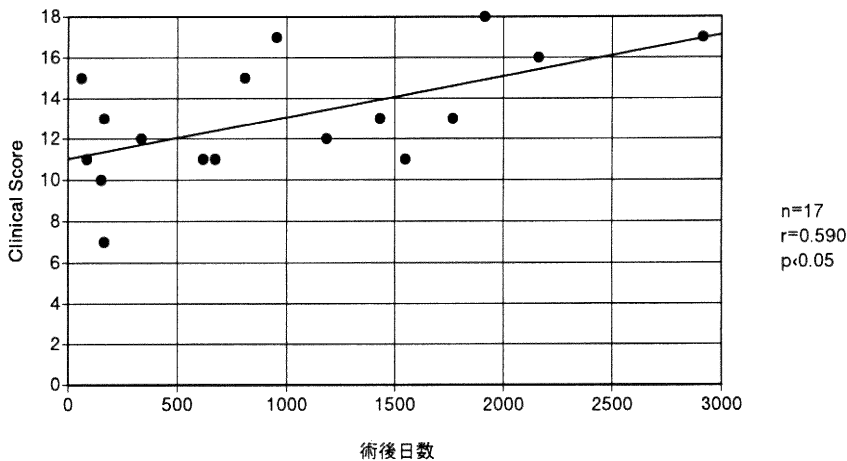


図 7 術後日数（横軸）と排便機能臨床スコア（縦軸）との関係

術後経過とともに排便機能臨床スコアが増加しており、排便機能の改善が窺える。

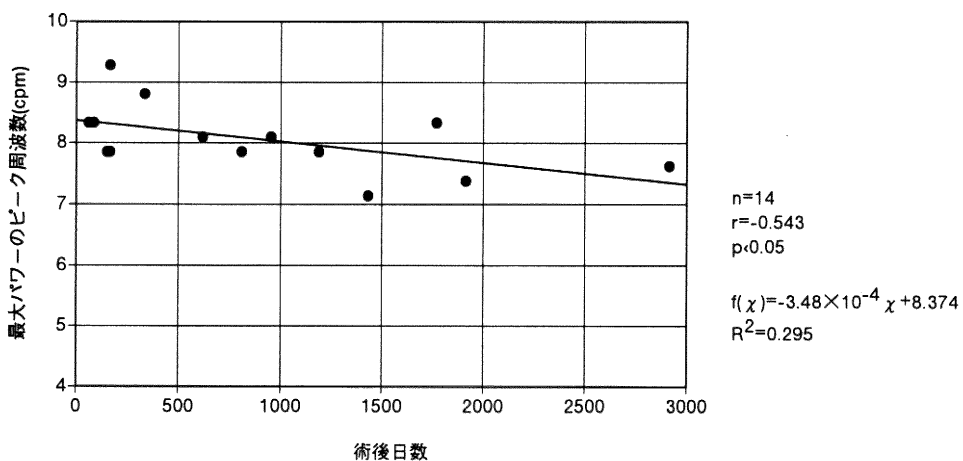


図 8 術後日数（横軸）と 7～10 cpm の周波数内の最大パワーを示したピーク周波数（縦軸）との関係

術後経過とともにピーク周波数の低下が認められる。

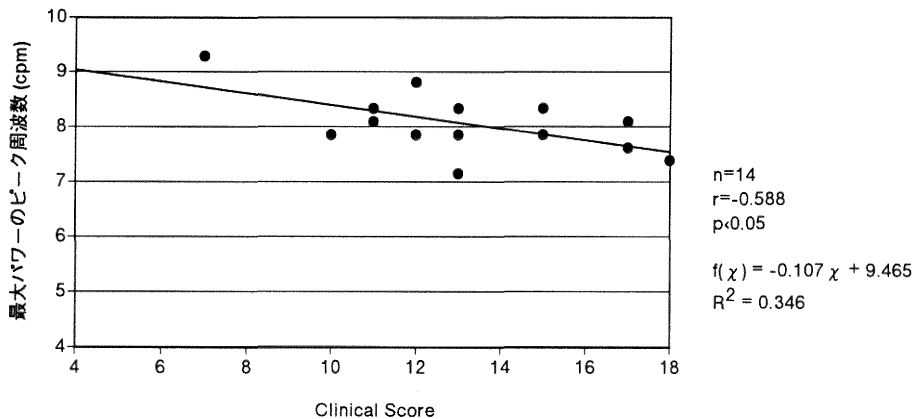


図 9 排便機能臨床スコア（横軸）と 7～10 cpm の周波数内の最大パワーを示したピーク周波数（縦軸）との関係

ピーク周波数の低下とともに排便機能臨床スコアの増加が認められ、排便機能の改善が窺える。

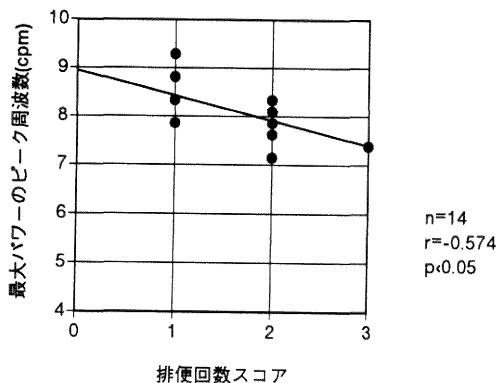


図 10 排便機能臨床スコアの項目の排便回数スコア（横軸）と 7～10 cpm の周波数内の最大パワーを示したピーク周波数（縦軸）との関係

ピーク周波数の低下とともに排便回数スコアの増加、すなわち 1 日の排便回数の減少が認められる。

バルーンによる測定内圧波の 7～10 cpm の最大 power の peak 周波数に注目すると、容量負荷のない場合には peak 周波数と術後日数（図 8）、スコア（図 9）間に負の相関が認められた ($p < 0.05$)。また、peak 周波数と排便回数のスコア間にも負の相関が認められた ($p > 0.05$)（図 10）。

考 察

IPAA (Ileal Pouch-Anal Anastomosis) の機能が術後時間の経過とともに改善されることは、これまで多くの報告で明らかとされてきている^{22) 25) 30) 31)}。本論文でも排便機能臨床スコアは、術後日数とともに大きくなっており、Hatakeyama²²⁾の結果と同様であった。

回腸囊のコンプライアンスに関する報告は多く、機能不良の回腸囊に比較して、機能良好な回腸囊はコンプライアンスが大きい傾向にある^{26) 29) 32) 33)}という報告や或いは差は無い³⁴⁾という報告も見られる。また、コンプライアンスは術後期間による変化は無い³¹⁾とするもの或いは有る^{25) 30)}とするもの、コンプライアンスが大きいほど排便回数は減少する傾向にある^{31) 33)}とするもの或いは無い³⁴⁾とする報告も見られる。さらに正常直腸と回腸囊のコンプライアンスに差は無い^{34) 35)}とする報告、或いは有る^{24) 36)}とするもの等その結論は様々である。日常生活においては、最少排便感容量は重要な意味を持つと考えられるが、本実験では、chord compliance と最少排便感容量、最大耐容量間に正の相関が認められた。回腸囊内の水容量を増加させていき、最初に便意を訴えても直ちに軽快し、容量負荷をさらに続けると周期的な便意を来すようになる。すなわち最初の便意を覚えてからもかなりの容量が受け入れられる。さらに最少排便感容量時での chord compliance は、最少排便感容量に達してから注入された容量即ち許容量（“permitted

volume”)と正に相関を示した。この結果は、コンプライアンスが大きいほど排便を我慢できる能力があることを示唆する。コンプライアンスと排便機能臨床スコア、排便回数に相関は見られなかったが、これは各症例で食後の排便などが習慣化しており、便意の有無と排便回数が一致しないためと想像される。Harms ら³¹⁾は術後1年で排便回数などは安定し、以後変化は少ないと報告しており、今回の対象に術後1年以上経過しているものが11人含まれている事がコンプライアンスと臨床スコアや排便回数と相関が見られなかった事に影響しているとも考えられる。

回腸囊の運動を見ると、回腸囊の phasic wave の周波数は 8 cpm 前後と報告されており²⁹⁾³⁷⁾³⁸⁾、回腸囊を形成している終末回腸の BER (basic electrical rhythm) は 7~10 cpm 程度であると報告されているが^{39)~44)}、本実験でも phasic wave は約 8~9 cpm であった。これらに基づき、長谷川の報告²⁰⁾²¹⁾に準じて、7~10 cpm の周波数に注目してみると、バルーン内圧の非負荷時の 7~10 cpm の最大ピーク周波数が、術後経過とともに低下する傾向にあることが確認され²¹⁾、これと術後の排便機能改善への関与を考えさせた。本実験でもバルーン内圧の非負荷時の 7~10 cpm の最大パワーを示すピーク周波数とスコア間にも、負の相関が認められ ($p<0.05$)、排便機能臨床スコアの項目別に検討すると排便回数と負の相関が見られた ($p<0.05$)。これらの結果は phasic wave の周波数が回腸囊の機能不良群の方が大きかったという報告²⁹⁾と同じ生理的意味を持つと考えられる。以上の考察より術後経過に伴うパウチの phasic wave rhythm の周波数の減少が IPAA 術後の排便機能に貢献していることが示唆された。

本実験ではパウチの便を貯留するという機能に注目しパウチに容量負荷をかけて、パウチ内圧、経皮的電位測定を行った。負荷をかけた時には、持続時間の長い、収縮圧の大きい tonic wave が出現した。これは便意を覚えなくてもあるが、便意と一致することが多かった。Harms²⁵⁾によると、パウチ内圧が 27 mmHg を超えないと内圧の上昇があっても便意を覚えないと報告しており、本実験の結果と同様の結果と考えられる。一方、便意と一致しない内圧上昇があるのは、バルーンによる拡張伸展刺激が普段の便意を誘発再現していない場合があるからと考えられる³⁵⁾。本実験でも、1例で明らかな最少排便感を訴えなかったのは、上記例に相当すると考えられる。長谷川²⁰⁾は 280 Cal. の検査食負荷で、17例中2例に tonic wave が出現したと報告している。

Taylor²³⁾は 800~1000 Cal. の食後で the large wave の出現数が増えたと報告している。また、長時間の測定では食後に high-pressure wave が増える傾向にあるという報告^{45)~47)}も見られる。the large wave と High-pressure wave は tonic wave と生理的に同一の現象と考えられる。食事の量にも困るのであろうが、本実験では容量負荷ではほぼ全例に tonic waves が出現した。IPAA 術後では、食後に排便に行くという人も多い。これは習慣という事もあるが、食後に tonic waves が出現した事とも関係があるであろう。これら食事や回腸囊内容量、上部消化管と下部消化管間の反射^{41)48)~50)}などと複雑に関係して便意が形成されるものと考えられる。

内圧の測定方法に open tip catheter を使用したが、バルーンの内圧も同時に記録した。バルーンと 12 cm 部ではほぼ同型の圧波形が得られたが、9 cm 部ではバルーンに一致しない圧の上昇を認めるときがあり、9 cm 部が肛門管内圧等の影響を受ける場合がある事が想像された。

本実験で容量負荷を与えている時に anal verge より 12 cm の内圧測定点で MMC 様運動が記録された例が 1 例あった。Stryker⁴⁵⁾は、同様の収縮波が、8 症例で計 144 時間の記録で 12 回しか見られなかったと報告している。Stryker はこの収縮波の解釈は避けているが、本実験の現象はセンサーが回腸囊より口側の回腸に挿入されたと想像した。バルーン内圧と 9 cm の部位では全く MMC 様運動に影響されることなく、基線の上昇などの内圧変化を認めなかったからである。MMC は回腸囊内まで伝播せず⁵¹⁾、回腸囊口側の小腸の運動は回腸囊の運動とは比較的独立しており、回腸囊は独自の運動を形成するようになるものと想像される。

結 語

回腸囊の便貯留機能に注目しそのコンプライアンスを測定し、さらにバルーンによる拡張刺激前後の回腸囊運動、回腸囊の経皮的電気現象記録を試み、以下のような結果を得た。

1. IPAA 術後の回腸囊において、最少排便感容量時のコンプライアンスが回腸囊容量を反映していた。
2. 回腸囊の phasic wave の周波数が術後経過とともに減少する事が、排便機能の改善に貢献している事が窺えた。
3. 経皮的電気現象の記録が、回腸囊の運動、機能の指標に利用できる可能性があると思われる。

謝 辞

稿を終えますにあたり、御指導御校閲を賜った新潟大学医学部外科学第一教室畠山勝義教授、並びに直接御指導、ご教示賜った新潟大学生理学第二教室本間信治教授に深甚なる謝意を表します。

尚、本論文の内容は第38回日本平滑筋学会で報告した。

参 考 文 献

- 1) **Alvarez, W.C.:** The electrogastrogram and what it shows. *JAMA*, **78**: 1116~1119, 1922.
- 2) **Kingma, Y.J.:** The electrogastrogram and its analysis. *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, **17**: 105~132, 1989.
- 3) **Myers, T.J., Bass, P., Webster, J.G., Fontaine, A.B. and Miyauchi, A.:** Human surface electrogastrograms AC and DC measurements. *Ann. Biomed. Eng.*, **12**: 319~333, 1984.
- 4) **Hamilton, J.W., Bellahsene, B.E., Reichelderfer, M., Webster, J.G. and Bass, P.:** Human electrogastrograms comparison of surface and mucosal recordings. *Dig. Dis. Sci.*, **31**: 33~39, 1989.
- 5) **Mirizzi, N. and Scafoglieri, U.:** Optimal direction of the electrogastrographic signal in man. *Med. Biol. Eng. Comput.*, **21**: 385~389, 1983.
- 6) **Koch, K.L., Stewart, W.R. and Stern, R.M.:** Effect of barium meals on gastric electromechanical activity in man a fluoroscopecoelectrogastrography study. *Dig. Dis. Sci.*, **32**: 1217~1222, 1987.
- 7) **Geldof, H., Van der Schee, E.J. and Grashuis, J.L.:** Electrogastrographic characteristics of interdigestive migrating complex in humans. *Am. J. Physiol.*, **250**: G165~G171, 1986.
- 8) **Smout, A.J.P.M., Van der Schee, E.J. and Grashuis, J.L.:** What is measured in electrogastrography? *Dig. Dis. Sci.*, **25**: 179~187, 1980.
- 9) **Sun, W.M., Smout, A., Malbert, C., Edelbroek, M.A., Jones, K., Dent, J. and Horowitz, M.:** Relationship between surface electrogastrography and antropyloric pressures. *Am. J. Physiol.*, **268**: G424~G430, 1995.
- 10) **Familoni, B.O., Bowes, K.L., Kingma, Y.J. and Cote, K.R.:** Can transcutaneous recordings detect gastric electrical abnormalities? *Gut*, **32**: 141~146, 1991.
- 11) **Stern, R.M., Crawford, H.E., Stewart, W.R., Vasey, M.W. and Koch, K.L.:** Sham feeding cephalic-vagal influence on gastric myoelectric activity. *Dig. Dis. Sci.*, **34**: 521~527, 1989.
- 12) **Geldof, Van der Schee, E.J., Van Blankenstein, M. and Grashuis, J.L.:** Electrogastrographic study of gastric myoelectrical activity in patients with unexplained nausea and vomiting. *Gut*, **27**: 799~808, 1986.
- 13) **Cucchiara, S., Riezzo, G., Minella, R., Pezzolla, F., Giorgio, I. and Auricchio, S.:** Electrogastrography in non-ulcer dyspepsia. *Arch. Dis. Child.*, **67**: 613~617, 1992.
- 14) **Koch, K.L., Stern, R.M., Stewart, W.R. and Vasey, M.W.:** Gastric emptying and gastric myoelectrical activity in patients with diabetic gastroparesis effect of long-term domperidone treatment. *Am. J. Gastroenterol.*, **84**: 1069~1075, 1989.
- 15) **Reichert, P. and Hünemann, I.:** Experimentteller beitrag zum elektointestogramm. *Klinische Wochenschrift*, **38**: 1061~1062, 1960.
- 16) **Brown, B.H., Smallwood, R.H., Duthie, H.L. and Stoddard, C.J.:** Intestinal smooth muscle electrical potentials recorded from surface electrodes. *Med. Biol. Eng.*, **13**: 97~103, 1975.
- 17) **Chen, J.D.Z., Schirmer, B.D. and McCallum, R.W.:** Measurement of electrical activity of the human small intestine using surface electrodes. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **40**: 598~602, 1993.
- 18) **Homma, S., Shimakage, N., Yagi, M., Hasegawa, J., Sato, K., Matsuo, H., Tamiya, Y., Tanaka, O., Muto, T. and Hatakeyama, K.:** Electrogastrography prior to and following total gastrectomy, subtotal gastrectomy, and gastric tube formation. *Dig. Dis. Sci.*, **40**: 893~900, 1995.
- 19) 本間信治, 長谷川潤, 丸田智章, 松尾仁之, 田宮洋一, 武藤輝一, 畠山勝義: 等パワー胃伝図の作成 *J. Smooth Muscle Res.*, **31**: 425~427, 1995.
- 20) 長谷川潤: W型回腸囊運動の経皮的記録に関する

- 研究. 新潟医学会雑誌, 108: 904~910, 1994.
- 21) 長谷川潤, 島村公年, 畠山勝義, 本間信治: W型回腸囊の内圧及び経皮的電気現象と排便機能臨床スコアとの関連. *J. Smooth Muscle Res.*, 31: 512~514, 1996.
- 22) Hatakeyama, K., Yamai, K. and Muto, T.: Evaluation of ileal W pouch-anal anastomosis for restorative proctocolectomy. *Int. J. Colorectal Dis.*, 4: 150~155, 1989.
- 23) Taylor, B.M., Cranley, B., Kelly, K.A., Phillips, S.F., Beart Jr., R.W. and Dozois, R.R.: A clinico-physiological comparison of ileal pouch-anal and straight ileoanal anastomosis. *Ann. Surg.*, 198: 462~468, 1983.
- 24) Keighley, M.R.B., Yoshioka, K., Kmiot, W. and Heyen, F.: Physiological parameters influencing function in restorative proctocolectomy and ileo-pouch-anal anastomosis. *Br. J. Surg.*, 75: 997~1002, 1988.
- 25) Harms, B.A., Pahl, A.C. and Starling, J.R.: Comparison of clinical and compliance characteristics between S and W ileal reservoirs. *Am. J. Surg.*, 159: 34~40, 1990.
- 26) Öresland, T., Fasth, S., Nordgren, S., Åkervall, S. and Hultén, L.: Pouch size the important functional determinant after restorative proctocolectomy. *Br. J. Surg.*, 77: 265~269, 1990.
- 27) 山井健介: 潰瘍性大腸炎, 家族性大腸腺腫症に対するW型回腸囊肛門吻合術後の直腸肛門機能に関する研究. 日消外, 23: 1857~1866, 1990.
- 28) Sagar, P.M., Salter, G.V., Holdsworth, P.J., King, R.F.G.J. and Johnson, D.: Myectomy reduces ileal motility after ileoanal anastomosis. *Br. J. Surg.*, 78: 549~553, 1991.
- 29) Levitt, M.D., Kamm, M.A., Groom, J., Hawley, P.R. and Nicholls, R.J.: Ileoanal pouch compliance and motor function. *Br. J. Surg.*, 79: 126~128, 1992.
- 30) Sagar, P.M., Holdsworth, P.J. and Johnston, D.: Correlation between laboratory findings and clinical outcome after restorative proctocolectomy serial studies in 20 patients with end-to end pouch-anal anastomosis. *Br. J. Surg.*, 78: 67~70, 1991.
- 31) Harms, B.A., Andersen, A.B. and Starling, J.R.: The W ileal reservoir Long-term assessment after proctocolectomy for ulcerative colitis and familial polyposis. *Surgery*, 112: 638~648, 1992.
- 32) Lewis, W.G., Miller, A.S., Williamson, M.E.R., Sagar, P.M., Holdsworth, P.J., Axon, A.T.R. and Johnston, D.: The perfect pelvic pouch-what makes the difference? *Gut*, 37: 552~556, 1995.
- 33) Nasmyth, D.G., Johnston, D., Godwin, P.G.R., Dixon, M.F., Smith, A. and Williams, N.S.: Factors influencing bowel function after ileal pouch-anal anastomosis. *Br. J. Surg.*, 73: 469~473, 1986.
- 34) O'Connell, P.R., Pemberton, J.H., Brown, M.L. and Kelly, K.A.: Determinants of stool frequency after ileal pouch-anal anastomosis. *Am. J. Surg.*, 153: 157~164, 1987.
- 35) Öresland, T., Fasth, S., Åkervall, S., Nordgren, S. and Hultén, L.: Manovolumetric and sensory characteristics of the ileoanal J pouch compared with healthy rectum. *Br. J. Surg.*, 77: 803~806, 1990.
- 36) Beart Jr., R.W., Dozois, R.R., Wolff, B.G. and Pemberton, J.H.: Mechanisms of rectal continence Lessons from the ileoanal procedure. *Am. J. Surg.*, 149: 31~34, 1985.
- 37) Levitt, M.D., Kamm, M.A., Van der Sijp, J.R.M. and Nicholls, R.: Ambulatory pouch and anal motility in patients with ileo-anal reservoirs. *Int. J. Colorectal Dis.*, 9: 40~44, 1994.
- 38) Gadacz, T.R., Kelly, K.A. and Phillips, S.F.: The continent ileal pouch absorptive and motor features. *Gastroenterology*, 76: 1287~1291, 1977.
- 39) Christensen, J., Schedl, H.P. and Clifton, J.A.: The small intestinal basic electrical rhythm (slow wave) frequency gradient in normal men and in patients with a variety of disease. *Gastroenterology*, 50: 309~315, 1966.
- 40) Kerlin, P. and Phillips, S.: Variability of motility of the ileum and jejunum in healthy humans. *Gastroenterology*, 82: 694~700, 1982.
- 41) Kerlin, P., Zinsmeister, A. and Phillips, S.: Motor responses to food of the ileum, proximal colon, and distal colon of healthy humans.

- Gastroenterology, 84: 762~770, 1983.
- 42) **Quigley, E.M.M., Borody, T.J., Phillips, S.F., Wienbeck, M., Tucker, R.L. and Haddad, A.:** Motility of the terminal ileum and ileocecal sphincter in healthy humans. *Gastroenterology*, 87: 857~866, 1984.
- 43) **Kerlin, P., Zinsmeister, A. and Phillips, S.:** Relationship of motility to flow of contents in the human small intestine. *Gastroenterology*, 82: 701~706, 1982.
- 44) **Basilisco, G. and Phillips, S.F.:** The small bowel and the ileocaecal region. an illustrated guide to *Gastrointestinal Motility*, 2nd: Churchill Livingstone, Edinburgh, the United Kingdom: 410~426.
- 45) **Stryker, S.J., Phillips, S.F., Dozois, R.R., Kelly, K.A. and Beart Jr., R.W.:** Anal and neorectal function after ileal pouch-anal anastomosis. *Ann. Surg.*, 203: 55~61, 1986.
- 46) **Ferrara, A., Pemberton, J.H. and Hanson, R.B.:** Preservation of continence after ileoanal anastomosis by the coordination of ileal pouch and anal canal motor activity. *Am. J. Surg.*, 163: 83~89, 1992.
- 47) **Ferrara, A., Pemberton, J.H., Grotz, R.L. and Hanson, R.B.:** Motor determinants of incontinence after ileal pouch-anal anastomosis. *Br. J. Surg.*, 81: 285~288, 1994.
- 48) **Read, N.W., McFarlane, A., Kinsman, R.I., Bates, T.E., Blackhall, N.W., Farrara, G.B.J., Hall, J.C., Moss, G., Morris, A.P., O'Neill, B., Welch, I., Lee, Y. and Bloom, S.R.:** Effect of infusion of nutrient solution into the ileum of gastrointestinal transit and plasma levels of neurotensin and enteroglucagon. *Gastroenterology*, 86: 274~280, 1984.
- 49) **Soper, N.J., Chapman, N.J., Kelly, K.A., Brown, M.L., Phillips, S.F. and Go, V.L.W.:** The "Ileal Brake" after ileal pouch-anal anastomosis. *Gastroenterology*, 98: 111~116, 1990.
- 50) **Spiller, R.C., Trotman, I.F., Higgs, B.E., Ghatei, M.A., Grimble, G.K., Lee, Y.C., Bloom, S.R., Misiewicz, J.J. and Silk, D.B.A.:** The ileal brake-inhibition of jejunal motility after ileal fat perfusion in man. *Gut*, 25: 365~374, 1984.
- 51) **Stryker, S.J., Borody, T.J., Phillips, S.F., Kelly, K.A., Dozois, R.R. and Beart Jr., R.W.:** Motility of the small intestine after proctocolectomy and ileal pouch-anal anastomosis. *Ann. Surg.*, 201: 351~356, 1985.

(平成8年9月3日受付)