

Caroli 法を応用した胆道ラジオマンOMETRY装置の試作

鹿児島大学教養部物理学教室

河野 岩 造

鹿児島大学医学部第2外科教室

谷 川 尚 秋 田 八 年

RADIOMANOMETRY APPARATUS: TRIAL USE FOR CAROLI'S METHOD

Iwazo KAWANO

Institute of Physics, College of Liberal Arts, Kagoshima University

Hisashi TANIKAWA and Hachinen AKITA

The Second Department of Surgery, Kagoshima University School of Medicine

諸種胆道内圧測定法の中でも、造影剤を灌流液として用い、胆道造影と内圧測定を同時に行う Caroli のラジオマンOMETRY法は機能と形態の正しい対比照合が可能であり、灌流液の高圧注入を避ける点において危険性の少ないすぐれた方法である。しかし Caroli の原法では内圧曲線を連続記録する上で難点があるため、今回マリオット瓶の昇降装置を試作し、さらに0点設定に自動レベル観測機構を導入して胆道内圧の測定および記録を正確かつ容易に行えるよう工夫し、実地臨床に用いた結果、その有用性を認めたので報告した。

はじめに

胆道手術における術中検査法として胆道内圧測定を胆道造影と併用することは、胆道の機能的病変と器質的病変の鑑別診断上有用とされており、とくに放置すれば胆管結石の再発につながる乳頭狭窄の診断、あるいは胆道造影のみでは判読不可能な小結石の発見などに威力を発揮するといわれている。

しかしその方法は多岐にわたっており、Caroli の Radiomanometry 法¹⁾、Mallet-Guy の Manometry and Cholangiography 法²⁾をはじめとして多くの報告^{3) 4) 5) 6) 7) 8)}がみられるが、それぞれに長所短所を有しており、その評価も必ずしも確立したものではない。

現時点では、実地臨床における胆道検査法としては、やはり直接造影による形態学的検査の比重が大きく、胆道内圧測定も、詳細な形態学的裏づけが加わって、はじめてその評価が確立するものと考えられる。

したがって、胆道造影と内圧測定は同じ生理的条件下で行うのが望ましく、造影時の圧や内圧測定時の灌流量が、生理的条件を著しく越える場合その評価には問題があり、また造影と内圧測定を切離して行ったのでは、形態と機能の正しい対比照合が不可能である。

Caroli 法は、可及的中性で等張に近い造影剤を灌流液として用い、内圧測定を行いながら同時に造影を行うといういわゆる Radiomanometry 法で、機能と形態の正しい対比照合が可能であり、しかもこの際、過大な圧または流量負荷を行わない事から、より生理的な方法と考えられ、欧米においても本法による報告が多い^{9) 10) 11)}。

このたび著者らは Caroli 法を応用した胆道ラジオマンOMETRY装置を製作し、実地臨床に用いてその有用性を認めたので報告する。

概 要

本器は、垂直に保持された長い雄ネジを、シンクロモーターによって回転することにより、めネジ部分に固定されたマリオット瓶を上下させ、患部胆道とマリオット瓶内のエアチューブ先端との垂直距離の差Hを変化させ、レコーダーによって記録し、既知の造影剤の密度から、

$$P = \rho g H \quad (g: \text{重力の加速度})$$

により、胆道内圧Pを測定するものである。

設計条件

1. マリオット瓶の昇降運動は、calibration 用の high speed と測定時の scanning 用の slow speed の2段階替

えが可能となるようにすること。また、昇・降の方向を換えるために、モーターは逆転可能とすること。

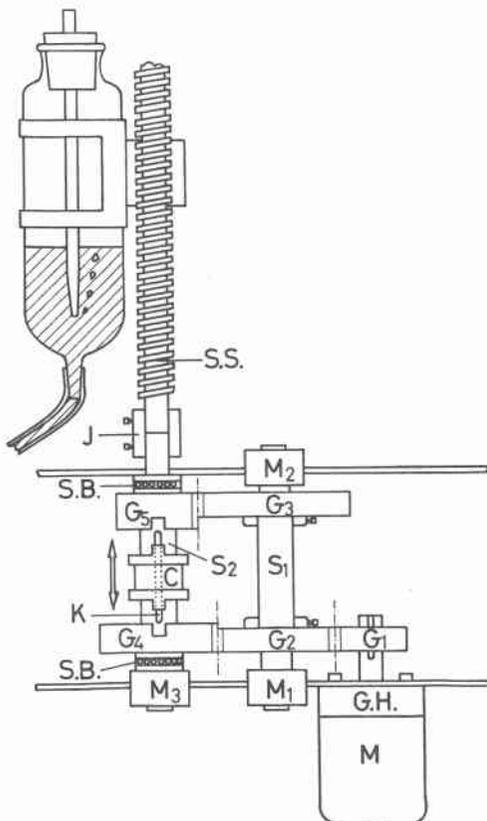
2. 胆道から離れた場所で、手術の邪魔にならないように、かつ清潔を維持しながら、測定が行えること。

3. 手術室の床面の状態（傾斜、凹凸）に左右されずに迅速に測定準備ができること。

マリOTT瓶の昇降機構

図1に昇降機構の概略を示す。

図 1



モーターM（オリエンタルモーター製の4RK25—GK—A）の回転は、ギヤ・ヘッドG.H.（同社4GK 25）の減速歯車機構によって減速され、直結された歯車G₁に伝達される。歯車G₁の回転は歯車G₂に伝達される。歯車G₂は軸S₁に固定されており、同軸に固定された歯車G₃とともに同一回転数で回転する。歯車G₂、G₃の回転は歯車G₄、G₅に伝達されるが、図示のようにクラッチCがG₄とG₅の間にある場合は、クラッチははいていない状態であり、G₄、G₅は軸S₂を空滑り

している。クラッチCには内径部にキー溝がほってあり、軸S₂に固定されたキーKに沿って上下方向にのみ移動ができる。レバー操作により、Cを上に移動させ、Cの凸部をG₅の凹部に嵌合させると、軸S₂を空滑りしていたG₅の回転は、G₅→クラッチC→キーK→軸S₂と伝達されて、そこで軸S₂が回転する。同様にレバー操作によりCを下に移動させると、CはG₄と嵌合し、回転はG₄→C→K→S₂と伝達され、軸S₂が回転するが、前者と後者の場合の軸S₂の回転数の比は、

$$\frac{G_5 \text{ の歯数}}{G_4 \text{ の歯数}} : \frac{G_2 \text{ の歯数}}{G_1 \text{ の歯数}} = \frac{48}{24} : \frac{36}{36} = 2 : 1$$

となっている。したがってマリOTT瓶の昇降速度は、高速で2 cm/sec、低速で1 cm/secになる。軸S₂の回転はジョイントJで結合されて、上方のスクリーシャフトS.S.に伝達される。M₁₋₃は軸受で、ギヤ・ボックスを形づくっている厚板にそれぞれ固定され、回転がスムーズになるようになっている。また軸S₂の上下にはスラストベアリングS.B.が入れてあり、CがG₄またはG₅と嵌合する際に、少々無理な力が歯車に加わっても、回転がスムーズにできるようになっている。

スクリー・シャフトS.S.は全長約70cmで、外径を細くした両端を除いて、全域にわたってピッチ0.5cmの角ネジが切削してあり、パイプの両端に装着したボールベアリングを貫いて保持されている。S.S.の下端は前述のように軸S₂とJで連結されており、S.S.を保持する肉厚のパイプは下端に支持具がついていて、台車の天板に固定されている（写真1）。

使用モーターは逆転可能であり、容量200ccのマリOTT瓶の昇または降の選択は、スナップ・スイッチで簡単にできる。測定に先立ち、高速を用いて40cm造影剤圧が記録計紙上8cmの幅になるように較正し、つい

写真 1

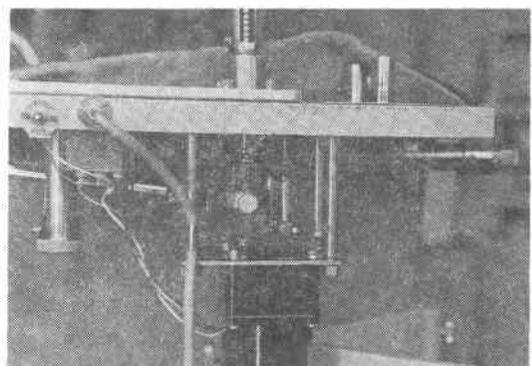
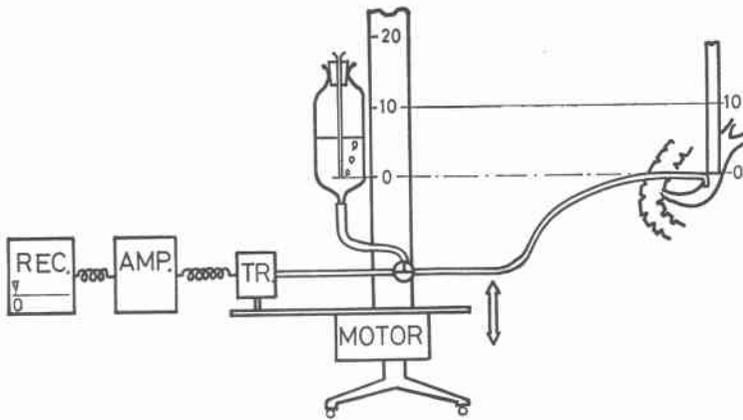


図 2



で低速を用いて加圧しながら測定を行う。

以上が瓶の昇降機構の概要であるが、これらの部品は薬液などによる腐蝕を防止するために、可能な限り鉄材を避け、ステンレススチールと真鍮とを使用した。

レベル観測機構

本装置の中で最も特徴を有する機構である。手術室の床面の状態に左右されず、また患者の身体から離れていても、正確なレベル合わせが可能である。レベル観測は三脚付きの測機舎製自動レベルB-2型を使用した。

1. まずスコープ付自動レベルを手術台から離れた場所に設置し、附属の水準器を合わせる。合わせ誤差は少しあっても、本器では内蔵プリズムが自動的に水平に維持されるので、スコープの光軸は常に正確に水平面にセットされる。

2. 次に昇降装置の方は、図2に示す通りに、保持パイプに装着したスケールの0点とマリオット瓶内のエアチューブの先端をスコープを見て合わせておく。

3. つぎに開腹した患者の胆道に、滅菌したメジャー

の先端を当て、鉛直に立てる。スコープで患者の体から外に出ている部分(10~20cmの間にある)のメジャーにピントを合わせ、視野内の十字線上である数値を読みとっておく。スコープで精度は1/10mmまで正確に読めるが、mmの単位まで読めば通常充分である。

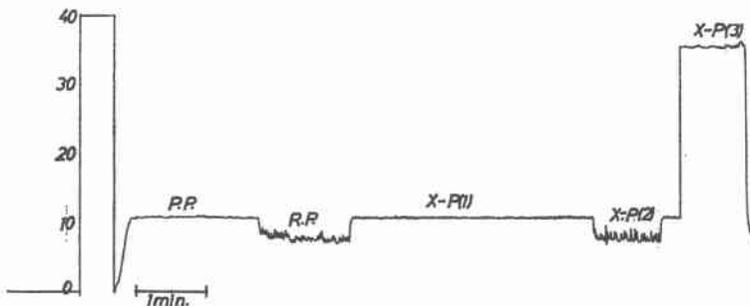
4. 最後にスコープを水平面内で回して、マリオット瓶の方に向けて、昇降装置のスケールを視ながら装置全体を上下する。そしてスコープで視ているスケールの値が先刻患者の方のメジャーで読みとった値と同じ値になった時に装置を固定すれば、図2に示すように、胆道⇄スケールの0点⇄マリオット瓶内のエアチューブの先端がすべて同一レベル面内に位置することになる。

この操作に要する時間は通常2~3分間であり、自動レベルによるレベル合わせの誤差は、スコープを5m離し、患部とマリオット瓶間2m位で1mm以内である。

記録

患部とマリオット瓶内のエアチューブの先端との垂直距離がHのとき、圧力 ρgH は三方活栓を通じて低

図3 胆道内圧曲線



圧型圧力トランスジューサー（三栄測器，LPU—0.1—350型）にかかる。ここで生じた電気信号は、前置増幅器（三栄測器，バイオフィジオグラフ180システム）で増幅されて、高感度ペンレコーダー（横河電機，3046型）で記録される。なお灌流液には30%ウログラフィンをを用い、得られた造影剤圧を水柱圧に換算する場合は圧値に造影剤の比重（1.16）を乗じた。

結 果

われわれは昭和47年以来、本装置を用い、鹿児島大学第2外科において手術を施行した良性胆道疾患患者97例を対象としてラジオマンOMETRYを行った。

本法による胆道内圧の正常値は、通過圧：12.6～17.9

cm H₂O，残圧：6.5～12.8 cm H₂O，圧差（通過圧と残圧の差）：3.3～8.0 cm H₂O，としており、これは造影フィルム上の総胆管最大径が10 mm 以下で、術後愁訴を有していない胆嚢結石，無石胆嚢炎21例の平均値±標準偏差により算出した。

図3は胆嚢結石例（34歳男）の胆道内圧曲線で、通過圧（P.P）：11.0 cm 造影剤圧，残圧：7.0 cm 造影剤圧，圧差：4.0 cm 造影剤圧と正常値を示している。

写真2はこの症例の胆道末端像で、左よりそれぞれ通過圧，残圧および36 cm 造影剤圧での末端像を示すが、全ての時相において筆尖型を呈しており、機能的にも形態上からも正常と判断された。

写真2 各時相における総胆管末端像

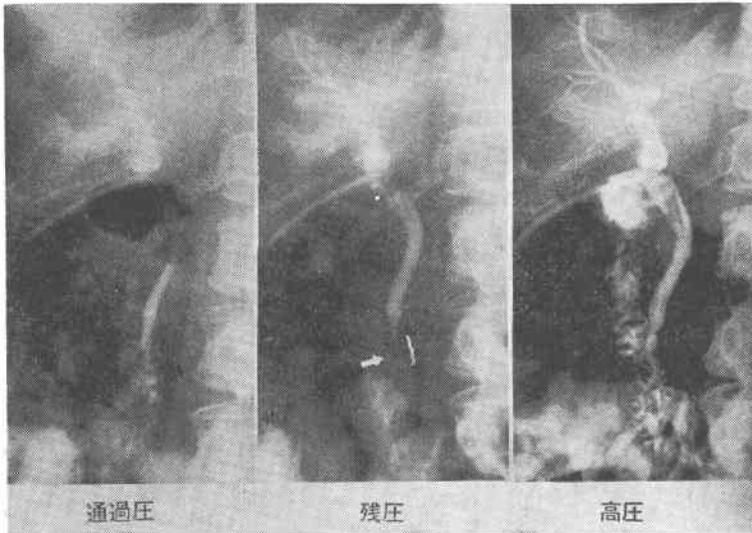


図4 Atropin sulfate. 0.5mg 静注前後の圧曲線

(72—254) {胆嚢結石 (末端スパズム)}

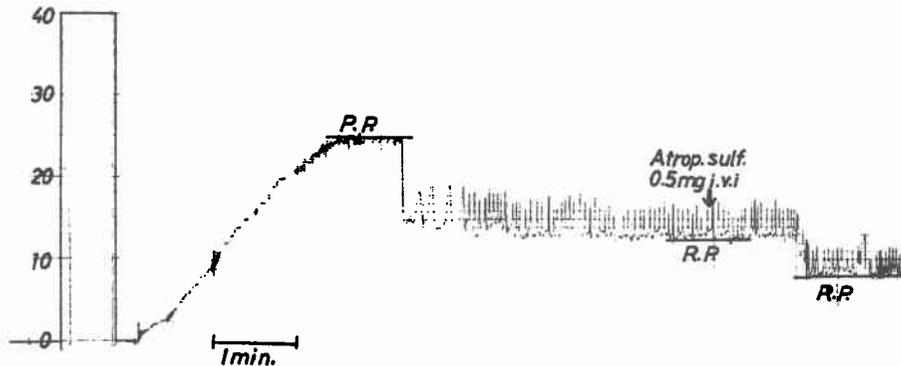


写真3 Atropin 0.5mg 静注前後の総胆管末端部
72-263 (34M)

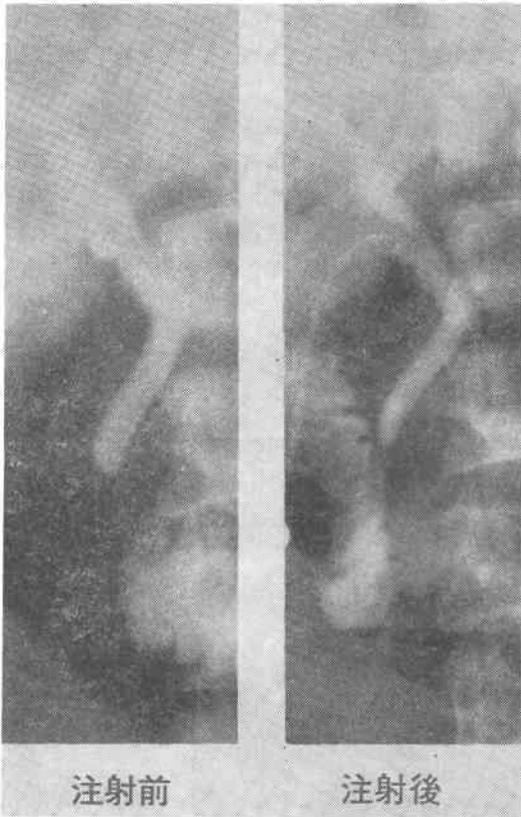


図4は胆嚢結石例(34歳男)の胆道内圧曲線で、通過圧:25.0 cm 造影剤圧, 残圧:12.5 cm 造影剤圧といずれも高値を示しているが, 残圧は硫酸アトロピン0.5 mg 静注約1分後には 8.0 cm 造影剤圧と低下した。

写真3は硫アト投与前後における胆道末端像であるが, 投与前の末端部は半球状を呈し, 造影剤の十二指腸への排出途絶が認められるのに対し, 投与後には筆尖状となり, 造影剤の十二指腸への排出も良好となった。したがって本症例は胆道末端部のスパスムと診断された。

図5は総胆管結石再発例(50歳男)の載石後における胆道内圧曲線と胆道末端像である。末端部は不整変形を伴った狭窄像を呈し, 通過圧, 残圧はそれぞれ25 cm 造影剤圧, 23 cm 造影剤圧といずれも高値を示したことから, 乳頭部狭窄に起因した総胆管内結石再発と考えられた。

図6はベンタゾシン30mg 静注投与による残圧の変化を経時的に記録したもので, 投与前11 cm 造影剤圧を示したものが, 投与後約1分30秒にて18.5 cm 造影剤圧と上昇し, 漸次低下しながら約10分後には旧値に復した。

このように本法によるラジオノメトリーでは, 胆道像と内圧の正確な対比照合が可能であり, しかも pressure control 下に造影剤の注入を行うことから, 通常行われている用手的な高圧注入に伴う種々の危険性を予防しうる利点を有している。また胆道内圧曲線の同時記録に

図5 74-126 (50M). Recurrent Choledocholithiasis
Papillary Stenosis

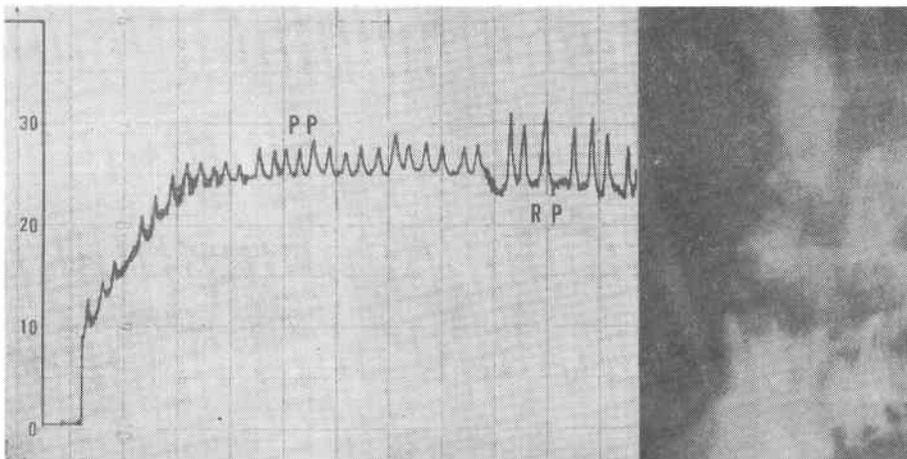
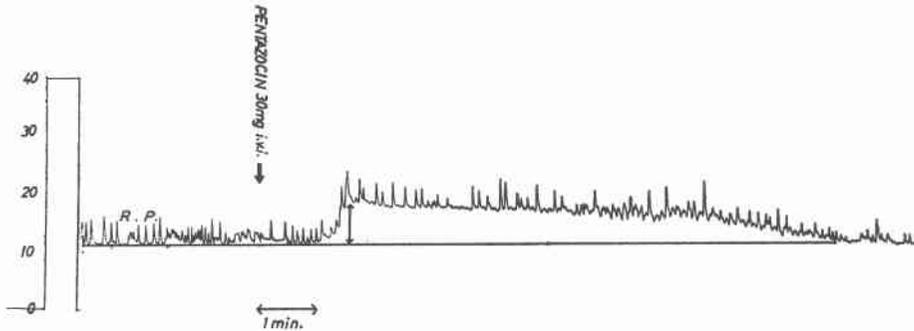


図6 Pentazocin 30mg 静注前後の胆道内圧曲線
75—143 (56F)



より圧の経時的変化を観察しうることから、胆道内圧に及ぼす諸種薬物の効果を臨床的に判定する上でも有利な方法と思われる。

測定に要する時間は、薬物の効果判定の場合を除き、ほぼ15分以内であり、また本法による合併症は1例も経験していない。

なお本法を施行した97例の成績については目下検討中である。

謝辞

昇降機構の設計に当り、懇切丁寧なご指導を賜わった、鹿児島大学工学部機械工学科、田中秀穂講師および試作に当りご援助賜わった同学教養部物理学教室、新野稔教授に深謝する。

文 献

- 1) Caroli, J.: La radiomanométrie biliaire. *Excerpta Med.*, **9**: 415, 1948.
- 2) Mallet-Guy, P.: Value of peroperative manometric and roentgenographic examination in the diagnosis of pathologic changes and functional disturbances of the biliary tract. *Surg. Gynec. Obst.*, **94**: 385, 1952.
- 3) Albot, G., et al.: Radiomanometric examination of the biliary ducts; Experience with 418 cases. *Gastroenterology.*, **24**: 242, 1953.
- 4) Newman, H.F. and Northup, J.D.: Hydrodynamics of the human common duct. *Surg. Gynec. Obst.*, **105**: 355, 1957.
- 5) 吉岡 一: ラジオマノメトリーによる胆管圧異常症の診断とその治療法. *綜合臨床*, **8**: 289, 1959.
- 6) 本山博信: 胆道外科におけるラジオマノメトリーの臨床的研究. *日外会誌*, **72**(6): 817, 1971.
- 7) 富田濤児, 他: 胆道外科に於ける胆管末端部機構の動的観察法とその臨床応用. *日消誌*, **67**: 47, 1970.
- 8) 伊藤昭敏, 他: 術中持続的胆道内圧測定—その波形でみる胆道末端部の機能—. *日外会誌*, **74**: 783, 1973.
- 9) Hess, W.: *Surgery of the Biliary Passages and the Pancreas*. New York, Van Nostrand, 1965.
- 10) Schein, C.J., et al.: Biliary manometry: Its role in clinical surgery. *Surgery.*, **67**: 255, 1970.
- 11) White, T.T.: Radiomanometry, Flow Rates, and Cholangiography in the Evaluation of Common Bile Duct Disease. A study of 220 cases. *Amer. J. Surg.*, **123**: 73, 1972.