

食道胃接合部の機能評価に関する研究

—食道内圧測定に基づく LES-Index の意義—

新潟大学医学部第一外科 (主任: 武藤輝一教授)

宮 下 薫

Significance of LES-INDEX in Evaluating Lower Esophageal Sphincter
Function in Patients with Achalasia and Hiatal Hernia

Kaoru MIYASHITA

Department of Surgery, Niigata University School of Medicine
(Director: Prof. Terukazu MUTO)

Parameters representing the lower esophageal sphincter function, such as the lower esophageal sphincter pressure (LES-P), the width of the lower esophageal sphincter (LES-W), square inside the pressure curve and the baseline (LES-S), LES-index (LES-S/LES-W) and the pressure difference between the gastric fundus and the intrathoracic esophagus (dp (G-E)), were measured in patients with achalasia (Group A, n=10) and with hiatal hernia (Group B, n=19) and in control volunteers (Group C, n=13).

In Group C, LES-P amounted to 33.7 ± 11.2 cmH₂O, LES-W 4.4 ± 0.9 cm, LES-S 55.6 ± 23.5 cm²H₂O, LES-Index 12.4 ± 3.2 cmH₂O and dp (G-E) -3.8 ± 3.0 cmH₂O, respectively. These values were 52.5 ± 17.4 cmH₂O, 4.0 ± 1.5 cm, 90.1 ± 44.4 cm²H₂O, 22.3 ± 5.1 cmH₂O and $+6.3 \pm 5.9$ cmH₂O, respectively in Group A, and 33.3 ± 13.8 cmH₂O, 6.0 ± 3.2 cm, 50.0 ± 28.6 cm²H₂O, 8.4 ± 3.3 cmH₂O and -3.1 ± 4.8 cmH₂O, respectively, in Group B. In Group A, LES-Index, LES-P and LES-S were significantly higher than those in Group C ($p < 0.001$, $p < 0.005$ and $p < 0.05$, respectively), and dp (G-E) was changed to positive. Group B showed an extending tendency of LES-W and significantly lower LES-index ($p < 0.005$) in comparing Group C.

With respect to the correlation among each value as well as the coefficient of variation in the three Groups, LES-index correlated significantly with LES-S ($r = 0.91$, $p < 0.001$) and LES-P ($r = 0.79$, $p < 0.001$). With an exception of dp (G-E), the remaining four values showed positive mutual correlations each other ($p < 0.05 \sim p < 0.001$).

Print requests to: Kaoru MIYASHITA,
Department of Surgery, Tokyo Metropolitan
Komagome Hospital 3-18-22, Honkomagome,
Bunkyo-Ku, Tokyo, Japan, 113.

別刷請求先:

〒113 東京都文京区本駒込 3-18-22
都立駒込病院外科

宮下 薫

Judging the degree of variance of each value from the coefficient of variation, the degree of variation of LES-P, LES-S and LES-index was 0.33, 0.42 and 0.25, respectively. Coefficient of variation of LES-index was the smallest, and therefore, it is an useful value in evaluate in evaluating pathologic conditions in the esophagogastric junction.

Key words: esophagogastric junction, manometric study of lower esophageal sphincter function, LES-index, esophageal achalasia, esophageal hiatal hernia
食道胃接合部, 下部食道括約筋機能の内圧測定検査, LES-index, 食道アカラシア, 食道裂孔ヘルニア

緒 言

食道胃接合部には食物を食道内から胃内へと送り込み、かつ胃の内容物が食道内へ逆流することを防ぐという二つの相反する作用を調節性をもちながら果すという特殊な機構がある。特に逆流防止機構には解剖学的特徴、迷走神経を主体とした神経支配や消化管ホルモンの作用などが複雑に関与しあっていると考えられている。

食道胃接合部の機能評価に関する研究は1880年のKroneckerとMeltzer¹⁾²⁾によるballoon法での報告に始まり、これまで数多くの研究がなされており、教室の坂西³⁾⁴⁾、谷⁵⁾は各種疾患別、手術術式別による食道内圧の変化を検討し、報告してきた。

臨床的な機能検査法のひとつである食道内圧測定は、balloon法からopen-tip法、さらにはnon-infusion法からinfusion法へと改良が加えられ、最新の医用工学を応用した測定法の報告¹⁴⁾もみられるようになっている。その結果、今日では食道内圧測定法は方法論的に概ね確立されたといえる。しかし、いずれの報告でも、施設間での測定値の差、同一患者での再現性などの問題が残され、その評価法においては、未だ議論が多いところである。著者はDoddsら⁶⁾、Arndorferら⁷⁾によって開発、改良されたhydraulic capillary infusion systemを用い、従来から指標とされている下部食道昇圧帯(LES)の圧(以下LES-P)とその幅(LES-W)を計測し、さらに圧曲線に囲まれるLESの面積を求め、LES-Wで除した値をLES-Indexと定義し、この指数が各種疾患の病態をより客観的に評価することが可能か否かを検討したので報告する。

1. 対象および方法

1986年12月までに教室で扱った食道および胃・十二指腸の上部消化管に疾患をもった93例と全く症状のない

表 1 食道内圧測定症例

食道裂孔ヘルニア	23例	(55 回)
食道アカラシア	16	(35)
胃・十二指腸潰瘍	10	(16)
胃癌	20	(23)
食道静脈瘤	11	(11)
食道筋腫	2	(4)
食道(その他の疾患)	11	(13)
その他(対照群)	13	(14)
計	106例	(171 回)

健常人または上部消化管に疾患のない13例の合計106例(男性54例、女性52例)に対し食道内圧測定を行った(表1)。この研究の対象例は測定し圧波形を解析できた食道アカラシア10例、食道裂孔ヘルニア19例と上部消化管に異常のない対照群13例である。

1) 測定方法: 被験者を6時間以上絶食の後に仰臥位とし、特別な前処置は行わず、鼻孔からのカテーテル挿入時、周囲に潤滑剤としてのキシロコインゼリを塗布するのみとした。使用した食道内圧測定用カテーテルは日本シャーウッド社製のArgyle食道内圧測定用チューブで、材質はポリ塩化ビニール、内径1.3mmのものを3本束ねた外径10Frのもので、5cm間隔3方向の径1.5mmの側孔付き3ルーメンカテーテルである。ポンプはhydraulic capillary infusion system(イントラフュージョンポンプ Model PL-01-4, Arndorfer Medical社)を用い、蒸溜水0.4ml/min注入のinfusion法に従った。カテーテルの引き抜きはスターメディカル社製のカテーテル自動引き抜き装置(DC-001, DCS-001)を用い、一定の速度で引き抜くslow pull-through法にて行った。被験者には食道静止圧特に下部食道昇圧帯の測定中は嚥下、体動、深呼吸、会話などを制限し、できる限り安静仰臥位の状態で記録した。3本のカテーテ

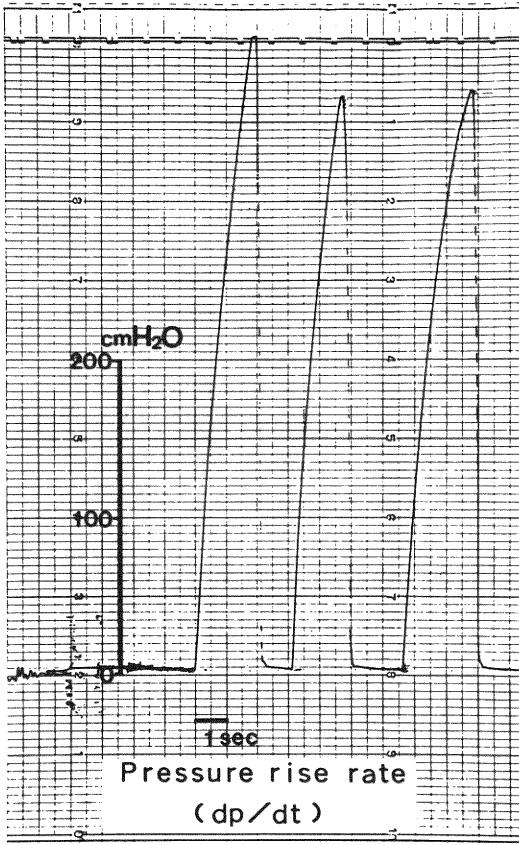


図 1

ルを Siemens 社製の圧トランスデューサー 746 に各々接続し、増幅アンプユニット (LB-811)、ポリグラフ (MIC-8600, フクダ電子社製) を介し、1 cm/10 sec の速度でレコーダ (Multicorder MC-6716, グラフテック社製) に記録した。装置をセットする時は、特に回路内への空気の混入に注意し、測定孔を用指的に閉鎖した状態で Dodds らのいう Pressure rise rate (dp/dt)⁸⁾ を測定し、 dp/dt が 250 cm H₂O/sec 以上となることを確認するようにした (図 1)。

2) 測定値の計測: 記録された圧波形からの計測は、客観的な測定値を得るため、胃底部および胸腔内食道の圧の基線と LES の両端を決めるのみとした。すなわち、図 2 のように基線となる胃底部呼吸終末圧からの最高圧を LES-P とした。一方、LES-W は胃底部の基線からの圧の立ち上がりから胸腔内食道呼吸終末圧の基線に戻るまでとし、胃底部と胸腔内食道の各呼吸終末圧基線の圧較差を胃食道圧較差 dp (G-E) とした。さらに、描かれた圧曲線から LES の面積をコンピュータ、デジタイザ (Apple II, Graphic Tablet) を用いて算定した。面積は LES の両端線と胃底部と胸腔内食道の呼吸終末圧基線の各交点を結ぶ線を基準線として、これと内圧曲線で囲まれた部分としたが、基準線より下方で囲まれた部分は負の要素として加算した。しかし、この面積はレコーダの記録速度、縦軸のキャリブレーションによって変化するため、横軸は LES-W が実際の長さになるように、縦軸は圧 1 cm H₂O が 1 cm に表記されるよ

被験者: 6時間以上の絶食後、仰臥位
 前処置: 挿入時のキシロカインゼリーのみ
 手技・装置:

- open-tip 法
 外径 10Fr. 5 cm 間隔 3 方向 側孔付カテーテル
- infusion 法 0.4 ml/分 蒸留水
 Hydraulic capillary infusion system
- slow pull-through 法 1 cm/10 秒
 自動引き抜き装置
- レコーダー
 記録速度 1 cm/10 秒

面積の算定: コンピュータ デジタイザ

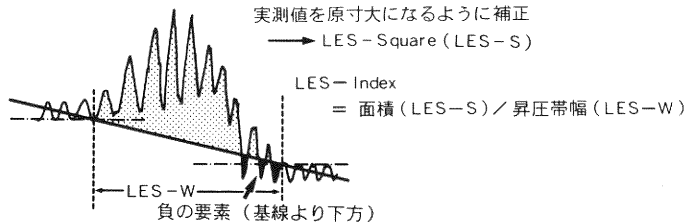


図 2 測定方法

うにして、原寸大に補正して求めた。この値を LES 面積 (LES-S) とした。食道胃接合部に機能的あるいは器質的狭窄がある場合、内圧自体の上昇や食物残渣の食道内停滞によって胸腔内食道の基線が胃底部の基線より上昇していることがあり、このような症例には胃底部呼吸終末圧の基線を基準線として用いた。この様にして得られた面積を LES 幅 (LES-W) で除した値は LES 1 cm 当りの圧、つまり平均圧に相当すると考えられ、これを LES-Index と定義した。

対照群と各疾患群、さらには手術前後の変化について LES-Index を求め、従来の方法による各測定値との比較検討を行った。なお、有意差検定には t 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意とし、 $0.05 \leq p < 0.1$ を傾向有りとした。

2. 結 果

延べ 171 回の食道内圧測定のうち、測定用カテーテルが胃内まで挿入できなかったものや、食道内の嚥下圧の測定のみで終わった 19 回を除き解析可能であった圧波形は 837 波形であった。それらのうち対照群、食道アカラシア群と食道裂孔ヘルニア群の各測定値を示した (表 2)。

1) 対照群

対照群では LES-P 33.7 ± 11.2 cmH₂O, LES-W 4.4 ± 0.9 cm, LES-S 55.6 ± 23.5 cm² (H₂O), LES-Index 12.4 ± 3.2 (cmH₂O), dp (G-E) -3.8 ± 3.0 cmH₂O であった。

2) 食道アカラシア群 (EA 群)

食道胃接合部の機能的疾患のひとつである食道アカラシア 10 例について各値をみると、LES-P 52.5 ± 17.4 cm H₂O, LES-W 4.0 ± 1.5 cm, LES-S 90.1 ± 44.4 cm² (H₂O), LES-Index 22.3 ± 5.1 (cmH₂O), dp (G-E) $+6.3 \pm 5.9$ cmH₂O であり (表 2)、LES-W を除き対

照群に比較して LES-Index, LES-P, LES-S はそれぞれ有意に高値 (各々 $p < 0.0001$, $p < 0.005$, $p < 0.05$) であった (図 3)。また、dp (G-E) は陽圧化し、胸腔内食道の内圧が有意に高くなっていた。また、1978 年以降教室で標準術式としてきた左開胸下 long esophageal myectomy (左開胸 Heller 変法) を施行した 6 症例について術前後の各値を比較すると、LES-P, LES-S はいずれも有意に減少し ($p < 0.05$)、特に LES-Index では術前に比べ、さらに有意の減少 ($p < 0.01$) を示した (図 4)。

3) 食道裂孔ヘルニア群 (HH 群)

食道胃接合部の逆流防止機能不全である食道裂孔ヘルニア 19 例について見ると、LES-P 33.3 ± 13.8 cmH₂O, LES-S 50.0 ± 28.6 cm² (H₂O), dp (G-E) -3.1 ± 4.8 cmH₂O と対照群との間に差はなく (表 2)、わずかに LES-W が 6.0 ± 3.2 cm と延長する傾向が認められた。

しかし、LES-Index で表すと、 8.4 ± 3.3 (cmH₂O) となり、対照群の 12.4 ± 3.2 (cmH₂O) に比較して有意に低下 ($p < 0.005$) していた (図 5)。次に、手術前後に計測した 5 症例について各値をみると、LES-P $27.8 \rightarrow 29.4$ cmH₂O, LES-S $50.7 \rightarrow 49.8$ cm(H₂O), LES-W $7.1 \rightarrow 4.9$ cm, LES-Index $7.3 \rightarrow 10.3$ (cmH₂O) となり、LES-Index のみが術後に有意の上昇 ($p < 0.001$) を示した (図 6)。

Hill 氏手術後に再発した症例の経過を提示する (図 7)。69 歳の男性で、当初、上部消化管造影 (図 8)、内視鏡検査 (図 9) で食道潰瘍と食道胃接合部の閉鎖不全、びらん潰瘍型食道炎を認めた。LES-P, LES-Index 共に低下していたが、初回手術後には逆流性食道炎は消失し (図 10, 図 11)、LES-P, LES-Index の上昇がみられた。しかし、6 カ月後には、自覚的、他覚的にも食道裂孔ヘルニア、逆流性食道炎の所見があり、再発を認め

表 2 各疾患における食道内圧測定値

mean \pm SD

	LES-P (cmH ₂ O)	LES-W (cm)	LES-S (cm ²)	LES-Index (cmH ₂ O)	dp(G-E) (cmH ₂ O)
対 照 群 (n=13)	33.7 ± 11.2	4.4 ± 0.9	55.6 ± 23.5	12.4 ± 3.2	-3.8 ± 3.0
食道アカラシア群 (n=10)	$52.5 \pm 17.4^{**}$	4.0 ± 1.5	$90.1 \pm 44.4^*$	$22.3 \pm 5.1^{**}$	$6.3 \pm 5.9^{**}$
食道裂孔ヘルニア群 (n=19)	33.3 ± 13.8	6.0 ± 3.2	50.0 ± 28.6	$8.4 \pm 3.3^{**}$	-3.1 ± 4.8

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (対照群に対して)

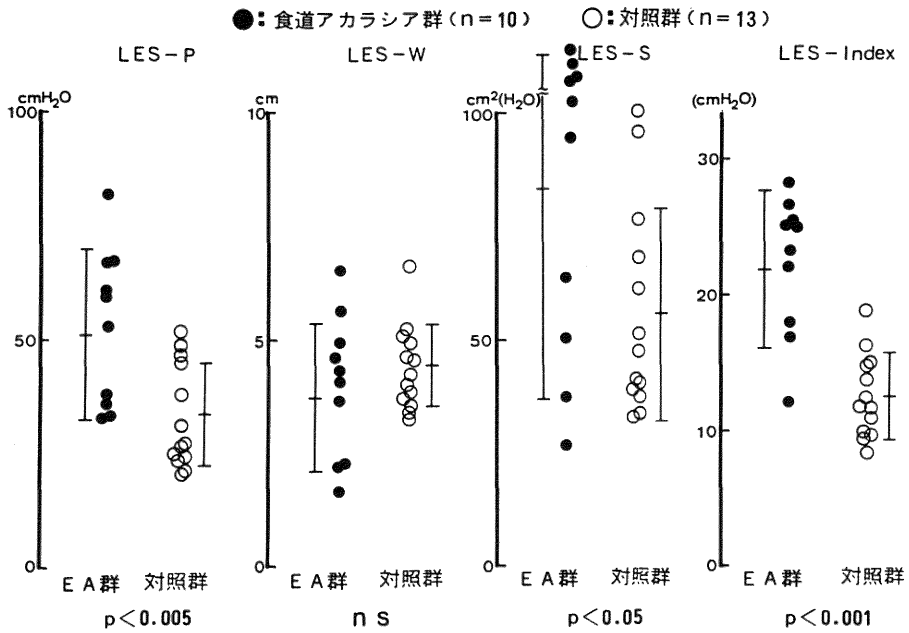


図3 食道アカラシア群と対照群の各値の比較

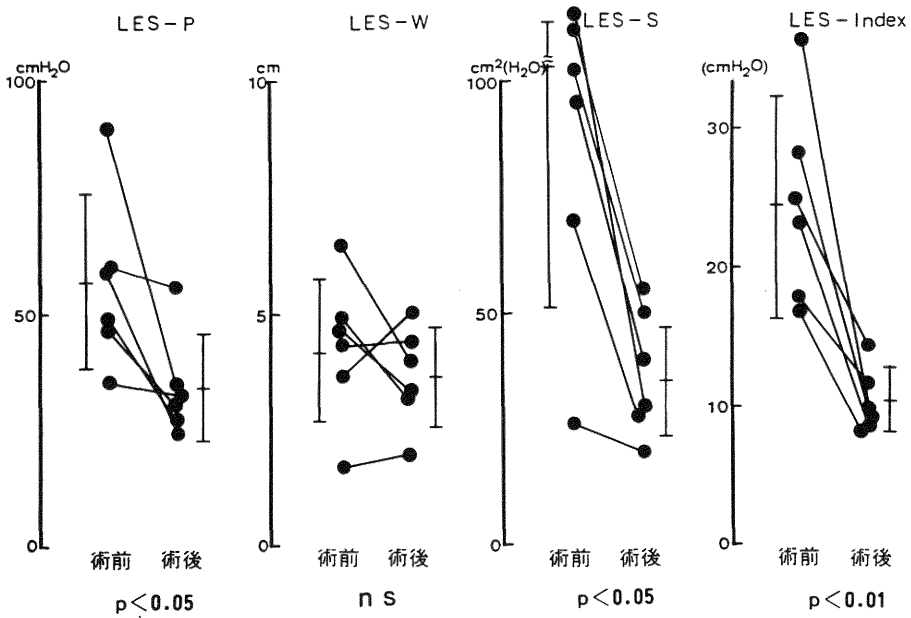


図4 食道アカラシア症例の術前後の各値

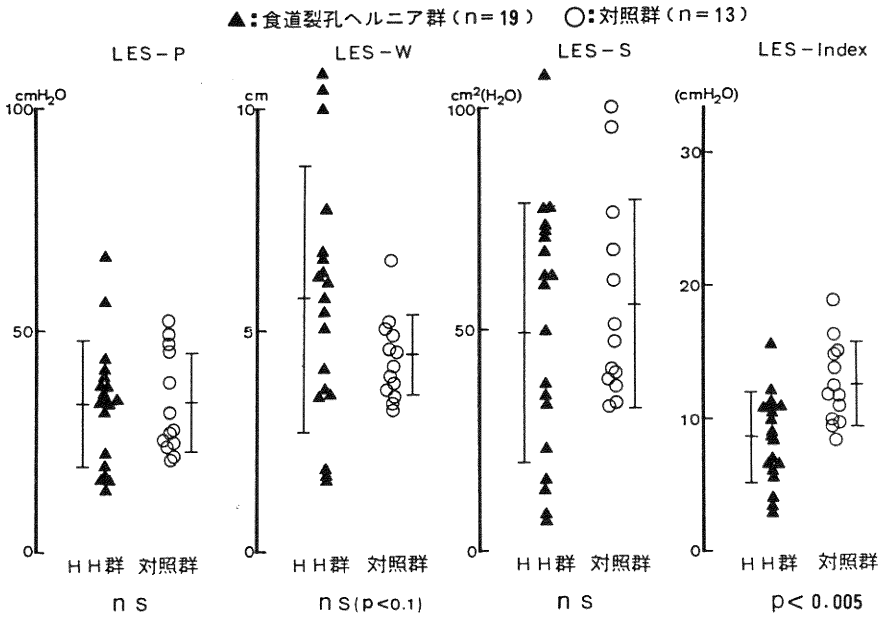


図5 食道裂孔ヘルニア群と対照群の各値の比較

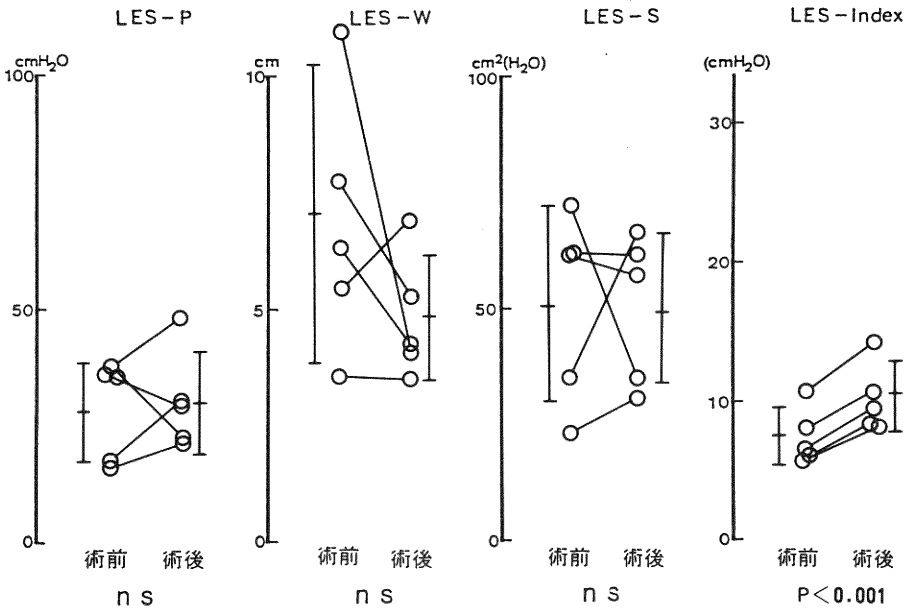


図6 食道裂孔ヘルニア症例の術前後の各値 (再発・混合型を除く)

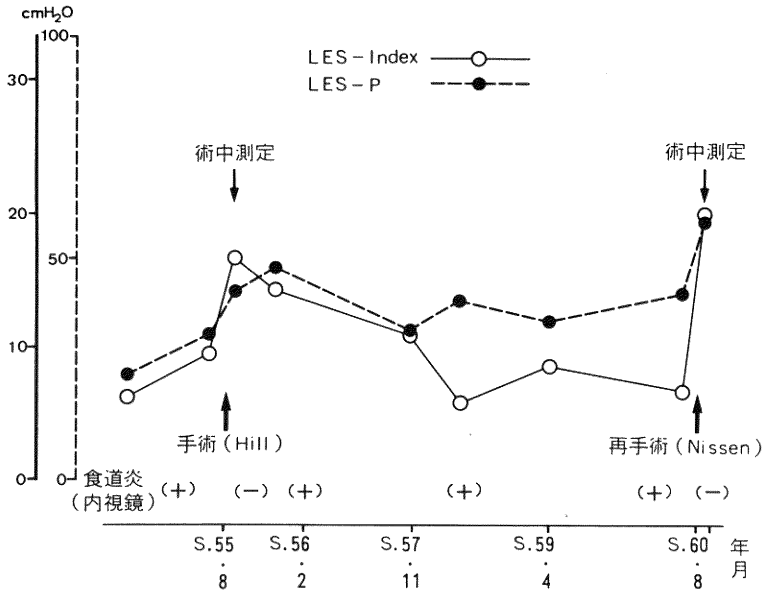


図7 LES-Index の推移
経過を追跡できた症例 (69才, 男性)

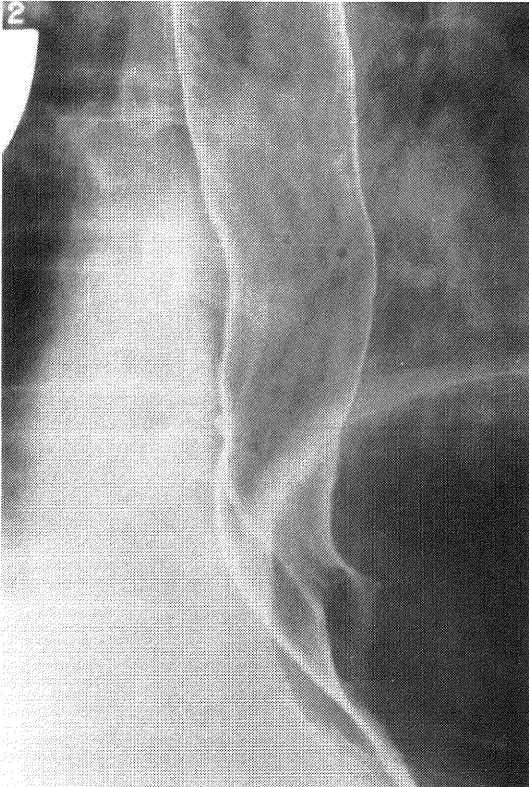


図8

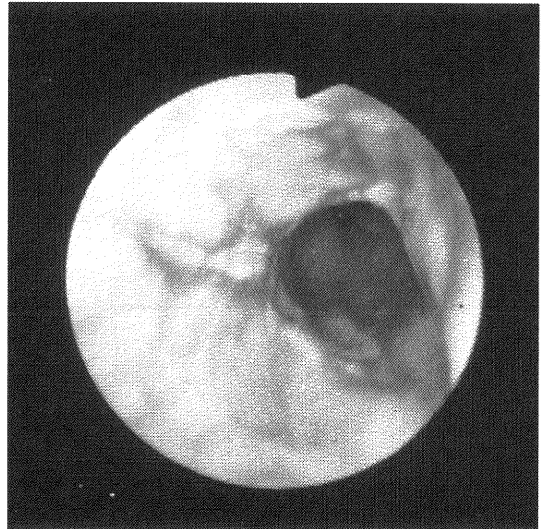


図9

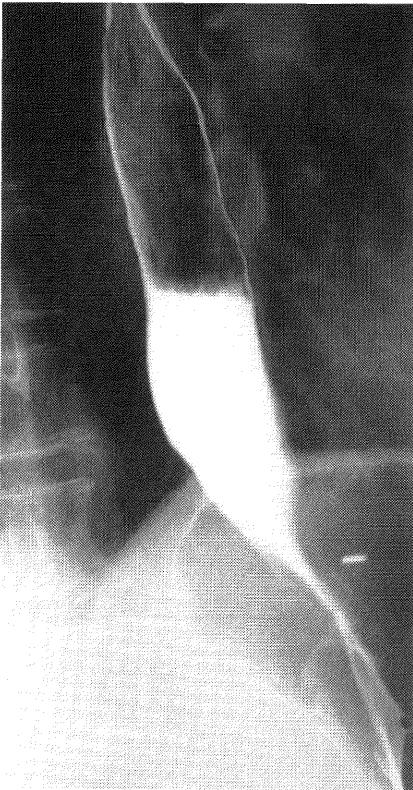


図 10

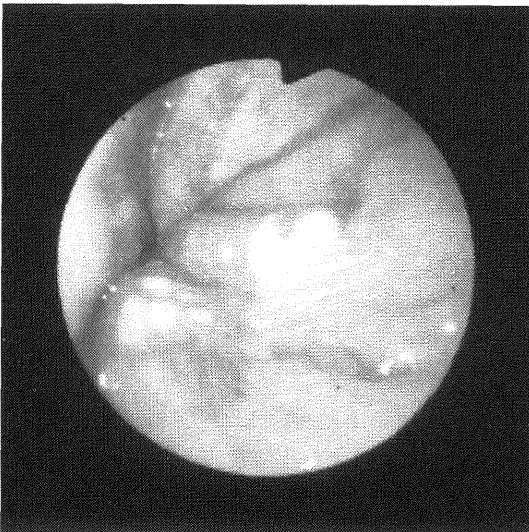


図 11

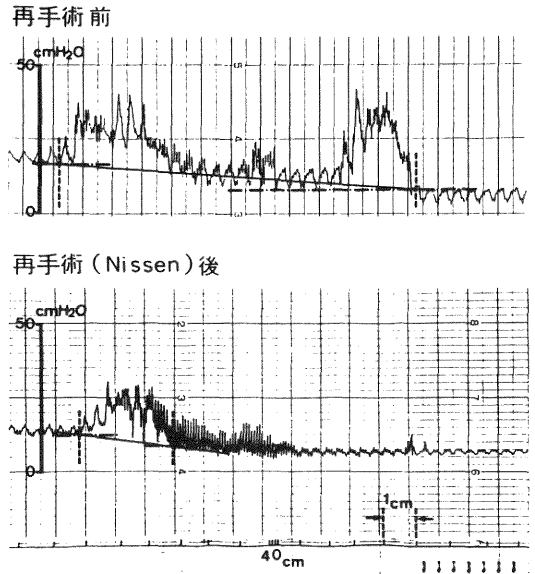


図 12

た。食道内圧測定上では、内視鏡所見が明らかになった時点より時相が遅れるものの、LES-Index は 10.8→5.9～8.7 (cmH₂O) と遷延性に低下し、一方、LES-P は約 40 cmH₂O と高値のまま推移していた。2回目の Nissen 氏手術後は逆流性食道炎の所見は再び消失している (図 7)。再手術前後の食道内圧測定の圧波形 (図12) では LES-P はむしろ低くなっているが、二峰性から正常なパターンへの回復がみられた。

4) 各値の相関関係と変異係数

対照群と各疾患群における各測定値の相関と変異係数を表 3～表 5 に示した。対照群においては、LES-Index は LES-S と正の強い相関 ($r=0.91, p<0.001$) を示したほか、LES-P とも有意の相関 ($r=0.79, p<0.001$) を認めた。dp (G-E) と各値との関係を除けば、いずれも正の相関 ($p<0.05\sim p<0.001$) を認めた。また、各値の分散の程度について標準偏差 (SD) を平均値 (mean) で除した変異係数でみると、LES-P, LES-S, LES-Index は各々 0.33, 0.42, 0.25 となり LES-Index の変異係数が最小であった (表 3)。各疾患群で LES-Index と LES-P との関係を見ると、EA 群では $r=0.55, p<0.1$ で正の相関する傾向がみられ (表 4)、HH 群においては $r=0.74, p<0.001$ と、正の相関を認め、LES-Index と dp (G-E) の間では有意の負の相関 ($r=-0.47, p<0.05$) を認めた (表 5)。LES-Index の変

表 3 各測定値間の相関関係と異変係数 (対照群)

Control(n=13)	SD/M	LES-P	LES-Index	LES-S	LES-W	dp(G-E)
LES-P	0.33		p<0.001	p<0.005	p<0.05	ns
LES-Index	0.25	$\gamma=0.79$		p<0.001	p<0.02	ns
LES-S	0.42	$\gamma=0.77$	$\gamma=0.91$		p<0.001	ns
LES-W	0.20	$\gamma=0.60$	$\gamma=0.63$	$\gamma=0.89$		ns
dp(G-E)	0.79	$\gamma=0.30$	$\gamma=0.02$	$\gamma=0.14$	$\gamma=0.22$	

表 4 各測定値間の相関関係と異変係数 (EA 群)

EA(n=10)	SD/M	LES-P	LES-Index	LES-S	LES-W	dp(G-E)
LES-P	0.33		ns(p<0.1)	p<0.05	ns(p<0.1)	ns
LES-Index	0.23	$\gamma=0.55$		p<0.05	ns	ns
LES-S	0.49	$\gamma=0.68$	$\gamma=0.67$		p<0.001	ns
LES-W	0.39	$\gamma=0.59$	$\gamma=0.32$	$\gamma=0.91$		ns
dp(G-E)	0.95	$\gamma=-0.10$	$\gamma=0.01$	$\gamma=0.06$	$\gamma=0.02$	

表 5 各測定値間の相関関係と異変係数 (HH 群)

HH(n=19)	SD/M	LES-P	LES-Index	LES-S	LES-W	dp(G-E)
LES-P	0.41		p<0.001	p<0.005	ns	ns(p<0.1)
LES-Index	0.39	$\gamma=0.74$		p<0.005	ns	p<0.05
LES-S	0.57	$\gamma=0.63$	$\gamma=0.67$		p<0.001	ns(p<0.1)
LES-W	0.51	$\gamma=0.33$	$\gamma=0.24$	$\gamma=0.81$		ns
dp(G-E)	1.53	$\gamma=-0.41$	$\gamma=-0.47$	$\gamma=-0.35$	$\gamma=-0.13$	

異係数は EA 群, HH 群で, 各々 0.23, 0.39 となり, 各群の中で LES-Index の変異係数が最小値であった。

3. 考 察

食道の機能的検査のひとつとして食道の内圧を計測したのは Kronecker と Meltzer¹⁾ であり (1880), 彼らは balloon 法による動的に捕えた嚥下運動の研究を報告した²⁾. その後, 圧トランスデューサーが開発され, 水を充たした管を介して接続し, 内圧の変化を記録できるようになった. しかし, 初めは非注入法であったため食道胃接合部に内圧測定上, 昇圧帯を認めることは知られていたが, 測定結果が必ずしも下部食道昇圧帯 (LES) の状態を反映するとはいえなかった。

表 6 に食道内圧測定におけるいくつかの問題点を示したが, Winans ら¹⁰⁾ は肛門括約筋の測定経験をもとに, 持続的に微量の水注入を行って食道内圧を測定し, 正常人と胃食道逆流を認める群で昇圧帯の最高圧において有意に差を認め, 同時に非注入法では粘膜が測定孔を

表 6 食道内圧測定における問題点

1. 手技・装置
 - 1) センサー
 - 2) 注入ポンプ
 - 3) カテーテル
 - 4) システム全体のコンプライアンス
 - 5) カテーテルの引き抜き速度
 - 6) レコーダー
 - 7) 被験者の前処置
2. Scoring 法
 - 1) 基準圧……胃底部呼吸終末圧
 - 2) 下部食道昇圧帯 (LES) 圧
最高圧 (吸気時)
呼吸終末圧
中間点圧
 - 3) 胃食道内圧較差
 - 4) LES 幅
 - 5) LES 面積

シールするため、より正確な圧測定には注入法が必須であることを指摘した。また Pope, II¹¹⁾ は注入法と非注入法との比較を行い、注入法でのみ正常者が胸焼けのある群に比し有意に LES 圧が高く、変異係数は39%と小さいことを認め、Tuttl 試験陽性の有無でみるとさらに有意差があったことより、この水注入による測定法の意義を報告している。注入量については各報告によって異なるが、Waldeck¹³⁾ は0~10 ml/min の量で検討し150 mmHg までの圧を正確に測定するためには5 ml/min 以上必要であると報告した。しかし、著者の経験から食道内に食物残渣や液などが貯留する疾患では経時的に胸腔内食道の内圧の基線が徐々に上昇してることがあり、注入量が多いとその影響がでてくるため注入量は可能なかぎり少量の方が良いと思われた。本邦でも注入量については食道内圧測定上の問題点のひとつとして検討されてきたが¹³⁾、著者は注入量が少なく、窒素ガスによる加圧で操作が容易であることから、1981年より hydraulic capillary infusion system⁷⁾ を用いて食道内圧測定を行ってきた。測定感度の点で回路のコンプライアンスが小さいことが必要条件であり、測定回路が完成した時点で pressure rise rate (dp/dt) を測定し、250 mmH₂O 以上あることを確認した(図1)。一方最近では、カテーテルの先端にある microtip 型の miniature transducer を直接挿入して測定する方法は、コンプライアンスなどを考慮する必要もなく、すぐれていると考えられるが、感度が高いためか圧の読み取りが難しいとの報告¹⁴⁾ もあり、今後検討される必要がある。

ほかに手技・装置の問題としてカテーテルの引き抜き速度がある。Winans¹⁰⁾ の報告は station pull-through 法での報告であり、Dodds¹⁵⁾ は呼吸に伴う受圧孔の相対的移動の影響を重視し、10~15秒間の呼吸停止状態のまま0.5~1.0 cm/sec で引き抜く rapid pull-through 法の利点を述べている。Waldeck¹⁶⁾ は持続的な pull-through 法(6 mm/sec)で、特に呼吸は止めなくとも、LES の最高圧の測定には支障なく、ペントガストリン刺激による LES 圧の量的な変化にも十分対応できると報告した。Welch¹⁷⁾ は0.5 cm/sec で引き抜く rapid pull-through 法(RPT)と1 cm/min で引き抜く slow pull-through 法(SPT)で LES 圧を正常人と比較し RPT 法の圧と SPT 法の平均圧は一致するが、SPT 法の最高圧は RPT 法の圧に比較し有意に高く、また変異係数も各々18%、35~38%と SPT 法は分散も小さく、slow pull-through 法の有用性を示した。著者は引き抜き速度を1 mm/sec として slow pull-through

法に準じて測定を行った。その理由としてはより自然な生理的状態での測定であること、レコーダの記録速度も1 mm/sec と同調させ、そのまま食道の長さに対応できることなどである。記録曲線には LES 圧のほか、呼吸および心拍動の影響で棘波が上乘せられるが、生体からの常に変動する情報を分析するためには、適当な回数を繰り返し計測記録する必要がある。LES の幅が4~5 cm あり、LES 全体の計測には40~50秒要し、その間呼吸、心拍動による変動波は、各々約10、50回以上あり、適当な回数と思われる。また、レコーダの性能も正確な圧測定に影響を及ぼすが、著者の用いた方法は pressure rise rate の測定で250 mmH₂O/sec 以上であり、レコーダの性能も含めた測定系全体の感度が問題ないことを意味している。

次に scoring 法の問題がある。基準圧としては胃底部呼気終末圧と大気圧があるが、多くの報告は前者を基準としている。測定孔は3~8ルーメンの報告が多いが、Kaye¹⁸⁾ は3方向の測定では昇圧帯の最高圧は20.67、23.50、23.42 mmHg と差があり、LES の非対称性を示し、Winans¹⁹⁾、Welch¹⁷⁾ は8方向の測定で LES-P は左後方または左方でほかの方向の圧より高いと同様の結果を報告した。朱²⁰⁾ は3方向測定でやはり LES は非対称であるが、食道アカラシアや食道裂孔ヘルニアなどの LES 異常例では非対称性が失われる傾向があると報告した。いずれにしても1方向だけの測定では不十分であり、誤差を小さくする意味で3方向の値の平均値で表すことは実用的で妥当であると思われる。Dodds²¹⁾ は station pull-through 方では LES 圧といっても何種類かの値が計測されるが、rapid pull-through 法では一つの値だけであり、計測者間の差異を小さくでき、同一計測者の測定誤差も rapid pull-through 法で有意に小さいとした。しかし、Kaye¹⁸⁾ は安静呼吸時、呼気および吸気時に呼吸を止めた状態で計測して LES の圧、幅の値が各状態で異なることを報告した。この方法も10~15秒間の呼吸停止を行うため、必ずしも生理的状态とはいえない。Welch¹⁷⁾ は3回または6回の RPT 法の測定結果と SPT 法での LES の最高圧は、RPT 法の値の分散が大きく変異係数は SPT 法の18%に比し35~38%であった。読み取り誤差をなくし、より客観的な値を求めるために、著者は圧波形から胃底部と胸腔内食道の呼気終末圧基線を求めることと、LES の両端を決めるのみとした。LES の面積は LES の両端と各基線との交点を結んだ線を基準線とし、この線と曲線に囲まれた部分とした。尚、この基準線より下方で囲まれ

た部は負の要素として加算した。LES の面積の算定は 篠福²²⁾ や宮本ら²³⁾²⁴⁾ の報告にも見られるが、いずれも描かれた原図に基づく計測であるため、記録速度、キャリブレーションが異なれば比較できないものであった。そのような欠点を補うため、著者は求めた面積を原寸大に補正して LES の面積 LES-S とし、さらにそれを LES の幅で除した値を LES-Index と定義して報告してきた⁹⁾。これは LES の単位長さ当りの圧に相当し、LES の平均圧でもある。正常な対照群においては LES-Index, LES-S とともに LES の圧や幅と正の相関を示すものである (表 3)。しかし EA 群では LES-Index と LES-S の二者間以外はその相関関係がなくなる。また LES-S は各疾患群で LES-P と正の相関を示した。各群の各測定値の分散を変異係数でみると、LES-Index の変異係数が小さい。なすわち LES-Index は分散の小さい評価するために有用な値であるといえる。対照群と食道胃接合部の機能的疾患である EA 群、HH 群との比較でも LES-P では十分に識別できない。特に HH 群では対照群に比べて LES-W で長い傾向にあるが、LES-P, LES-S は有意差を認めない。しかし LES-Index では対照群の $12.4 \pm 3.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ に比し $8.4 \pm 3.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ と有意に ($p < 0.005$) 低値であった。また術後の変化をみると、 $7.3 \rightarrow 10.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ と同様に LES-Index のみに有意差を認めた ($p < 0.001$)。再発症例の経過を見ると LES 圧の最高値を追跡するだけでは LES の機能は十分に反映されず、内視鏡の所見の出現より多少遅れるものの LES-Index によってよりその病態が反映され、術後の評価あるいは術後の経過を追跡する上で有用な指標といえる。食道アカラシアに対しては逆流防止の操作を特に付加しない左開胸 Heller 変法を行ってきたが、手術前後で測定可能だった 6 例についてみると LES-P, LES-S, LES-Index 共に術後に有意 ($p < 0.05$) の低下を示し、特に LES-Index では $24.4 \rightarrow 10.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($p < 0.01$) であった。最近、井出ら²⁵⁾ は食道アカラシアに Hill の固定を付加する Jekler 変法手術を行い LESP は $11 \pm 6 \text{ mmHg}$ と低いが良好な結果であったと報告し、村上ら²⁶⁾ は Jekler-Lhotka 法 LESP は $42.7 \pm 3.31 \rightarrow 18.1 \pm 2.33 \text{ cmH}_2\text{O}$ となり、また食道裂孔ヘルニアに対し Nissen 法を行い LSEP は $25.0 \pm 2.56 \rightarrow 31.4 \pm 5.33 \text{ cmH}_2\text{O}$ となったと報告した。しかし何が適正值なのか示されていない。今回の検討結果より対照群の LES-Index が $12.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ で、EA 群、HH 群共に術後の LES-Index が約 $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ で経過良好であり、術後の目標とする値は $10 \sim 12 \text{ cmH}_2\text{O}$ といえ

る。

結 論

各種疾患の症例に対して、食道胃接合部の機能検査である食道内圧測定を行った。下部食道昇圧帯 (LES) の圧 (P), 幅 (W), 胃食道圧較差 ($dp(G-E)$) のほか、面積 (S) を求め、それを LES-W で除した値を LES-Index と定義して検討した。

1. 対照群 ($n=13$) では LES-P $33.7 \pm 11.2 \text{ cmH}_2\text{O}$, LES-W $4.4 \pm 0.9 \text{ cm}$, LES-S $55.6 \pm 23.5 \text{ cm}^2(\text{H}_2\text{O})$, LES-Index $12.4 \pm 3.2 \text{ (cmH}_2\text{O)}$, $dp(G-E) - 3.8 \pm 3.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。食道胃接合部の機能的疾患のひとつである食道アカラシア ($n=10$) について各値をみると、LES-P $52.5 \pm 17.4 \text{ cmH}_2\text{O}$, LES-W $4.0 \pm 1.5 \text{ cm}$, LES-S $90.1 \pm 44.4 \text{ cm}^2(\text{H}_2\text{O})$, LES-Index $22.3 \pm 5.1 \text{ (cmH}_2\text{O)}$, $dp(G-E) + 6.3 \pm 5.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ であり、LES-W を除き対照群に比較して LES-Index, LES-P, LES-S はそれぞれ有意に高値であった。また、 $dp(G-E)$ は陽圧化していた。

2. 食道胃接合部の逆流防止機能不全である食道裂孔ヘルニア ($n=19$) について見ると、LES-P $33.3 \pm 13.8 \text{ cmH}_2\text{O}$, LES-S $50.0 \pm 28.6 \text{ cm}^2(\text{H}_2\text{O})$, $dp(G-E) - 3.1 \pm 4.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ と対照群との間に差はなく、わずかに LES-W が $6.0 \pm 3.2 \text{ cm}$ と延長する傾向が認められた。しかし、LES-Index で表すと、 $8.4 \pm 3.3 \text{ (cmH}_2\text{O)}$ となり、対照群の $12.4 \pm 3.2 \text{ (cmH}_2\text{O)}$ に比較して有意に低下していた。

3. 対照群と各疾患群における各測定値の相関と変異係数をみると、対照群においては、LES-Index は LES-S と正の強い相関 ($r=0.91$) を示したほか、LES-P とも有意の相関 ($r=0.79$) を認めた。 $dp(G-E)$ と各値との関係を除けば、いずれも正の相関を認めた。また、各値の分散の程度について変異係数でみると、LES-P, LES-S, LES-Index は各々 $0.33, 0.42, 0.25$ となり LES-Index の変異係数が最小であった。すなわち LES-Index は分散の小さい評価するために有用な値である。

4. 症例の経過を見ると LES 圧の最高値を追跡するだけでは LES の機能は十分に反映されず、LES-Index によってよりその病態が反映され、術後の評価あるいは術後の経過を追跡する上でも有用な指標といえる。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました新潟大学医学部第一外科武藤輝一教授に深謝いた

します。また、直接御指導、御教示をいただいた新潟大学医学部第一外科佐々木公一前講師、御助言をいただきました新潟大学工学部情報工学科斎藤義昭教授に心より謝意を表します。(本論文の要旨の一部は第38回日本胸部外科学会総会にて発表した.)

参 考 文 献

- 1) **Kronecker, H. and Meltzer, S.:** Ueber die Vorgaenge beim Schlucken (Suppl). Arch. Anat. u. Physiol.,: 446, 1880.
- 2) **Kronecker, H. and Meltzer, S.:** Der Schluckmechanismus, seine Erregung und seine Hemmung, Arch. Anat. u. Physiol.,: 328~362, 1883.
- 3) 坂西昭夫: 食道運動に関する研究補遺—食道内圧変動を中心に—(第1編, 第2編). 日胸外会誌, **11**(12): 906~932, 1963.
- 4) 坂西昭夫: 食道運動に関する研究補遺—食道内圧変動を中心に—(第3編, 第4編). 日胸外会誌, **11**(13): 933~949, 1963.
- 5) 谷 久: 噴門部手術侵襲後の逆流性食道炎について—主として食道内圧および食道内 pH からみた術式別検討—. 日消外会誌, **7**(3): 217~230, 1974.
- 6) **Dodds, W.J., Stef, J.J., Arndorfer, R.C. et al.:** Improved Infusion System for Esophageal Manometry (Abstr). Clin. Res., **22**: 602, 1974.
- 7) **Arndorfer, R.C., Stef, J.J., Dodds, W.J. et al.:** Improved Infusion System for Intraluminal Esophageal Manometry. Gastroenterology, **73**(1): 23~27, 1977.
- 8) **Dodds, W.J., Hogan, W.J., Reid, D.P. et al.:** Variables affecting manometric recording of pressure amplitude during esophageal peristalsis (Abstr). Gastroenterology, **62**(4): 743, 1972.
- 9) 宮下 薫, 武藤輝一, 佐々木公一 他: 食道胃接合部の機能評価法としての食道内圧測定法—新しい指標 LES-Index について—. 日胸外会誌, **33**: 1530, 1985.
- 10) **Winans, C.S., Harris, L.D.:** Quantitation of lower esophageal sphincter competence. Gastroenterology, **52**(5): 773~778, 1967.
- 11) **Pope II, CE:** A dynamic test of sphincter strength: Its application to the lower esophageal sphincter. Gastroenterology, **52**(5): 779~786, 1967.
- 12) **Waldeck, F.:** A new procedure for functional analysis of the lower esophageal sphincter (LES). Europ. J. Physiol. (Pfluegers Arch.), **335**(2): 74~84, 1972.
- 13) 宮川 清, 田中 隆: 食道内圧に関する諸問題. 日平滑筋誌, **15**: 91~97, 1979.
- 14) 安広矩明, 田中 隆, 武谷克重 他: 食道内圧の測定法, 評価に関する諸問題とくに内視鏡併用による食道内圧測定法について. 日平滑筋誌, **15**: 109~111, 1979.
- 15) **Dodds, W.J., Stewart, E.T., Hogan, W.J. et al.:** Effect of esophageal movement on intraluminal esophageal pressure recording. Gastroenterology, **67**(4): 592~600, 1974.
- 16) **Waldeck, F., Jennewein, H.M. and Siewert, R.:** The continuous withdrawal method for the quantitative analysis of the lower esophageal sphincter (LES) in humans. Europ. J. Clin. Invest. **3**: 331~337, 1973.
- 17) **Welch, R.W. and Drake, S.T.:** Normal lower esophageal sphincter pressure: A comparison of rapid vs. slow pull-through techniques. Gastroenterology, **78**(6): 1446~1451, 1980.
- 18) **Kaye, M.D. and Showalter, J.P.:** Manometric configuration of the lower esophageal sphincter in normal human subjects. Gastroenterology, **61**(2): 213~223, 1971.
- 19) **Winans, C.S.:** Manometric asymmetry of the lower-esophageal high pressure zone. Dig. Dis., **22**(4): 348~354, 1977.
- 20) 朱 明義, 岡本英三, 桑田圭司 他: 食道内圧測定に於ける Lower Esophageal Sphincter (LES) の非対称性について. 日平滑筋誌, **15**: 315~326, 1979.
- 21) **Dodds, W.J., Hogan, W.J., Stef, J.J. et al.:** A rapid pull-through technique for measuring lower esophageal sphincter pressure. Gastroenterology, **68**(3): 437~443, 1975.
- 22) 旗福哲彦: 噴門閉鎖機構の諸因子と外科的再建. 日平滑筋誌, **12**: 186~189, 1976.
- 23) 宮本二郎, 竹島 徹, 山形 迪: 正常者の LES 圧—測定方法及びその評価の検討—. 日平滑筋誌, **14**(4): 206~208, 1978.
- 24) 宮本二郎, 竹島 徹, 岩崎洋治 他: 食道下部昇

- 圧帯内圧の測定方法およびその評価の検討. 日消会誌, **77(1)**: 1~8, 1980.
- 25) 井出博子, 古藤文英, 野上 厚 他: 食道アカラシア手術における下部昇圧帯の変化に関する検討・日消外会誌, **23(10)**: 2465~2470, 1990.
- 26) 村上卓夫, 石上浩一, 水田英司 他: 各種食道疾患における食道内圧の検討. 日消外会誌, **20(3)**: 705~713, 1987.
- (平成3年3月2日受付)
-