

## 胃腸の粘膜のレントゲン検査

### *Roentgenologic exploration of the mucosa of the gastro-intestinal tract\**

*The Cole collaborators. Radiology 18:222-63,1932*

学会長：米国の放射線科医を代表して、この非常に重要かつ議論の多い問題を考えるにあたって我が国を指名していただいた栄誉に感謝の意を表します。文献を調べるとわかることですが、この問題について米国でもほとんど顧みられてこなかったことに鑑み、より一層の謝意を申し述べます。

米国からの参加者にも、私の同僚とともにこの役割を与えていただいたことに大きな謝意を評します。

学会員の諸氏には、ここで発表する内容は、まもなく *Radiology* 誌に連載されるより広範な論文に記すデータの要約であることをお伝えしておきます。これには、米国の多くの最先端の放射線科医との個人的な情報交換、広範な国外文献の英訳、私が関与している多くの施設の資料、圧迫法を適用するための装置の設計、製作が書かれています。これらのデータの整理、イラストレーションの用意は、熱意と誠意ある共同研究者諸氏の努力なしには語れません。ここで *Cole Collaborators* (*Cole* の共同研究者) と記載したのは、*Rober Earl Pound, M.D., Russell Wright Morse, M.D., Courtney I. Headland, M.D., William Gregory Cole, M.D., Ames W. Nasland, M.D.* で、この名前の下に論文を発表します。

このテーマを発表する栄誉は、故 *Preston M. Hickey* が存命であれば彼のものであったことは疑いのないところです。さらに、米国の放射線科医のみならず世界中の放射線科が彼に寄せる敬意を考え、本稿を米国放射線学会長 *Preston M. Hickey* を記念するものとしたと思います..

与えられた課題「消化管粘膜のレントゲンの探求」(*Roentgenologic exploration of the mucosa of the gastro-intestinal tract*) は妙な言葉で、おそらく翻訳による問題だと思いますが、探求 (*exploration*) という言葉は研究者がまさに探検家 (*explorer*) であったこの領域の初期の歴史には相応しいものであり、私はこの課題にますます満足しています。

### 歴史

1928 年、*Dudley Roberts* が米国消化管学会で発表した消化管放射線医学の歴史を振り返ると、「世界初の胃造影のクレジットは、鉛溶液を満たした胃嚢によって胃を描出した *Hemmeter* に付与されるべきである。こ

れは不首尾に終わったが、メリーランド州ボルチモアの *State Normal School* における初の試みであった」[1]。

1896 年、*Wolf Becker* は動物実験で、鉛溶液で腸管ループと胃の充盈を試みた。これも不成功であったが、フリーな X 線不透過性溶液を使った管腔臓器描出として初の試みであった。

1896 年、*Harvard* 大学生理学教授の *H. P. Bowditch* は、*Walter B. Cannon* に、正常状態における嚥下の研究に X 線を利用することを示唆した。これが、*Canon* の有名な食道、胃、腸管の運動に関する研究の端緒となった。この新しい方法による消化管運動の公開実験は 1896 年 12 月 29 日にボストンで行なわれた。これは米国生理学会の前で、ガチョウに次硝酸ビスマスカプセルを嚥下させ、これを X 線によって非公式に供覧したものであった。ネコの胃による初の報告は、1897 年 5 月 4 日の米国生理学会で行なわれた。*Canon* は、動物でフリーのビスマスをいれた造影食を初めて使用した。これは牛乳、湯、あるいは薄いグレービーで浸軟したパンに次硝酸ビスマスを混ぜたものであった。*Canon* 自身は、消化管造影に次硝酸ビスマスを使用した初の公開報告は、1897 年 4 月 20 日、5% 次硝酸ビスマス溶液 300cc を使って異常拡張した食道を描出した *Rumpel* の報告であるとしている [2]。

1897 年 6 月 12 日および 1897 年 7 月 24 日、フランス生物学会において *Roux* と *Balthazard* が、明らかにそれぞれ独立に、胃の運動機能の研究におけるビスマス食の使用を初めて報告した。1898 年に発表された彼らの完全な報告には、カエル、イヌ、ヒトの胃のビスマス食による研究が記載されている。彼らの研究は、15-20g の次硝酸ビスマスを 100g の水あるいはシロップに溶いたものを使って「ヒトの胃」を初めて研究したこと、また初めて動画研究の意義を認め、カエルの胃で蠕動波の進行を一定間隔で撮影する X 線乾板交換装置を開発した点において画期的であった。彼らのヒトの胃運動現象の観察は、不完全ではあるもののきわめて正確であった。

*Boston* の *Francis H. Williams* は、内科学、外科学における X 線の意義を早期から認識していた点で、もっと大きなクレジットに値すると思われる。彼がきわめて寡黙であるため、クレジットを求めたりあるいは受

\* 1931 年 7 月、第 3 回国際放射線学会 (パリ) における *Lewes Gregory Cole, M.D.* 招待講演 [訳注：本稿は全 3 編からなる論文の第 1 部である。続く 2 編は *Radiology 18:471,1932, 18:886,1932*]

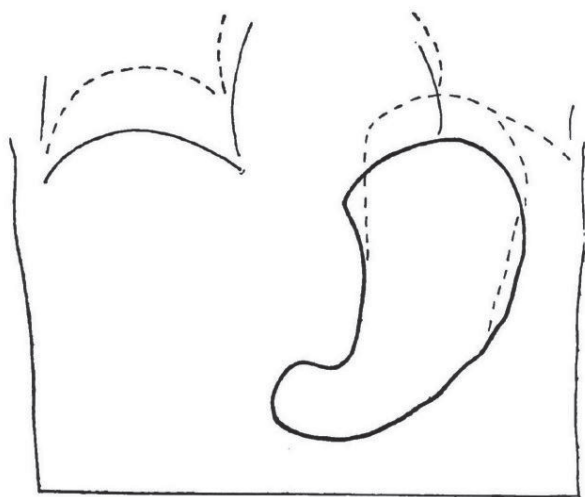
1. 我々の手元に、*Hemmeter* の主張を裏書きする *W.C.A. Hammell* からの手紙のコピーがある。

2. これが正しいことを確認する私信を、最近 *Dr. W. B. Canon* から受け取った。

けることを阻んでいるのであろう。1901 年刊行のその著書「内科学および外科学における X 線」は初期の古典である。1899 年 9 月 23 日, Williams は Canon とともに, 次硝酸ビスマス 1 オンス, パンを混ぜた牛乳 1 パイントからなる検査食を 10 歳の子供に投与した。これに基づく 12 枚のトレース, および別症例による胃排出の各段階を異なる体位で撮影したものが, 1901 年の教科書に載っている。この所見は, 呼吸, 体位, 消化による胃の大きさ, 形状, 位置についてきわめて正確に記載されている。教科書の図 201 は, 1898 年の American Climatological Association の予稿集に掲載されていたものであるが, これは「7 歳女兒において次硝酸ビスマスを含むパンと牛乳の投与 1 時間後の胃の輪郭の蛍光板からのトレース」である (参考図 1)。

Williams が内科医としてつとめていた Boston City Hospital では, レントゲン医, 放射線科医という職名は全く認められておらず, X 線部門担当医師とされていた。彼は, 放射線科医は検査技師ではなくまず医師であるべきで, X 線写真の撮影, 解釈にとどまることなく広く医学全般に関心をもつべきであると常に考えていた。彼のこの姿勢は, 現在まさに認識されつつあるところである。放射線科医に関するその偉大な見識を讃えて, 彼の自署をここに紹介することを喜びとするものである (図 1)。

1899 年 4 月 1 日, Willy Meyer の下で Einhorn は, 自ら設計した胃粘膜に粉末薬剤を噴霧する装置を使った X 線写真の 1 例を報告した。



参考図 1. 原著論文には掲載されていないが, 本文で言及されているため, 訳出にあたって参考のために下記より転載した。Francis Henry Williams. The Roentgen rays in medicine and surgery. As an aid in diagnosis and as a therapeutic agent designed for the use of practitioners and students. (The Macmillan Co., London, 1902). 原書中の説明文: 図 201. 7 歳女兒の蛍光板のトレース。パンと次硝酸ビスマスを含む牛乳の投与 1 時間後の胃の輪郭を示す。水平な実線は腸骨稜レベル, これに直交する実線は体の輪郭を示す。その他の実線は, 深吸気時の横隔膜, 心臓, 胃の位置を示す。破線は呼吸時。原版の 1/2 のサイズ。本図は Transactions of the American Climatological Association (1898) に発表したものである。

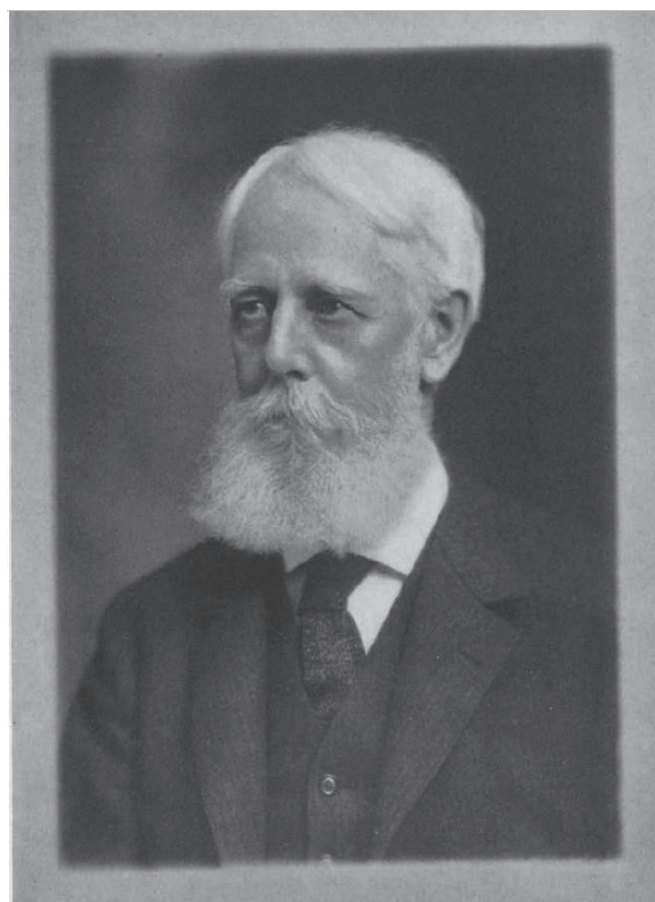
「1898 年, Holz knecht は少量のビスマス水溶液を食道の検査に使い始めたが, 胃, 腸への使用にはまだ至らなかった」(Roberts)

この後約 5 年間, O. Kraus と Lommel の仕事を除いて沈黙期が続いた。図 2 にこの前後の歴史的な経緯を図示した。

ほぼ 5 年後の 1904 年, ミュンヘンの Rieder が, Roux & Balthazard に相応のクレジットを付与せず, また Williams のクレジットも全く示すことなく, Williams が記載, 使用したものとほぼ同一組成の検査食の応用を大々的に主唱した。この発表によって, 粥とビスマスの検査食は Rieder 食 (Rieder's meal) として世界中に知られるようになった。

続く 1905~9 年には, 消化管の透視検査とこれを「症状群」(symptom-complex) に基づいて診断する方法が, 特にヨーロッパ大陸の流行となった。1909 年まで, オーストリアとドイツがこの方面を先導し, 特に Holz knecht, Strauss, Rieder, Schwartz, Kreuzfuchs, Groedel, Albers-Schönberg, Haenisch, Kienböck らが名高い。世界中, 特に米国から多くの門徒がオーストリア, ドイツの病院に集まった。

この透視と症状群の隆盛の背景には, 当時の X 線撮影は動きのある部分には甚だ不十分だったことがある。



Francis H. Williams M.D.

図 1. Francis Henry Williams とその自署。



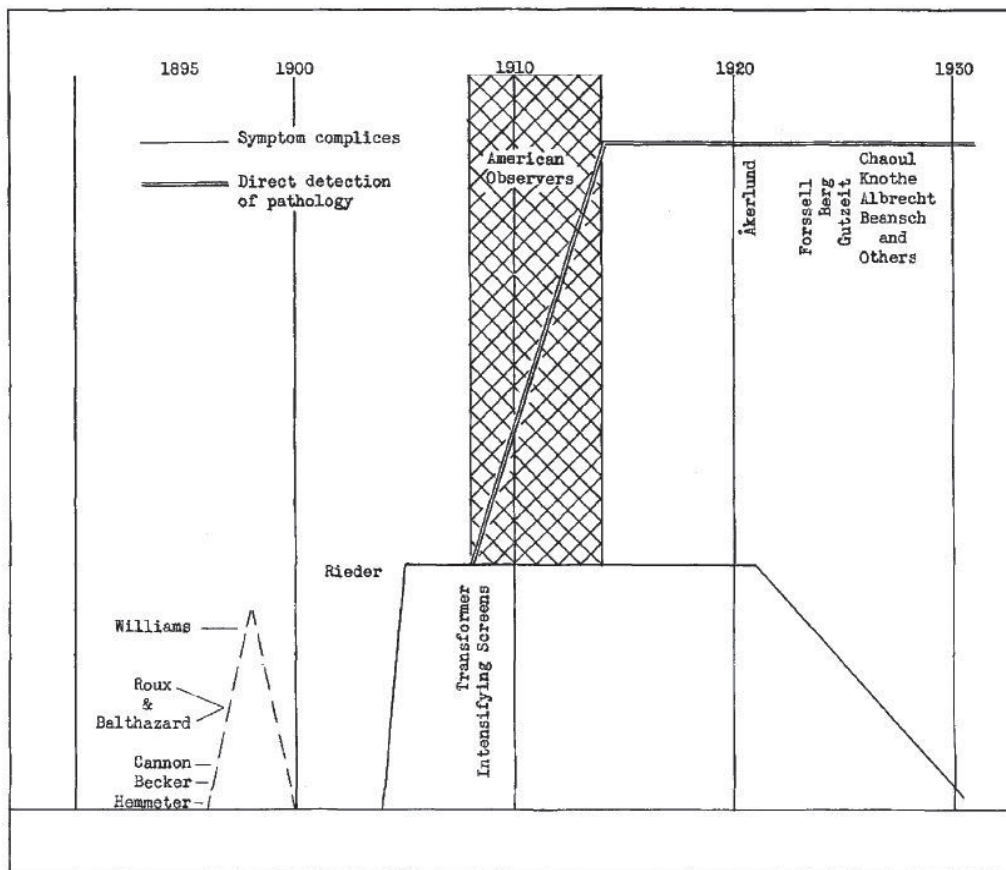


図2. 胃・球部病変のX線診断の経時的進歩. 1896~1900年, X線の利用と造影剤の研究が行なわれた. 1900~1904年の沈黙期を経て, 1904年, Riederの研究が消化管のX線研究を復興し, 初めてX線検査が診断に利用された. 病変の診断法はいわゆる「症状群」によるものであった. 満足な胃のX線写真を撮影できるようになったのは, トランスフォーマー (Snook装置) と増感紙が導入された1908年以降である. これで胃のX線診断は, 消化管壁の形態学的異常を直接描出することができるようになった. 1908~1914年は, 図の網掛け部分で示すように消化管診断のハイライト期 (red letter days) であった.

この時期, X線の発生, X線写真の技術は, 消化管検査には未成熟であった. X線の写真効果を増強する増感紙は, 科学実験には使われていたが, 消化管撮影には使用されていなかった. X線管に通電する方法は, 静電気装置とコイルの2つのみで, そのいずれも胃の蠕動運動によるボケを避けられるほど短時間に満足なX線撮影を行なうには非力であった. その意味で動きの遅い結腸の方が, 胃や小腸よりもX線撮影には向いていた. 腎結石の腹部撮影に15~20分を要することもあった. 1903~4年になると, 次第に装置が改良され, 撮影時間も15~20秒となって, 呼吸停止下に腎結石を撮影できるようになったが, 胃の蠕動を避けるには依然として不十分で, 胃のX線写真はボケが大きくほとんど診断的価値がなかった. しかしいずれの通電方法も, X線透視で胃の大きさ, 形状, 位置を観察したり, 粗大病変があればそれを見ることは可能であった.

米国における消化管X線診断の復興と発展は1905年に遡る. この年, ミュンヘンのRiederに学んだHulstは, ボルチモアで行なわれたAmerican Roentgen Ray Society (ARRS) 年次総会で, 消化管のX線写真を非公

式に発表した. 翌年, 彼はARRS会長講演として消化管のX線撮影法について, 豊富な症例を交えて包括的な発表を行なったが, これは非常に完成度の高いもので7年前にWilliamsが提唱した方法をあらためて推し進める結果となった. この発表で, Hulstは1897年の時点でビスマス懸濁液1オンスを使用した仕事のクレジットをWilliamsのものとしている. これはWilliamsの著書の359頁に触れられている.

#### トランスフォーマー (Snook装置) と増感紙の登場

Hulstが消化管X線撮影を復興させたこの1906年のARRS総会で, Snookが自ら開発, 実用化し, その後静電装置とコイルに置き換わるトランスフォーマー (Snook装置) の電気技術的詳細について発表した. Snookは1907年にこれを完成し, 増感紙の改良と相俟って, X線曝射時間は1秒以下となり, 胃の運動によるボケを除去することができるようになった.

Snook装置と増感紙の登場以前, ビスマスは濃い粥に混ぜて使われ, このため粘膜ヒダの間の溝を充盈できなかった. 詳細を描出できるX線写真が得られるようになり, ビスマスをバターミルクに溶かして使える

ようになったため、粥の場合と違って粘膜ヒダ間に進入するようになった。こうして初めて、ルチーン検査のX線写真で胃の粘膜ヒダを観察できるようになった。この方法によって胃内に大きく突出してその輪郭に不整、すなわち充盈欠損 (filling defect) をもたらす病変を診断できるようになった。限局性の攣縮や外部からの圧迫でも同様の充盈欠損が見られるが、攣縮による充盈欠損では、変形部分に粘膜ヒダが見える (図 3)。胃内の突出病変による充盈欠損ではこれが見えない (図 4)。このように、1908~9 年の時点で、その後記載されるようになる 4 つの基本所見のうち第 1 の所見=輪郭の変化と、第 4 の所見=粘膜パターンの変化が、胃癌の診断と鑑別診断においてきわめて重要と考えられるに至った。以後、消化管の X 線診断における X 線透視による症状群と、X 線撮影による形態所見の比較について、激しい議論が延々と続くことになる。

X 線撮影で観察される形態が診断所見として適当でないとする反対派の主な論点は、同じ胃であっても多くの X 線写真でその形状が大きくことなるため、1 枚の写真から結論を引き出せない、という所にあった。形態学の支持者は、できる限り高速に一連の連続撮影を行なうことでこの問題を解決する方向に進んだ。この結果、それまで短所とされていた輪郭の変化という問題は、大きな利点に転じた。以後、この胃壁の柔軟性は、胃の X 線診断を行なう上で重要なポイントとなり、一連の高速連続撮影は、「連続 X 線撮影法」(serial roentgenography) として一部で採用されるようになった。

1909 年、Kaestle, Rieder, Rosenthal は、「生体 X 線撮影法」(bio-roentgenography) という名称で、胃の X 線映画作成を試みた。彼らは正常人の X 線写真を並べて映画のように再構成し、胃の正常運動現象を描出した。George E. B. Brewer と、E. H. Harriman [訳注：アメリカの実業家、鉄道王] の主治医であった William G. Lyle 両氏の好意により、著者は Kaestle, Rieder, Rosenthal の X 線映画を見る機会を得た。この方法は正常胃の運動研究に利用されたが、その後著者がこの方法で作られた映画フィルムを目にした機会は 1 回のみである。ベルリンの Meyer など少数の例外を除いて、この方法はヨーロッパ大陸では実際的な消化管 X 線診断の方法としては受入れられなかった。

1909 年、著者はすべての消化管検査において、立位、腹臥位、右斜腹臥位のそれぞれで 10~12 枚を撮影する方法をルチーンの胃撮影法と、これを連続 X 線撮影法 (serial roentgenography) と称した。この言葉がしばしば意図的にせよ不注意にせよ誤用されていることから、ここであらためて胃の「連続 X 線撮影法」の意味するところを定義しておきたい。連続 X 線撮影法は、1 つの体位で 8 枚以上の一連の X 線撮影を行なうもので、間隔は 4~10 秒とし、胃の運動の全ての時相を描

出しようとするものである。これを有意なものとするには、2 つの体位、すなわち立位と腹臥位で、それぞれ 2 方向、すなわち後前像と斜位像を撮影する必要がある。連続 X 線撮影法は、十分な大きさの透光観察装置 (シャウカステン) でその全体ならびにそれぞれを比較して観察しないとその意義に乏しい (図 5,6)。

この頃、症状群法による診断はほぼヨーロッパ大陸に限られていた。直接法が急速に発展したこの時期の米国でも、それぞれの方法の支持者の間に多くの細かな論争があった。最も大きな戦いは、1912 年、シカゴにおける Mississippi Valley Medical Association の学会でのことであった。Skinner は大陸法の主唱者であった。当時 Mayo Clinic の放射線科医で Selby も同様で、X 線は骨、腎、胸部の検査には有用であるが、X 線透視や消化管診断の方法としては無意味であると口を揃えていた。筆者は直接法を支持するために、胃癌、胃潰瘍、幽門後潰瘍、胆嚢癒着などによる特徴的な消化管の変形が認められる一連の X 線写真を供覧し、特にその鑑別診断を問題とした。これによって 2 つ方法が全面対決し、この争いは長年に及んだ。Mayo Clinic で Selby の後任となった Carman は、消化管病変の診断の基礎として一群の「レントゲンサイン」を丹念に記載した。このレントゲンサインは症状群に含まれる所見を表わすものであったが、同時に、透視による粗大病変の直接的な診断も含んでいた。Carman は、米国における最後の症状群支持派であった。

初期の直接法主唱者の中でも Arial George は、他の誰よりも著者を、特に幽門後潰瘍の診断において支持してくれた 1 人で、この問題を巡る議論は 1913 年のボストンで台風の目となった。

連続 X 線撮影法が確立されていく中で、粘膜パターンが特に器質的疾患の診断、悪性病変と攣縮の鑑別において非常に重要であることが明らかとなってきた。X 線写真では、内腔に突出するものは輪郭の不整、すなわち「充盈欠損」として認められる。限局性の攣縮や外部からの圧迫でも同様の欠損を見るが、この場合は変形した部位に粘膜ヒダが認められる。内腔に突出した病変による充盈欠損では、粘膜ヒダの特徴的な欠損がある (図 4)。こうして 1909 年という早期に、4 つの基本所見のうち第 1 の所見=輪郭の変形と (図 4)、第 4 の所見=粘膜パターンの異常 (図 3) が、胃癌の鑑別診断に非常に重要であることがわかった。

そこで、粘膜パターンを増強するような特殊な技術が開発された。これは、ビスマスの薄い水溶液を使って胃前壁あるいは後壁に沈澱させる方法である。詳細については後述するが、ここでは粘膜パターンの特徴が重要であることを示す例を供覧する。図 7 に示す X 線写真は 1910 年 10 月 13 日に撮影されたもので、著者がこの特殊な方法で初めて胃粘膜パターンの描出を試



みたものである。最新の方法にくらべてもなかなか良い粘膜パターンが描出されている。

しばらくの間、連続X線撮影法と特殊粘膜法のいずれがルチーン検査として適しているかを定めるために、両者を同じ患者に用いてみた。中等度に充盈した連続X線撮影法は、はるかに包括的かつ高価であるが、特殊粘膜法よりも有用であると思われた。そこで連続X線撮影法をルチーン検査法として、特殊粘膜法は特定の症例で補助的に用いることになった。連続X線撮影法にも、粘膜法を適用した(図8)。

当時、パイオニア精神旺盛だった我々は、次から次へと新しい研究領域に移ったのでいちいち組織だったことはできなかった。当時はその後の研究がすべて物足りなく思えるほど、大きく輝いていた時代であった。この頃行なったことをあらためて振り返ると、過去20年間に付け加わったことはほとんどないように思える。その証拠にここに供覧する写真の多くは、この初期の研究で得られたX線写真である。

## 粘膜撮影法の歴史

さまざまな研究者が行なっている消化管粘膜の最新の描出法を良く理解することは、これを的確に診断するために必須である。1921年Åkerlundは直接法を再発見し、十二指腸潰瘍に関する長編のモノグラフを著わしたが、この中で潰瘍における「十二指腸球部」(duodenal bulb)の変形について詳しく論じている。彼は、X線写真上の形態変化と、手術や剖検で得られた標本に見られる変化の解剖学的対比に特に注目した。この研究は、「ヨーロッパ大陸の放射線科の仕事」として消化管X線診断学の新時代の端緒となり、消化管壁の形態的变化をX線で直接検出する方法が流行となった。これに伴って大陸では、米国では10年も前に決着がついていた症状群と直接所見の比較問題が再燃したのである。

Åkerlundは「薄層法」について述べ、球部を外部から圧迫することによって、造影剤は薄い層を残して球部から排除され、通常は見えない粘膜パターンや潰瘍のクレーターが見えるようになるとしている。1923年、BaastrapとRendichは、胃の粘膜ヒダを描出する特別な方法に関する論文を発表した。これらの研究は新たな出発点として迎えられ、研究者は粘膜に関心を持つ(mucosa conscious)ようになった。しかし、何か新しい考え方や手法が注目を浴びるようになる場合は、文献を読み返して何が本当に新しく、何が先行研究のリバイバルなのかを知ることは常に賢明なことである。

以下では、消化管X線検査の技術の歴史を経時的に述べるが、通常の手法の一般的な歴史については前章に述べたので、ここでは粘膜面の描出手法についてより詳しく見て行くことにする。

1904年、Riederは、ビスマス注腸後、患者に数分間立位をとらせると、水溶液から分離したビスマスが結腸のハウストラに沈澱し、ビスマス水溶液そのものを注入した時よりもハウストラが明瞭に見えることに気付いた。このことは、当時彼自身によって記録されている。

1906年、HolzknechtとBraunerは、胃の透視検査の準備段階として、次硝酸ビスマスの水溶液(次硝酸ビスマス10gを水50に溶解し、砂糖茶匙1杯を加えたもの)を使用した。立位で胃を触診すると、粘膜ヒダを描出することができた。この後、胃にビスマス溶液がまだ残っている状態で、発泡剤(酒石酸4~5g、重炭酸ナトリウム5~7gの混合物)を服用させて胃をガスで伸展した。通常の造影剤は、牛乳粥400gと次硝酸ビスマス35gの混合物であった。

1908年、これとは独立にF. M. GroedelとErich Meyerが、次硝酸ビスマスに替えて次炭酸ビスマスを推奨した。次硝酸ビスマスにはしばしば不純物が混在して、中毒の危険があった。

1909年、著者は粘膜ヒダを描出する目的で、胃の前壁、後壁の粘膜パターンを描出する特殊な方法として、次硝酸ビスマスの水溶液からの沈澱法(sedimentation)を応用した(図7, 8)。

1910年、BachemとGüntherは、硫酸バリウムを導入した。Canonは、1904年の時点で早くも硫酸バリウムを使用あるいは示唆している。

不透過塩と粥の混合物は硬いために、胃の粘膜ヒダを容易に充盈しない。このため1908年頃、米国では不透過塩をバターミルクに混ぜるようになった。これは液状の沈澱物のない液体となる。

1910年、Stillerは、ビスマス粥は比重が大きく、またビスマスが胃に収斂作用をもたらすとしてビスマス粥検査食を批判した。この問題については、その後数年にわたってかなり議論が続いた。

1911年、von Elischerはこの問題を解決すべく、高比重とビスマスの化学刺激を排して、胃が完全に描出できる範囲の最小限の造影剤で胃を検査した。彼はジルコニア75g、アラビアゴム粘液30~40ccを含む濃厚乳液を使用した。この乳液30~40cc(50~60g)を胃管を使って胃に注入し、患者を5~10分ずつ腹臥位の異なる体位にして造影剤が胃粘膜面に均等に分布するようにした。乳剤は胃の内面全面に分布し、粘膜ヒダを充盈していた。彼はこの方法は、この方法は通常の造影剤よりも胃腫瘍の輪郭をより明瞭に描出すると思った。また造影剤に加えて、空気による胃の膨張を併用した。

1913年、Forssellは、「X線不透過性がより低い造影剤を使用したり、造影剤を薄層に分布させると(von

Elischerの方法), 粘膜のレリーフが均一なX線像の中に見えるようになる」と述べている。1921年, ÅkerlundはForssellとともにこの薄層法を応用し, 外部から十二指腸球部を圧迫して球部から造影剤を排除して薄層が残るようにした。

1921年, EislerとLenkは直ちにこれと同じ方法を用いて, 少量のバリウム溶液を使い, 透視下に観察しながら外部から圧迫を加えて胃の内面(粘膜ヒダ)を描出した。

1923年6月, Baastrapはその論文で, 胃粘膜のX線撮影を行なう2つの方法を示した。第1の方法は, (Laurellが結腸の検査に推奨した方法のように) バリウム粉末で飽和した空気で胃を膨張させるものであった。しかしこれには困難が伴い, まもなく廃止された。1899年にEinhornが行なった粉末噴霧器の方法に似た方法である。第2の方法は, 1911年にKaufmannとKienböckがラットとヒトで行なった生理学的実験に基づくもので, この実験では最後に摂取した食物が最初に摂取した食物の内部に入ることが明らかとなった。「絶食状態の患者に, まず茶さじ半杯の硫酸バリウムを水に溶いてやや濃い目の乳液としたものを与え, そのしばらくして約7オンスの滑らかなやや濃厚で, シナモンあるいは砂糖で味付けした米粥を投与する。この時水分は投与しない。」

1923年, Rendichは, von Elischnerが記載したものに非常に良く似た濃厚乳液を使用した。50%アラビアゴム(粉末状アラビアゴムと水を等量に混ぜたもの)に, 等容量の次硝酸ビスマスを加えた。アラビアゴムの代わりにハチミツを試みたが不充分であった。この乳液を10°傾斜した体位で投与する。この論文でRendichは, 先行研究, 特に事実上全く同じvon Elschnerの研究に全く言及していない。また彼が陸軍訓練校在籍中に完全に精通したはずの, 著者の開発したビスマス水溶液から胃の前壁, 後壁に沈殿を得る方法についても記載していない。

Pribarm(1927年), Kleiber(1928年), Vallebona(1926年)は, バリウム溶液と空気による拡張を組み合わせた方法をあらためて採用した。PribarmとKleiberの仕事は十二指腸に限られたものであったが, HilpertとVallebonaは, 胃, 十二指腸球部いずれでもこれを行った。少量のバリウム溶液を投与し, 手動的圧迫により粘膜ヒダ間に分布させて, 胃管により(Pribarm, Kleiber, Hilpert), あるいは化学的な方法で(Vallebona)胃を膨張させる。この方法の欠点は, 胃, 十二指腸の拡張によって粘膜レリーフが減弱してしまうことである。

1927年, TrautnerとHoekcerは, 終端に薄いゴム風船を付けた胃管を胃に挿入した。風船を中等度に膨らませた状態で, 少量のバリウムを入れて, 風船と胃

壁の間を充盈した。

Åkerlund, Berg, Chaoulら3人の研究者の仕事にも注目すべきものがある。ÅkerlundとBergは造影剤として, バリウム3, 水4の割合に混合したものを使用した。Chaoulは, バリウム, トラガカント[訳注: 同名の植物から得られる樹脂ゴム], 水の混合物を使用した。いずれの場合も, 粘膜パターンが最適に描出されるように外部から造影剤を圧迫するところが手技の要点である。

Åkerlundは, 圧迫方法はできる限り簡単でなければならないとしている。彼はX線透視, X線撮影共用に設計されたForssellの透視装置を使用している。この透視装置の蛍光板は, これで患者を圧迫して所望の圧力の状態で固定できるようになっている。限局性に圧迫するために, Åkerlundは透視版と患者の間に硬い綿, ウール, コルクその他のX線透過性の物体を挿入している。その後彼は, 2つの圧迫法を開発した。その1つは, 蛍光板の裏に取付けられる円錐で, その終端にゴム風船がついている。風船を膨らませることによって微妙な圧力を加えることができる。もう1つは, 大きなX線管球と蛍光板に替えて精巧に設計された回転式Potter-Buckyグリッドとカセットを搭載したキャリアを備えたものである。撮影の都度, キャリアを引き出してカセットを再充填する必要がある, 高速, 頻回な撮影は不可能であった。

Bergも, 透視, 撮影共用の透視装置を使用した。圧迫は, 透視版の背面に装着された管球によって行った。この装置は, 透視中に撮影したい画像があると, ほぼ瞬間的にカセットが撮影位置に移動し, トランスフォーマーがX線撮影用にセットされ, 曝射することができた。

Chaoulは, 革製ベルトで固定されたゴム風船を使って, 透視下に圧迫した。患者をCole式撮影台と同じような撮影台, 間接透視台上に腹臥位として, 連続X線撮影を行った。Chaoulは位置決めとゴム風船による圧迫のコントロール目的にのみ透視を使用した。

## 結腸

結腸のX線検査の共通手技は, 結腸を造影浣腸液で完全に充盈する方法である。この方法はRiederが発明したものである(1904)。造影剤の成分に改良が加えられてきたが, 現在もルチーン検査法となっている。Laurell(1921), A. W. Fischer(1923)は, 造影剤と空気の併用を推奨した。Laurellは, 結腸をバリウム造影剤で充盈した状態で空気を注入した。Fischerの方法では, バリウム浣腸後, 浣腸液を排出させると少量のバリウム液が腸内に残存する。ここで結腸に空気を注入する。造影剤が結腸壁を覆って残っているため, 空気で拡張した結腸の陰影に対して明瞭に見えるようになる。こ



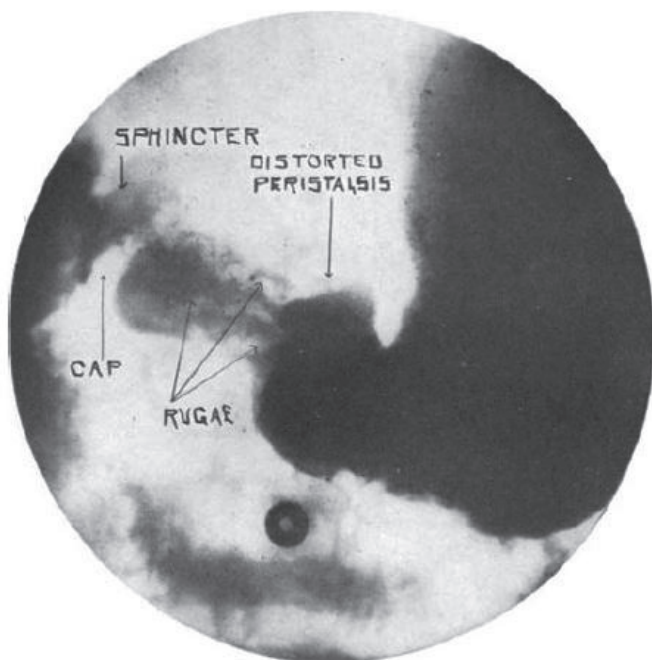


Fig. 3. Spasm of the stomach.

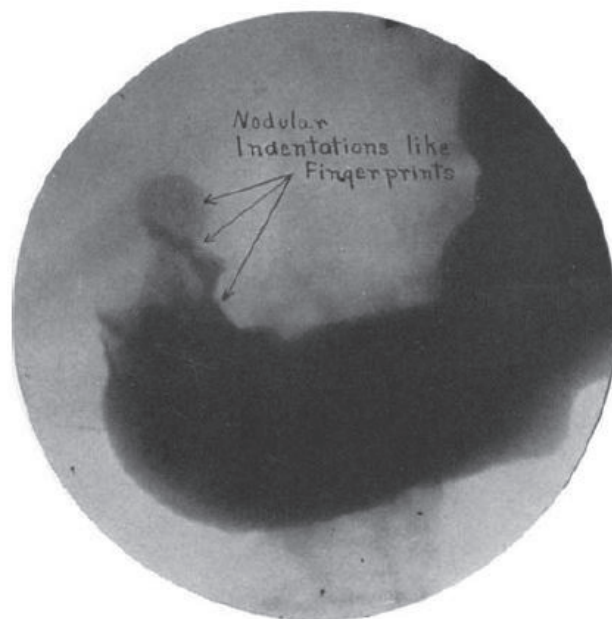


Fig. 4. Cancer of the stomach.

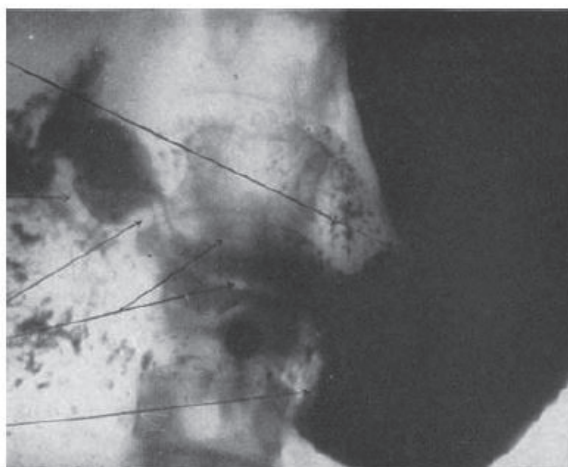


Fig. 3'. Spasm of the stomach.

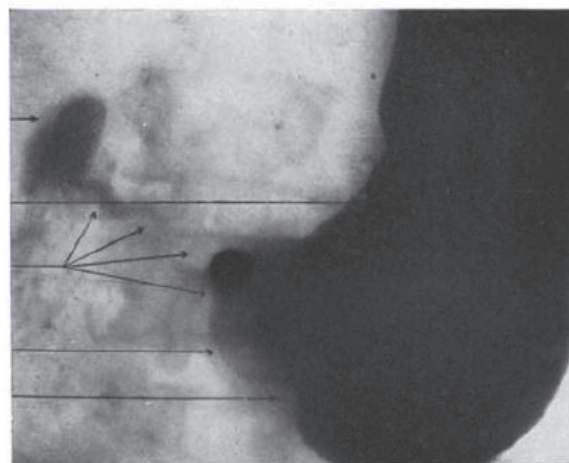
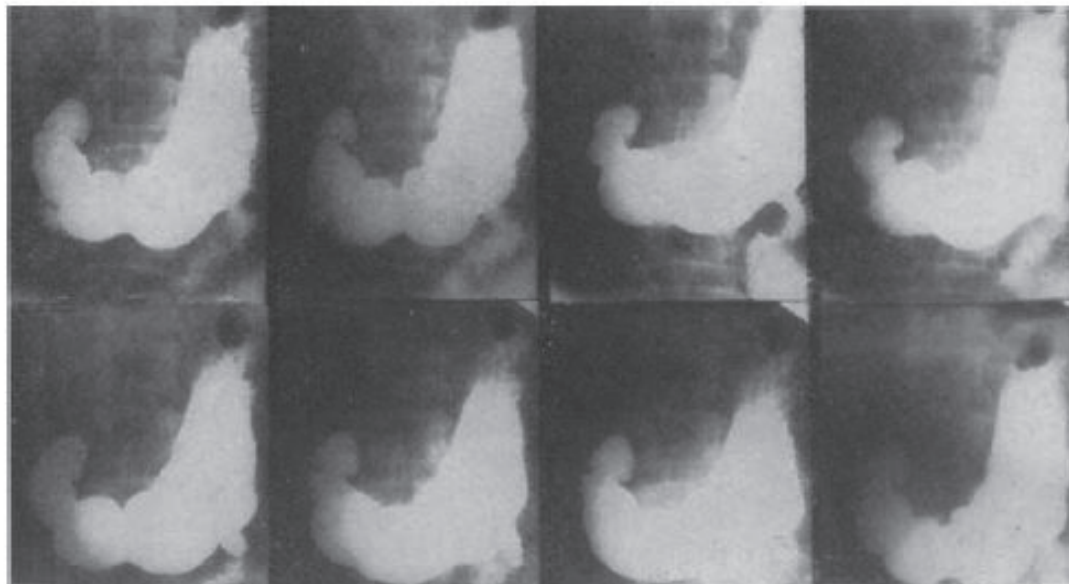
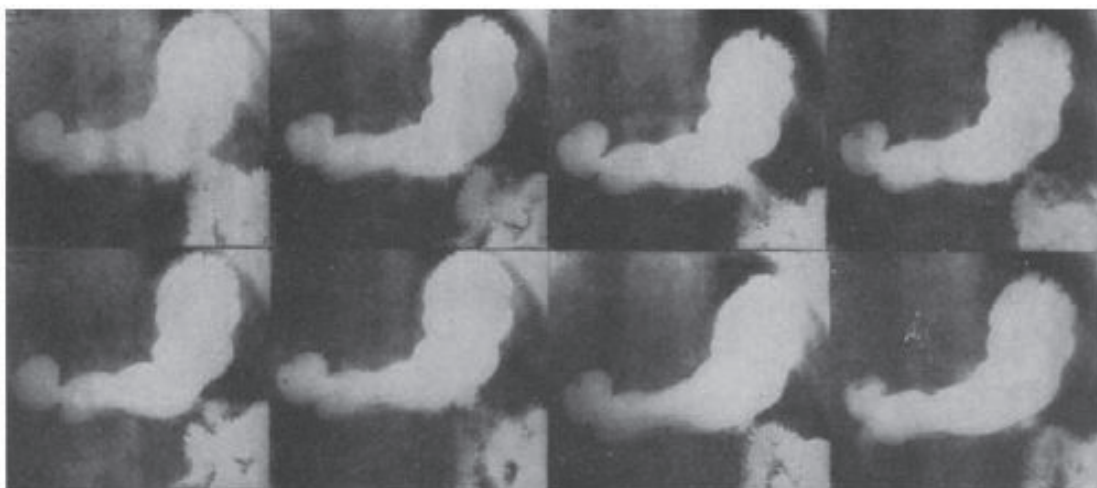


Fig. 4'. Cancer of the stomach.

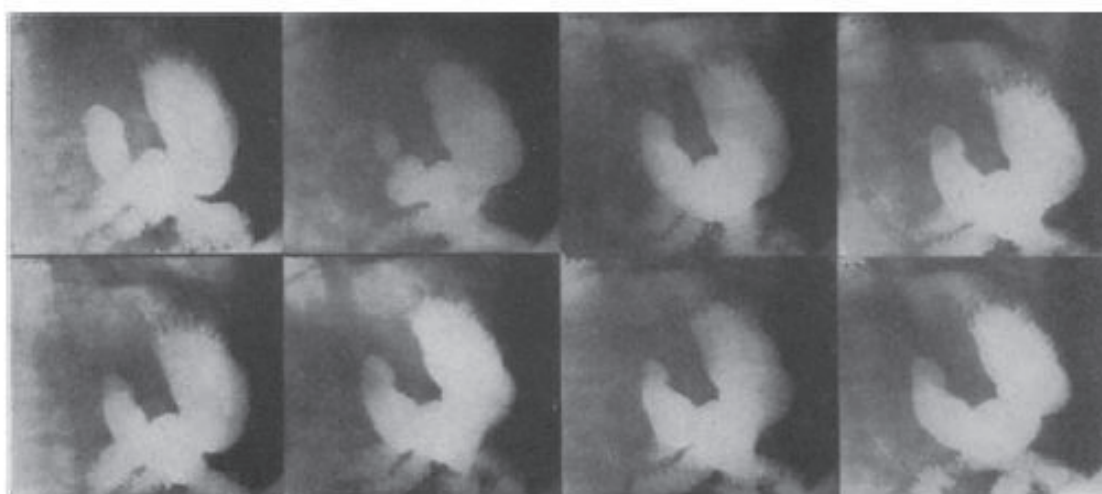
図 3,3'. 胃の攣縮. 図 4,4'. 胃癌. いずれも充盈欠損が見られるが, 図 3, 3' は胃の攣縮によるもので, 粘膜ヒダが通常よりも明瞭に見える. 図 4, 4' は内腔に突出する胃癌によるもので, 病変部の粘膜ヒダが全く失われている. 写真はいずれも 1912 年に発表したもので, 同じ原版から焼き付けたもの.



Erect



Prone



Prone oblique

図 5. 胃の連続 X 線撮影. 立位後前像, 腹臥位後前像, 腹臥位斜位像.





図 6. バリウムの小腸、大腸の通過を示す X 線写真. 造影剤による浣腸とその排出後の検査. 図 5 とともに著者が連続 X 線撮影とする原法.

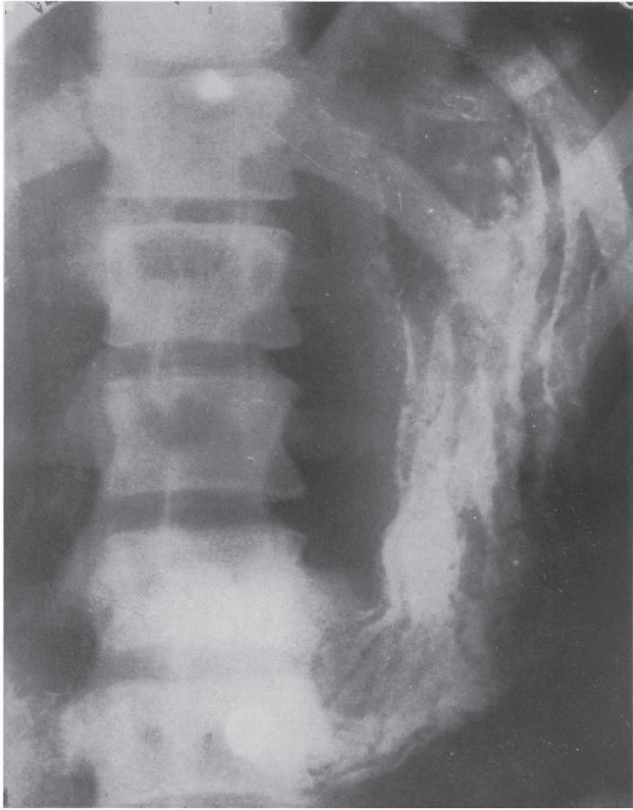


図7. Mr. S. 1910年10月13日. 著者が特殊撮影法によって胃粘膜パターンの描出を試みた症例. 次硝酸ビスマス溶液 1g と水 4 オンスを服用後, 20 分間腹臥位とし, 重いビスマスが粘膜ヒダ間の溝に溶液から沈澱した状態.

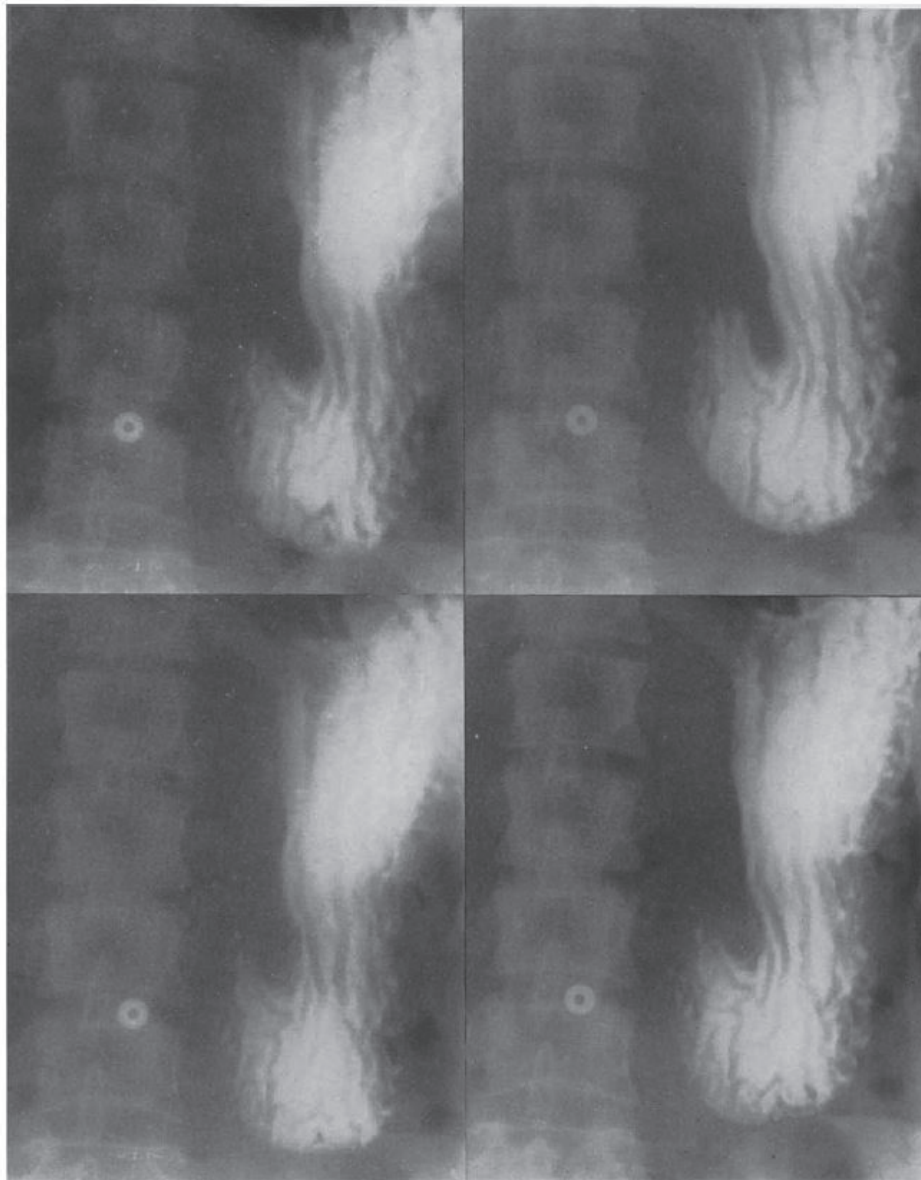


図8. 図7に示した特殊撮影法による連続X線撮影. 蠕動運動を除けば粘膜ヒダは一定の位置にある.



の方法では、もちろん結腸内腔の表面は伸展されるので、粘膜のヒダの描出は最小限になる。

浣腸液の排出後の検査法としてより一般的な方法は、結腸が収縮して、収縮した部位に残存する造影剤の薄層によって粘膜ヒダが最も良く見える時期に撮影する方法である。この方法は、Knothe, Berg, Fischer, Pansdorfらの他、Frick, Blühbaum, Kalkbrennerらによって広く行われているもので、著者も1915年以来ルチーン検査として行っている。

以下の章では、我々自身が有用であると考える撮影法、原理の梗概を述べる。次の4項目にわけて議論する事とする。

- (1) 装置—連続X線撮影法の技術
- (2) 患者前処置
- (3) X線不透過性物質(造影剤)の選択、撮影方向と体位
- (4) X線撮影

### (1) 装置—連続X線撮影法の技術

連続X線撮影において必要とされる曝射の数を考えると、経済的理由からX線写真は検査部位を表示するのに十分な程度に小さいことが必要である。球部や弁を写した著しく小さなフィルムは、胃全体を写した大きな補助的なフィルムがなければ不十分である。胃全体を写すには、6 1/2 × 8 1/2 インチ程度のものを使用したが、8 × 10の方が好ましい。我々は大きな1枚のフィルムに多数の像を写すよりも、それぞれを1枚のフィルムに写すようにしている。大きなフィルムに多数を写す方法は、現像の手間を減らすために使用している放射線科医もある。その場合は、あとで大きなフィルムを1枚づつ小さく切って、あとから重ねられるようにするべきである。

小さなフィルムを使用する場合は、胃を透視の中央に捉えるようにできる何らかの装置が必要である。鏡を45度傾けて取付けた反射蛍光板が、特に腹臥位の場合は最も好適、最も安全である。我々はこの装置を消化管撮影の初期から段階的に開発し、著者の関与している施設では少なくともその最も基本的なものは備えているので、これ無しに連続X線撮影法を行なうことがいかに難しいかをあまり実感できなかった。しかし、1924年に著者の施設が火災となり、しばらく間この装置なしで連続X線撮影を行なう必要に迫られた際に初めて、このような胃の位置を合わせてフィルムやカセットを交換する装置が無いといかに大変か実感した。

なぜ装置メーカーは、我々が長年にわたってオリジナル装置に不都合を加えることなく使用してきた簡単な装置を製造しようとししないのか、放射線科医は45度反射鏡と簡単なフィルム交換装置を使おうとししないのか、また最近ARRSでGrierが発表したような実用性

に乏しい複雑な方法をいろいろ試みようとするのか、理解しがたい謎である。

著者自身の施設で使用している連続撮影装置(図9)は、1924年の火災後に急ごしらえとして作ったものであるが、以来これを使用している。非常に簡単で大工なら誰でも作れるようなものなので、装置メーカーの興味を引かなかった。これは高さ40インチ、幅36インチ、長さ7フィートの箱型で、操作室との間の壁やパーティションに接して設置する。図10に構造の詳細を示す。

標準的なカセットを明室で使用できる。暗室の場合は増感紙1枚で良いが、明室の場合はカセット6~8個、増感紙12~16枚が必要である。患者を検査台の足下で立位で撮影する場合も、同じ原理である。

我々の1人(C.I.H)はさらに精巧な連続X線撮影台を設計した。これは暗室なしでも使えるが、暗室で使う場合はカセットが必要である(図11)。

非常に単純な装置で、20 × 24 インチ、深さ10インチの箱型をしており、一端は開放されており、天板にはベークライトのパネルがはめ込まれている。蛍光板の画像を反射する鏡、カセットを患者の下面に挿入する水平棚を備え、非常に簡単な構造である(図12)。両端には上面に畳み込める木板がついており、どのような検査台にも置くことができ、使用しないときは木板を折り返して床に置き、椅子や踏み台として便利に使える。この装置は第1総合病院に初めて設置され、「Baby Grand」(大きな赤ん坊)と愛称された。

連続X線撮影装置の価値は、すべてのフィルムを一望できる透光観察装置がなければ半減する。このため、少なくとも40インチ × 8フィートの観察装置が必要である。

Fifth Avenue Hospital の Joseph Purcell Memorial Laboratory には、彼の妻 Anna Purcell の厚意によってさらに精巧な連続撮影装置が設置され、消化管の動画を幅10インチのロールフィルムに記録することができた。フィルムの縁に穴があいており、曝射毎に10インチ移動することができた。自動車のギアシフトと同じようなサイズ、構造の装置によって、幾つかの速度を選択できた。撮影間隔は、4枚/秒、3枚/秒、2枚/秒、1枚/秒、1枚/2秒のほか、任意の間隔で1枚ずつ撮影することもできた。この装置は、腹臥位、仰臥位、立位で使用できた。これを図13、14に示す。大きなフィルムは標準の31mm(図15)あるいは準標準の16mmフィルムに落とし、標準あるいは準標準の映写機で投影し、胃のみならず小腸の動き、それぞれの動きの速さの関係を知ることができた(このフィルムは1931年7月、パリの第3回国際放射線学会で供覧した)。

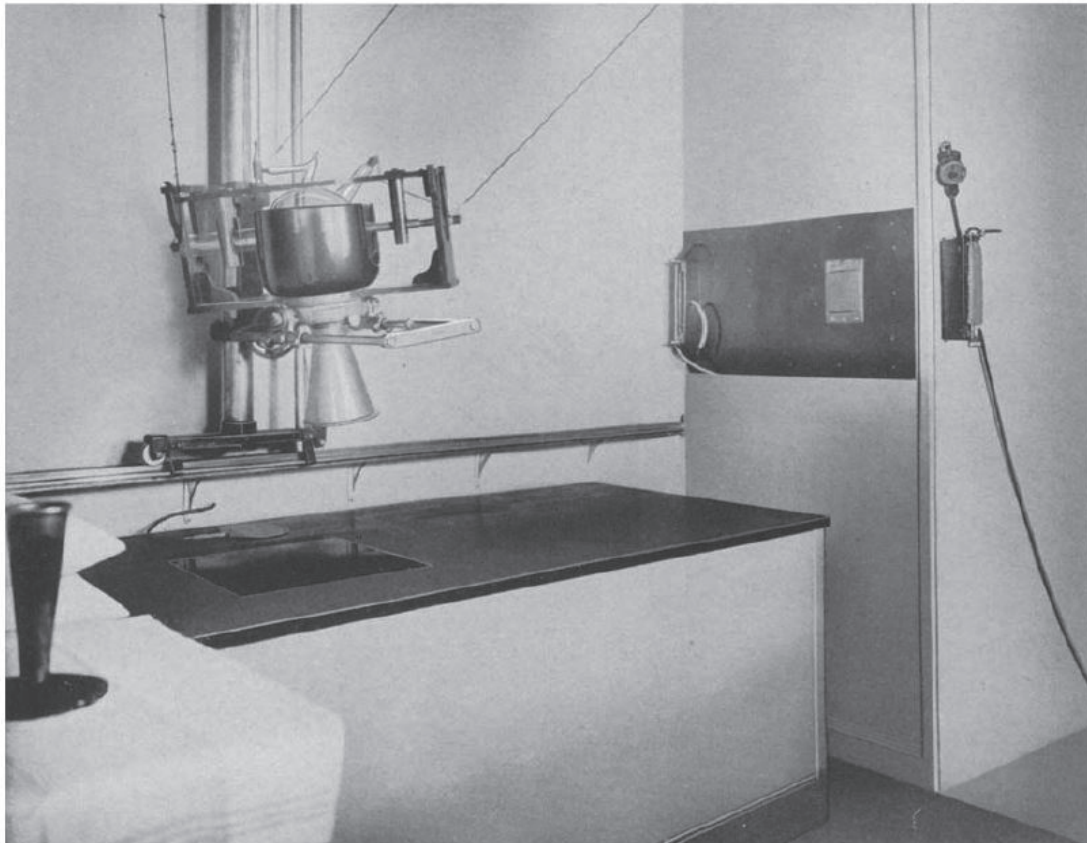


図9. 連続X線撮影台。1924年の火災のあと急ごしらえしたものであるが、以来恒常的に使用している。高さ40インチ、幅36インチ、長さ7フィートの箱型で、壁の向こう側に暗室がある。検査台上面のベークライト板は、フィルム交換装置（図10の断面図に詳細を示す）の上面となっている。

検査台の端の壁にあるベークライト板の向こう側に、立位撮影で連続X線撮影を行なうためのフィルム交換装置がある。この交換装置は、カセットを壁にはめ込んだもので、Headlandの設計、製作になるModel Table（図10）の立位フィルム交換装置に良く似たものである。カセットの背面はベークライト板でできており、前面に後部増感紙、背面に蛍光板がある。蛍光板は鉛ガラスで覆われている。患者はベルトで図の位置にしっかり固定する。ベルトホルダーは、ベルトの角度が急すぎてはずれてしまわないように壁から離してある。右側のホルダーはラチェット機構があり、蝶番に取付けられているため、写真の位置に片付けることができる。

Headlandの設計、製作になる圧迫装置の一部が、壁の端のベークライト板から飛びだしているところの一部見えている。構造の詳細は図16、17に示す。手前にある小さな撮影筒は、小さな圧迫撮影を行ない、距離24cmで3 1/4 × 4インチのフィルムに焼くときに使用する。

ベークライト板の後ろに置いてある小さなゴム風船は、腹臥位用装置、立位用装置のいずれでも、ゴム管の先に取り付けることができ、胃、結腸など比較的大きな範囲を圧迫するために、操作室から透視下に膨らませて使用する。

曝射は操作室あるいは撮影室いずれからでも可能で、撮影室の場合は壁からぶら下がっているスイッチを使う。

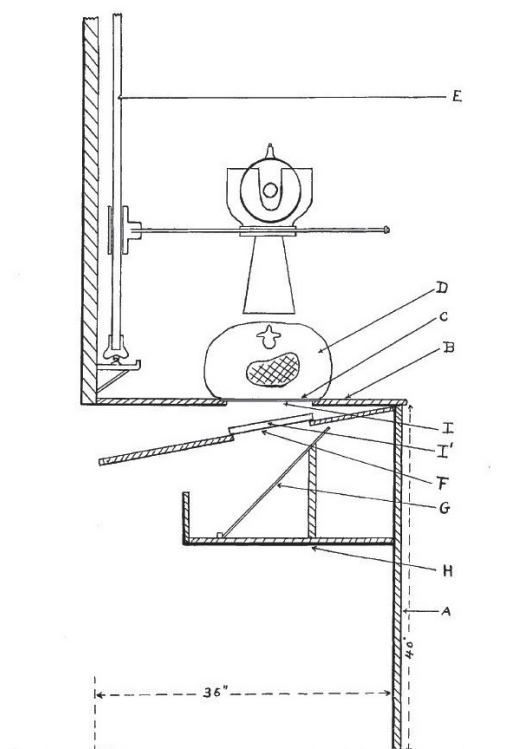


図10. 図9に示す連続撮影検査台の断面図。A. 40インチ×36インチ×7フィートの木箱、B. 木製天板、C. 天板にはめ込まれたベークライト板、D. 腹臥位の患者の断面、E. 側壁のレールに取付けたX線管球スタンド、F. 蛍光板（下側が表面）、G. 蛍光板を観察する鏡、H. 術者を散乱線から保護する鉛を貼った箱、I. 増感紙（下側が表面）、I'：増感紙（上側が表面）、IおよびI'は、暗室でカセットにフィルムを入れない場合に使用する。標準的なカセットはどれも明室で使用できる。暗室の場合は、増感紙は1組で良い。明室の場合はカセット6～8個、増感紙12～16枚が必要である。立位の場合も、検査台の端に患者を立たせ同じようにする。検査台と照射される壁には鉛が貼られている（図中の太線）。



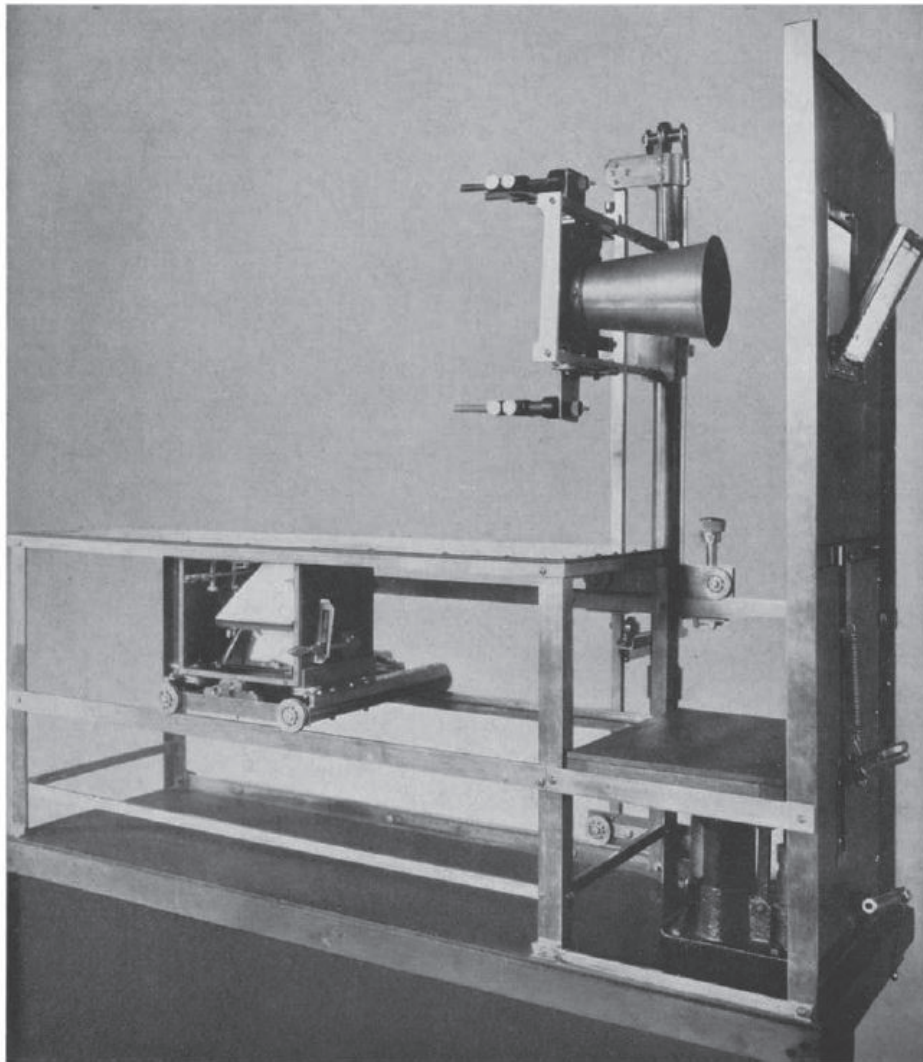


図 11. C. I. Headland が設計，製作した連続 X 線撮影検査台。暗室内で使用するか，あるいは暗室の壁の一部として設置する。

腹臥位用フィルム交換装置は，可動式の蝶番つきの棚があり，上段に後部増感紙，下段に蛍光板を入れる。増感紙が見えるように開けてある。その下には 45 度に傾けた鏡があり，鏡には蛍光板が映っている。この箱は，装置を上下左右に動かしても，撮影筒が自動的に増感紙，蛍光板の中央にくるように X 線管球と連動している。従って，管球支持台とフィルム交換装置が一体として動くことにより，患者を動かすことなく胃を中央部に捉えることができる。

立位撮影では，患者は検査台の端の台の上に，鉛を貼った垂直パネルに向かって立つ。検査台は油圧式昇降機に取付けられており，垂直パネルの 2 本のレバーの操作で上下する。垂直パネルに組込んだフィルム交換装置をはカセットで，その裏は増感紙の後ろにあるベークライト板になっており，さらにその裏側に鉛ガラスで覆った蛍光板がある。

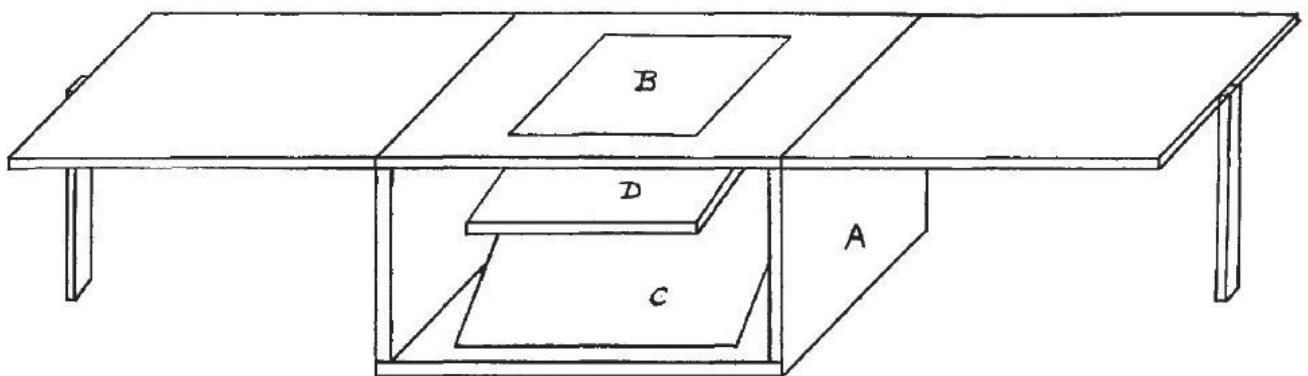


図 12. 最も簡単な連続 X 線撮影用検査台。最初に性 S 比吸収率，Base Hospital No.1 で実際に使われたもの。A. 平たい木製の箱，B. 箱の上部にはめこんだベークライト板，C. 透視画像を映す 45 度傾いた鏡，D. 箱の裏側に蝶番にでとめた可動性木棚。蛍光板はこの棚の下面にあり，蛍光面が鏡に面している。カセットを木棚の上面に挿入し，棚を手動あるいは固定装置で上げると，カセットがベークライト板の下面に密着する。箱の両端には，患者の体を支持する木板がある。この木板は箱の長さより短く，蝶番で留められており，使用しない時は箱の上面に畳んでおき，装置全体を踏み台あるいは椅子として使える。

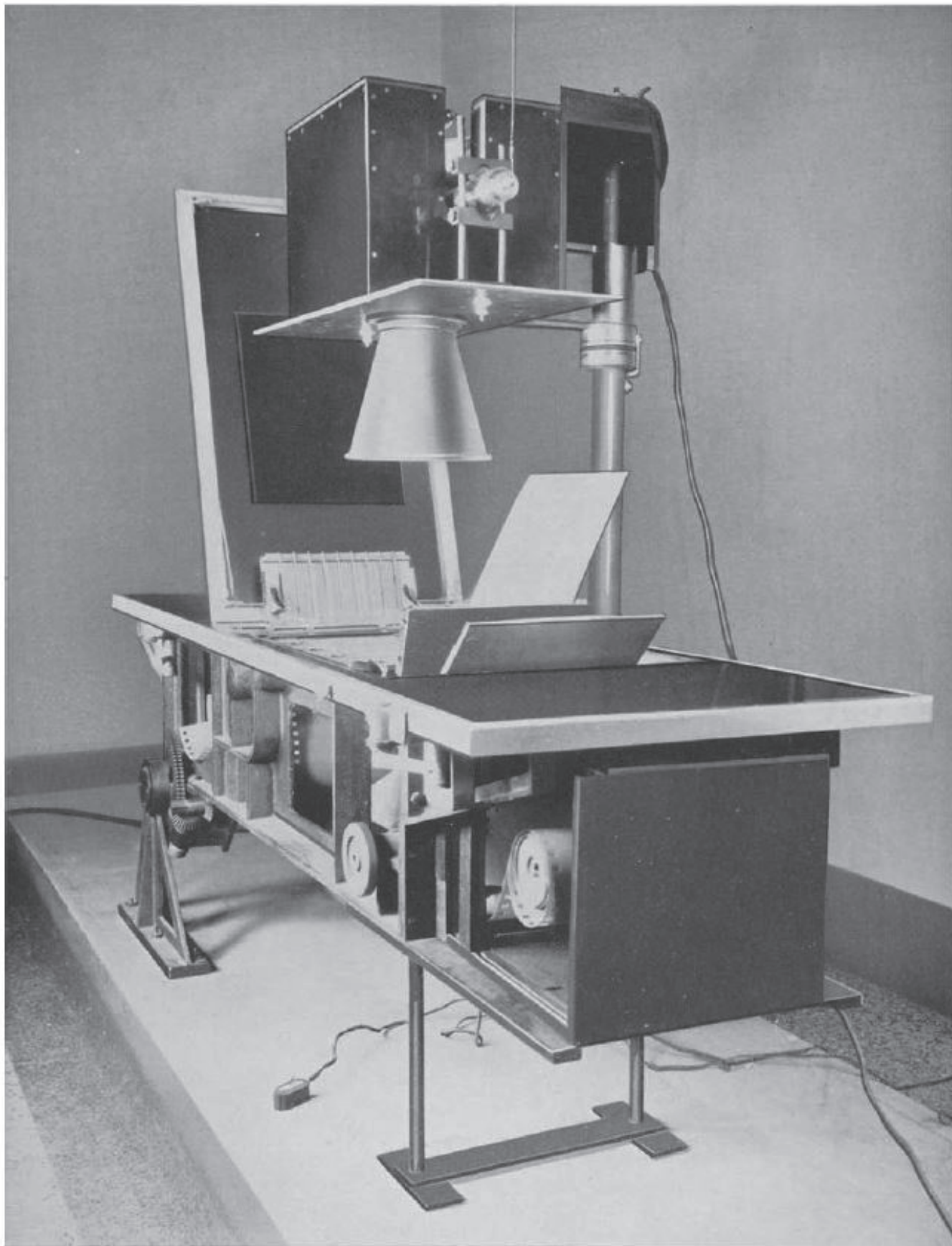


図 13. X 線映画撮影装置。幅 10 インチの穴あきフィルムを、標準的な映画カメラが小さなフィルムを駆動するのと全く同じ方法で動かすように設計されている。ニューヨークの Fifth Avenue Hospital の Joseph Purcell Memorial Laboratory に設置されたもの。この装置により、我々は図 15 に示すように胃運動を本格的な映画フィルムに収めることができた。

未使用フィルムはマガジンに入れて検査台の端の下に収納されている。フィルムは、スプロケット付きホイールに巻いた後、増感紙との間、ローラーを通過して検査台の端のもうひとつのマガジンに入る。この写真では、フィルムをセットするために蓋を開けてある。装置の蓋と検査台の天板を占めると、図 14 のようになる。検査台の端のギアによって、水平から垂直位まで任意の角度で撮影できる。



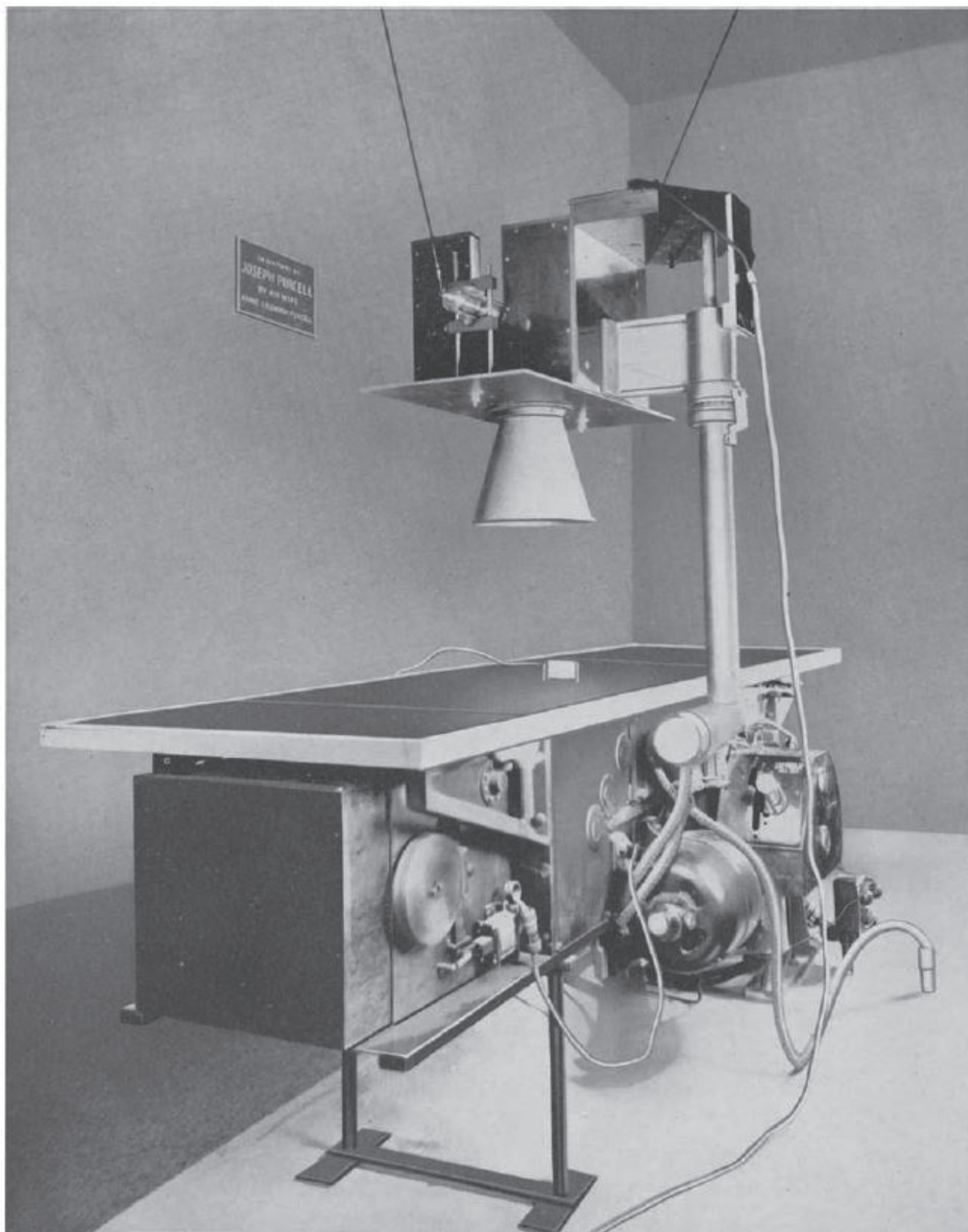


図 14. X 線映画撮影装置。蓋を閉めて撮影準備が整ったところ。X 線管球は、放射線防護箱内に収められている。撮影タイミングは、X 線管球支持台の上部にあるスイッチで行ない、これによって一次電流、二次電流いずれもオン / オフできる。手前にあるのが機械部分を駆動するモーターで、その後ろには自動車ギアシフトと同じような大きさ、形状の変速装置があり、これによって異なる速度の連続映画を撮影できる。

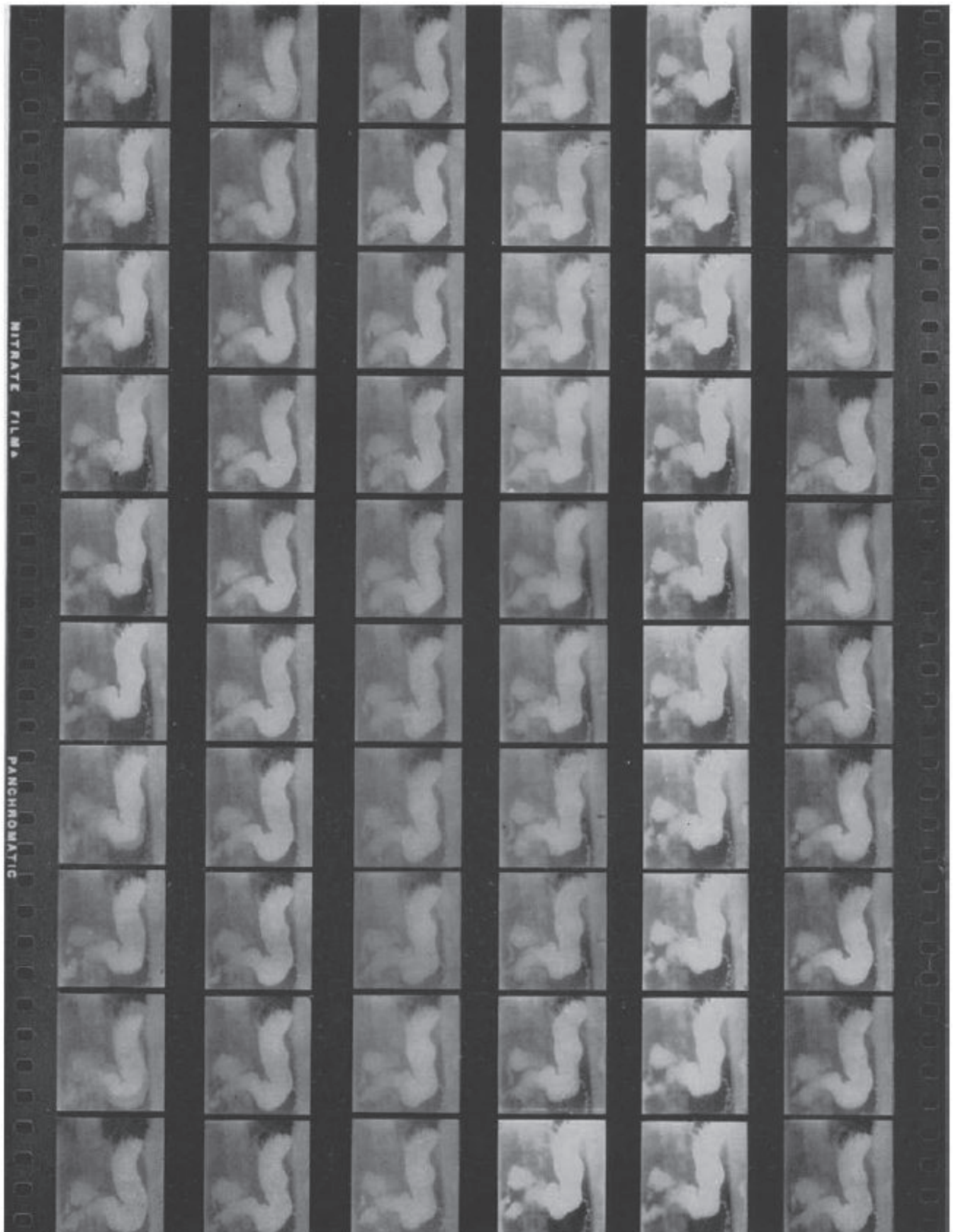


図 15. 胃の X 線映画フィルムの一部. 図 13, 14 の装置で撮影したもの.



## (2) 患者前処置

食道、胃、小腸の検査では、患者は一晩禁食とし、下剤は使用しない。このような処置を行ない、閉塞のない例でも、胃内に少量の食残を見ることは少なくない。その場合は、禁食期間を長くする必要がある。胃洗浄あるいは検査食排出後に、少量の洗浄液や検査食が残存していると、バリウム陰影の輪郭がボケてしまう。これは「薄層法」によって粘膜表面を検査する場合に特に問題となる。食残、粘液、気泡などはいずれも詳細像を完全に破壊して解釈に窮するまだらな像の原因となりうる。注腸による結腸、小腸の検査では、完全な浣腸が必要で、ヒマシ油(1~2オンス)が望ましい。浣腸は検査の24時間前に行なうと良い。24時間待つことにより、下剤の攣縮効果がおさまり、注腸に際して攣縮に悩まされることがなくなる。禁食は必須ではない。

結腸の場合、胃と同じように食残(便)の存在は粘膜詳細像を破壊するまだらな像の原因となり、偽病変を作ることもある。浣腸によって結腸を完全に空虚にしようとは考えられない。便塊をすべて排出できないだけでなく、浣腸液の一部も残存して腸管内容の残存と同様に問題となる。

## (3) X線不透過性物質(造影剤)の選択、 撮影方向と体位

造影剤としては、いずれの消化管のについても化学的に純粋な硫酸バリウムをルチーンに使用している。我々は1回投与として、その消化管全長にわたる移動を追跡している。これによって胃の排出時間、消化管全長の状態、小腸、結腸における進捗を知ることができる。結腸に閉塞性病変が疑われる場合は、経口バリウム検査の前にバリウム注腸検査を行なうべきである。

食道：食道の検査には、濃厚なバリウムペーストと水を使用している。非常に濃いため、唾液と混合しないと飲み込めない。この濃厚なペーストは、食道をゆっくりと下降し、その一部は立位でもかなり長時間にわたって食道内に残存する。立位あるいは仰臥位で、X線透視、X線撮影を行なう。通常の検査で食道を充分充盈するには、仰臥位で投与すると良い。食道の蠕動の検査では、Palugyayは骨盤を肩の高さまで挙上し、ペーストが傾斜面を上行するようにする方法を行なっている。

食道の検査では、前後像および両斜位像を撮影して、ちょうど木の周りを回るようにその輪郭を知る必要がある。

薄層による粘膜面の描出は、粘膜ヒダ間の造影剤の貯溜、あるいは粘膜面への付着に依存し、これをコントロールすることは難しい。最も良い方法は、非常に少量(茶匙1杯程度)の濃厚ペーストを使用することで

あると考えている。通常これで粘膜ヒダ上、粘膜ヒダ間を薄く覆うに十分である。

バリウム食：バリウム8重量オンス、水5重量オンスを混合したバリウム食を投与すると、胃の輪郭は最も良好である。この量(7容積オンス)は他の報告に比べると少ないが、これで十分である。胃を過伸展すると、胃や球部の描出が不十分になるだけでなく、胃が上部小腸を不必要に隠してしまうので好ましくない。この量であれば、胃陰影の輪郭は非常に明瞭である。

胃のさまざまな輪郭を描出するために、後前像、右斜位、左斜位を撮影する。右斜位(第1斜位)は、患者の右側をフィルムにつける。左斜位(第2斜位)は、患者の左側をフィルムにつける。

斜位撮影は、立位あるいは腹臥位とする。立位の方が、胃の前壁、後壁の輪郭が明瞭になるので好ましいと考えている。腹臥位斜位撮影では、胃の回転、側方変位が認められる。

立位撮影は、バリウム食投与直後、球部、遠位部が充盈する前に行なう。立位撮影における失敗の主な原因は、透視検査のために撮影が遅れ、胃壁の筋が緊張を失ってバリウムを一塊として保持できなくなることである。外部刺激、例えば手ではいたり、冷水をかけるだけでも緊張の低下、蠕動が初期から誘発されることがある。

仰臥位をとると、胃内容はほとんど穹隆部に逆流する。この体位は、拡張した状態で胃の上部を検査したい場合には非常に有用である。

## 小腸

小腸のX線検査には、同様に中等度に濃厚な硫酸バリウムと水の混合物(8:5)が最も適している。小腸のX線画像を得るには、下記の条件を満たす必要がある。

(1) 造影剤が、胃を比較的短時間に、均一な速度で通過すること

(2) 造影剤が、小腸を均等に、しかしできるだけゆっくりと通過するような硬さであること

(3) 小腸の各部位について、そこが最も良く充盈されている状態が見えるような間隔で撮影すること。通常、バリウム食投与後、1.5時間、2時間、4時間、6時間後に撮影するが、必要に応じてより頻繁に撮影する。

小腸のすぐれたX線写真を撮影するには、バリウムを懸濁する溶媒に栄養価がないことが絶対的に必要である。従ってバターミルク、麦芽乳、香料エキスなどは不可である。禁食は必須である。

小腸のX線検査は、必ず腹臥位で行う。腹臥位と立位で比較したところ、以下のことが明らかとなった。

- (1) 小腸の位置は、いずれの体位でもほとんど変化しない。
- (2) 小腸ループは、腹臥位の方が明瞭に見える
- (3) 腹臥位でも、小腸に明らかな変形は来たさない

しかし、小腸の位置に関する前述の内容は、バリウムを使用した場合に当てはまることであることに留意する必要がある。小腸ループのガスや閉塞による拡張の有無を調べる場合には、腸管内液面形成を見ることが出来る立位が非常に有用である。

Pansdorfはこの方法に多少手を加え、バリウムを1回に投与せず、患者に10～15分毎に1口ずつ飲み込ませた。この場合、腸管内の造影剤の量が減り、腸管径を観察するには不適である。

結腸は、バリウム服用後毎日撮影することにより、バリウムの移動を追跡できる。

### 胃の粘膜パターンの描出

粘膜パターンの描出は基本的に、造影剤が粘膜ヒダの間の溝に均等に分布することに依存する。これには2つの方法がある。(1) 薄い溶液を中等量使用して、粘膜ヒダによる溶液が弾かれる状態を観察する方法と、(2) 薄層法である。

第1の方法では、均一な白い胃の陰影の中に、相対的に透過性の低い洗浄陰影がヒダとして認められる。この方法は、造影剤の量が少ないために全体に鮮明度が低下する欠点がある。

薄層法にはいくつかの方法がある。大量あるいは少量のバリウムを外部から圧迫して胃や球部の局所から排し、粘膜ヒダ間の溝に存在する造影剤の厚い層を隠さない程度の薄い層を残すようにするのが一つである

より一般的で良い結果が得られるのは、溝は充盈するがヒダを覆わない程度の量のバリウム(8:5)を投与する方法である。バリウムが少なすぎると、溝の一部が充盈されない。多すぎるとヒダの頂部にバリウムがかぶってしまい、X線写真全体が不明瞭になってしまう。

この方法で最も難しいのは、少量のバリウム混合物を胃内に十分分布させることにある。粘膜ヒダを最も明瞭にし、粘膜パターンを強調できるために特別な方法が開発されている。

少量のバリウムを投与すると小彎に沿って通過するので、この部分は胃道(gastric pathway)と呼ばれているが、バリウムはここから滴下して大彎のヒダ内に入る。最終的には前庭部にバリウムが貯溜し、その一部は球部に達する。この方法は、胃の運動機能が正常であることが前提である。研究者の多くは、検者にさまざまな体位をとらせてバリウムの重力に従って粘膜溝に流れ込むように工夫している。腹壁を透視下あるいは盲

目的に手で強くマッサージして、バリウムを粘膜表面に拡散、塗布することにより自然の力を補助する研究者もある。

### 沈澱による造影剤の分布

この方法は、著者が前述の特殊な粘膜面の描出法を開発する試みの中で生まれたものである。まず、水平な検査台上で腹臥位にした患者に、水4オンスに次硝酸ビスマスあるいは次炭酸ビスマス1gをいれた溶液を管で飲ませる。この量の水溶液で、胃は中等度に拡張する。15～20分でビスマスは胃前壁のヒダ間の溝に沈澱する。ビスマス溶液の量が適切であれば、ヒダ間の溝をちょうど充盈して図7、図8のような像が得られる。水4オンスに混ぜるビスマスが多すぎると、溝から溢れて粘膜ヒダが覆われ不満足な結果となる。本法の変法として、水8オンス(120cc)、ビスマス1gの水溶液で、胃をより完全に充盈する方法がある。このように水が多いと粘膜ヒダは平坦化して、ビスマスは比較的滑らかな表面に沈澱する。次いで細い管で水を吸引する。胃は縮小し、粘膜が折りたたまれてビスマスはヒダ間の溝に封印される。必要量の乾燥ビスマスを舌の上に置いて、4オンスあるいは8オンスの水で飲み干すと、ビスマスの沈澱が加速されることがわかった。

粘液を溶解する目的でアルカリ液で胃を事前に洗浄したところ、さらに良好な結果が得られた。後壁の粘膜も同様に、患者を仰臥位にすることによって描出できる。

### バリウム浣腸

我々は、硫酸バリウムをアラビアゴムの水に溶かした溶液を使用している。硫酸バリウム10重量オンス、アラビアゴム7オンス、水32オンスを混合する。これを注腸前に体温まで加温しておく。浣腸用ゴム管の端に漏斗をつけ、重力で注入する。漏斗を使うことにより、溶液の注入速度をみることが出来る。漏斗への逆流は、結腸の一時的な収縮、攣縮によるものである。注入は緩徐に低圧で行なう。この方法に則れば、正常結腸を間違いなく完全に充盈することができる。透視下に観察して、盲腸が充盈されたらただちに注入を終える。結腸の過伸展は不利益が多い。

結腸が完全に充盈されたら、患者を腹臥位とし、後前方向で撮影する。腸管の他の部位と同じく、幾つかの角度から撮影してそれぞれ輪郭を描出する。これは特に結腸の場合、横行結腸、上行結腸、下行結腸が肝彎曲、脾彎曲でオーバーラップしているので重要である。従って、右斜位、左斜位を撮影して、それぞれの結腸曲が良く見えるようにする。この方法は、結腸のオーバーラップによる病変の見逃しを防ぐ最も良い方法である。



撮影が終わったら、患者自身により、あるいは浣腸管を使って結腸内容を排出する。排出後の検査は、充盈時の検査と同じように重要である。結腸のいずれかの部位、特に肝彎曲の近位に異常な貯溜がないかを確認することが重要である。粘膜にバリウムの薄層が残り、収縮した結腸の粘膜パターンを非常に良く観察できる。Knothe, Berg, Trick ら、および Frick, Blühbaum, Kalkbrenner らの研究は、いずれもこの排出後に残存するバリウムを利用したものである。

A. W. Fischer(1923) は、造影剤と空気の併用を推奨している。造影剤には通常物質を使用している。造影剤排出後、収縮した結腸の粘膜パターンを検査してから、空気を注入する。造影剤の薄層が粘膜の表面に付着しており、結腸が空気で拡張すると粘膜面がときどき完璧に造影されることがある。しかし調節性、再現性には難がある。

#### (4) X 線撮影

X 線撮影は、胃、球部、十二指腸など全体にわたる場合、3~4 インチ四方の小さな領域に限られる場合がある。全体の撮影では、グリッドは使うことも使わないこともある。グリッドを使う方が画像は鮮明であるが、曝射時間の延長、グリッドの他の短所のため、グリッドを使用せず、胃、球部、十二指腸を含むサイズの撮影筒を使用する場合に比べて診断能が劣る。この問題を完全に議論するには本 1 冊が必要であり、ここでは重要な原理について述べるにとどめる。

散乱線は放射線科医泣かせであるが、特に消化管撮影についてはこれが言える。散乱線の減弱、阻止には、5 つの要因が関与する。(1) ガス管球、(2) 撮影筒 (cone)、(3) 圧迫、(4) グリッド、(5) フィルムと造影剤の密接である。

##### ガス管球

ガス管球は、他の管球よりも単位体積あたりの散乱線が少ない。これは、ガス管球から発生する散乱線は透過性が低く、撮影筒によって容易に除去し得るからである。

##### 撮影筒 (cone)

撮影筒は、最も長い歴史を持つ、散乱線除去にはおそらく最も重要な装置である。その原理は、照射範囲の表面積を減少させることにある。撮影筒が小さいほど照射面積は狭く、従って散乱線は少なく、X 線写真は鮮明になる。

##### 圧迫

圧迫は照射部位の厚さを減らすためである。撮影筒と併用することにより、X 線照射体積を最小限にすることができる。照射体積が少ないほど、散乱線は少ない。圧迫することにより、曝射時間も短縮できる。後述の

ように、圧迫は X 線管球と患者背部の間、あるいは腹部との間で行なう。

##### グリッド

グリッドは散乱線を減少する。照射範囲が広いほど、グリッドの有用性は高くなる。逆に小範囲の場合、その有用性は低い。グリッドには長所、短所がある。曝射時間が 2~3 倍になるため、蠕動運動により画質が低下する。またフィルム-被写体距離が延長し、画像の歪みの原因となる。

##### フィルムと撮影部位の密接

これは散乱線の減少のみならず、「被写体が蛍光板あるいはフィルムに近いほど陰影は明瞭になる」という光学の原理が有効となる。

多くの研究者、特に装置を自ら製作した研究者は、散乱線を減弱させるためのこれらの原則の 1 つあるいは複数を採用している。Åkerlund の精巧な装置は、散乱線を除去するために 2 つの原則を利用している。この装置の圧迫は以下の様な仕組みになっている。蛍光板あるいはフィルムと患者の間で、腹部に圧迫を加える。背部は肋骨のためにほとんど圧迫できないが、腹部は軟らかいので圧迫しやすい。Åkerlund はこれに加えて、患者の接する圧迫筒の端に回転グリッドを追加している。この完璧さは多に評価に値するものである。これによって、比較的広範囲から発生する散乱線の有害作用を減弱できる。しかし、X 線写真の鮮明度を増強する回転グリッドは、曝射時間を延長し、グリッドにつきものの不利益を伴うのみならず、その大きさのために局所の圧迫が困難となる。この装置を使用した有名な研究者の中には、検査範囲が狭ければグリッドの有用性も低いとして使用を中止している。この装置は、5 つの原則のうち 2 つ、すなわち圧迫とグリッドを利用しているが、他の 3 つ、管球、圧迫筒、フィルムと造影剤の密接については利用していない。

Berg も Åkerlung と同じような方法を用いているが、回転グリッドは使用していない。散乱線防止の 5 原則のうち、Berg は主に蛍光板の背面に装着した圧迫筒による腹部圧迫を利用している。これに伴い、フィルムは患者から離れ、第 5 の原則は逆方向に作用している。Berg はこの装置を透視下に使用し、胃、球部の造影剤を排除して粘膜ヒダ間の溝にだけバリウムが残るように自由に圧力を加えた。これにより、胃粘膜の完璧な透視検査に成功している。透視下に関心部位があれば、蛍光板をフィルムに替えて X 線撮影を行なうことができる。この方法では、散乱線除去の原則のうち 1 つだけ、すなわち圧迫のみを利用している。Berg はこれによって散乱線の大部分を除去し、撮影筒の Bucky 効果についても言及している。しかし Berg の著書の写真を良くみると、最も鮮明な X 線写真は、特別な圧迫装置を使

用していないものであることがわかる。

Åkerlund, Berg の圧迫筒は、いずれも蛍光板あるいはフィルムは圧迫筒の端にあり、従って蛍光板、フィルムは撮影部位と近接していないことに留意すべきである。Åkerlund の装置では、フィルムと患者はグリッドとその筐体の厚さだけ離れている。散乱線除去の 5 つの原則のうち、おそらく最も重要な第 5 の原則、蛍光板やフィルムと撮影部位の密接が、Åkerlund, Berg の装置では利用されておらず、悪影響が際立つ結果となっている。

散乱線防止の 5 原則を念頭に、我々の 1 人 (C.I.H) は著者の助言の下、消化管、特に胃と球部の小範囲を透視、撮影する装置を設計、製作した (図 16, 図 17)。この装置に応用された原則は、以下の通りである。

- (1) X 線管は、散乱線の発生が最も少ないもの、すなわちガス管球とする。
- (2) 最も小さな撮影筒を使用する。距離 24 インチで、 $3\frac{1}{4} \times 4$  インチ。
- (3) 角をまるくした長方形の圧迫筒で、軟らかい腹部を圧迫する。管球に装着した撮影筒には圧迫を加えない。
- (4) グリッドは使用しない。

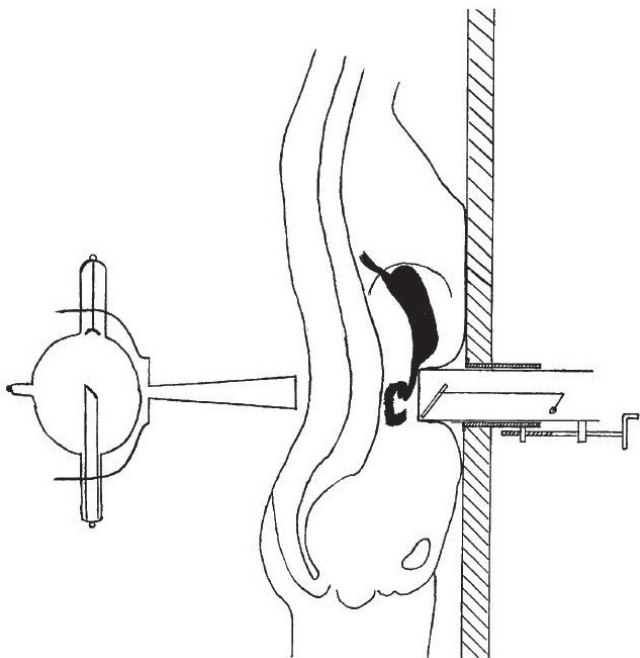


図 16. 圧迫装置の使用法 (C. I. Headland, M.D. の設計、製作による装置)。患者は壁に面して、図 9 に示すストラップで固定する。壁を貫通して突出する装置も示している。

軟らかい腹部を、角をまるくし、削ったコルクを貼った長方形の圧迫筒で圧迫する (第 3 の原則)。圧迫筒は、スクリューギアによって前腹壁を圧迫する。増感紙と蛍光板は圧迫筒前面の内部にあるため、前腹壁内に埋まり込み、造影剤と著しく近接する (第 5 の法則)。グリッドは使用せず、フィルムと腹壁の間にあるのは薄い増感紙と、薄いベークライト板とコルクのみである (第 1 の法則)。圧迫筒は最小径 (24cm の位置で  $3\frac{1}{4} \times 4$  インチ) とする (第 2 の法則)。透視下に検査部位を決め、任意の圧迫を加えることが出来る。X 線写真に撮影する画像は、曝射時に透視で確認することができる。

(5) 増感紙と蛍光板は、腹部を圧迫する圧迫筒の端に位置する。これによって圧迫すると、フィルムと蛍光板が腹部の中にそのまま埋まり込み、造影剤に密接する。

この装置により、我々はフィルム撮影前の画像を正確に見ることができるだけでなく、実際の透視画像をフィルムに撮影することもできる。

旧式のガス管球を使用した理由は、ターゲットの背側に間接線を発生しない唯一の管球だからである。ターゲット背側からの間接線を除去することにより、患者から発生する散乱線の量と透過性を減ずることができる。著者の関係している施設では、ポータブル装置、歯科用装置を除いてすべてガス管球を使用している。

我々の装置における散乱線防止の第 2 の原則は、照射される表面積を最小限にすることである。この原則は、最も古典的な散乱線防止方法、すなわち小さな撮影筒で、距離 24 インチでわずか  $3\frac{1}{4} \times 4$  インチである。

第 3 の原則、圧迫は、圧迫可能な軟らかい腹部に適用し、フィルムと患者背面の距離は最小限とする。散乱線は、照射領域の体積に比例して発生する。従って、最小限の大きさの撮影筒を使い、最大限に圧迫することにより、照射領域の体積は最小限となり、散乱線の量も最小限となる。

第 4 の原則、グリッドについては、前述のように広い範囲を撮影する場合に有用なものであることから、ここでは使用していない。この装置は非常に小範囲を撮影するものなので、グリッドはほとんどあるいは全く有用性がなく、むしろ有害である。

第 5 の原則、フィルム、蛍光板と撮影部位の近接については、胃とフィルムの間で発生する散乱線の低減のみならず、「被写体が蛍光板あるいはフィルムに近いほど陰影は明瞭になる」光学の原理によってより鮮明度の高い画像が得られる。

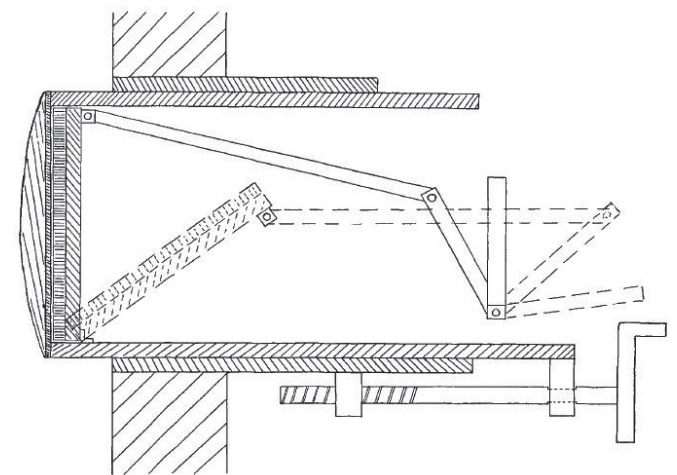


図 17. 圧迫装置 (C. I. Headland, M.D. の設計、製作による) の断面図。点線は、フィルム着脱のために可動板を引き出したところ。この可動板の上に後部増感紙と蛍光板がある。



## 圧迫

消化管 X 線検査に関しては、圧縮 (compression) と圧迫 (pressure) は全く異なる。少なくとも我々はそのように考えている。圧縮は、被写体の一部の厚さを減じて散乱線を減らすためである。圧迫は、造影剤 (バリウム) を消化管内腔から排除して粘膜パターンを描出するためのものである。圧迫は通常、Åkelund, Berg のように小範囲に加えるが、Chaoul は腹部に大きなゴム風船を巻いて膨らませ、広範囲に加えている。Åkelund, Berg は通常は透視下に行ない、術者が透視を見ながら自分で操作する。興味ある所見があれば、蛍光板をフィルムに替えて小さな X 線写真に記録する。本人が撮影している限り、どこを撮影しているかは分かっているが、特に胃の小さなフィルムは透視下に見た位置を知らないと、部位を特定することが難しい。

圧迫によって、X 線診断の手がかりとなるさまざまな判断基準となる所見を得ることができ、粘膜ヒダ、粘膜面をより包括的に検査することができることは明らかである。しかし自験例および他の報告を仔細に検討すると、器質的疾患の診断について、圧迫を加えない状態の X 線写真で診断がつかない症例に圧迫を加えることによって診断がついた例はほとんどないことが分かる。

胃の粘膜ヒダが、ある種の癌の周囲で開散する所見、修復期潰瘍のクレーターの周囲で集束する所見は、科学的には興味深いところである。しかし、圧迫を加えない通常のルチーン検査で確立される診断を変えるには至らない。粘膜ヒダの描出と圧迫の使用は同義ではないことに留意する必要がある。実際、圧迫によってバリウムが圧排されると、圧迫なしで胃が中等度に拡張してクレーターが充盈されている状態に比べて、クレーターの大きさ、形状の判断が難しくなることがある。

外部からの圧迫は、Åkelund の回転グリッド、Berg の圧迫筒、Chaoul の推奨する腹部に巻くゴム風船、Headland の設計になる我々の装置、いずれを使うにせよ、粘膜パターンの描出法として利点と欠点がある。圧迫を加えるべきか否かについては議論がある。一部の研究者は、透視、撮影において、造影剤を排除して局所の粘膜パターンを描出するために、さまざまな程度の圧迫を積極的に活用している。いろいろな装置を使用して撮影された小さな X 線写真は、フルサイズの写真よりもコントラストに優れているが、グリッドを間置したり圧迫筒端のフィルムと患者の距離が離れている場合は、鮮明度が低下したり歪んだりする。鮮明で細部の良く見える X 線写真を撮影できたとしても、その所見が消化管疾患の診断の一助となりうるか考慮する必要がある。多くの論文に鮮明な局所 X 線写真が供覧されているが、このような圧迫法による小さな局

所撮影と、連続あるいは非連続のルチーン撮影とを系統的に比較した研究はほとんどない。

そこで我々は、通常の連続 X 線撮影によるルチーン撮影に、さまざまな程度に圧迫を加えた球部の写真 12 枚 (図 18, 19) を加えた多数の症例を撮影し、それぞれの球部の所見を比較し、以下の結論を得た。

小さな X 線写真は非常に経済的であるが、範囲が限られており、球部を除いては位置の決定が難しい。小さな X 線写真は、ほぼ同様の詳細所見がうつっている大きなフィルムと比較して位置が分からなければほとんど意味がない。小さなフィルムは、特にこの 3 1/4 × 4 インチのフィルムがはまる古い手持ちステレオスコープを使うと、研究上は興味深いものがある。しかし、さまざまな程度の圧迫を加えた小さなフィルムによって、フルサイズの連続 X 線撮影フィルムによる診断が変更された例はひとつも経験していない。多くの場合、正常あるいは異常な球部に幽門弁からバリウムが流入し、大きな蠕動によって遠位 2/3 が排出されてゆく過程が圧迫によって干渉を受ける。外部から圧迫された球部は正常の胃運動を示さなくなる。従って粘膜面を描出する目的の圧迫法は、両刃の剣であり怪我のもとである。(続く [1 頁目の訳注参照])

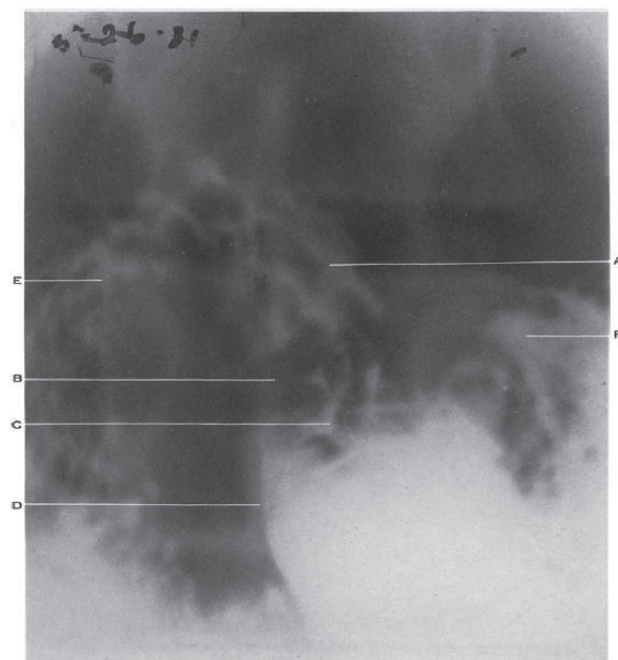


図 18. 3 1/4 × 4 インチフィルム (図 9 に実物大) の拡大像。原版から焼き付けたフィルムの画質を示す。この高画質は、本文中に記載した散乱線除去の 5 原則のうち 4 つ、すなわち (1) ガス管球、(2) 小さな撮影筒、(3) 圧迫、(5) フィルムと被写体の密接によって得られたものである。第 4 の原則、回転式グリッドは使用していない。A. 球部。粘膜ヒダが錯綜している。B. 幽門弁。C. 幽門管。D. 前庭。E. 十二指腸下行部。F. 十二指腸空腸曲

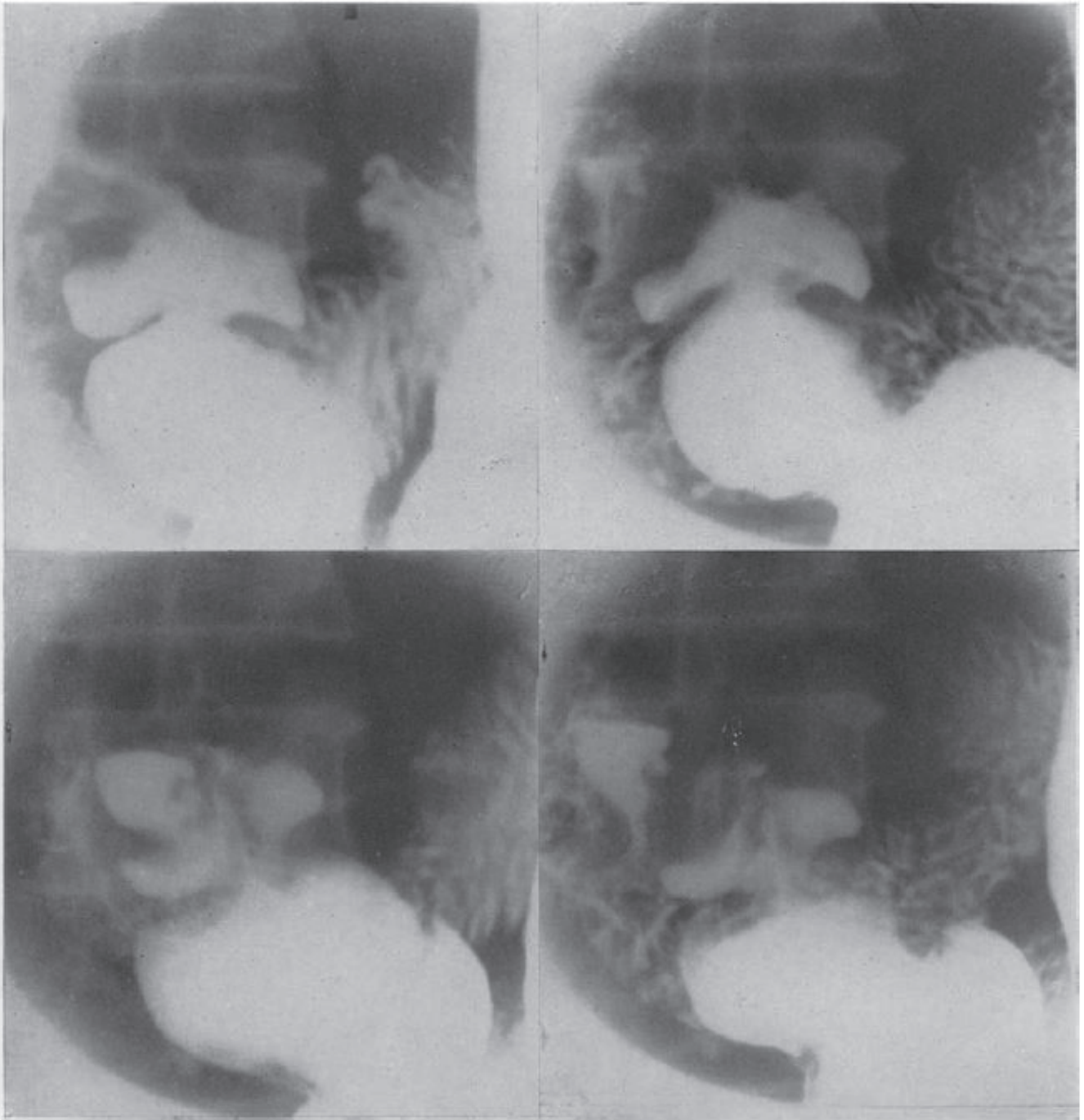
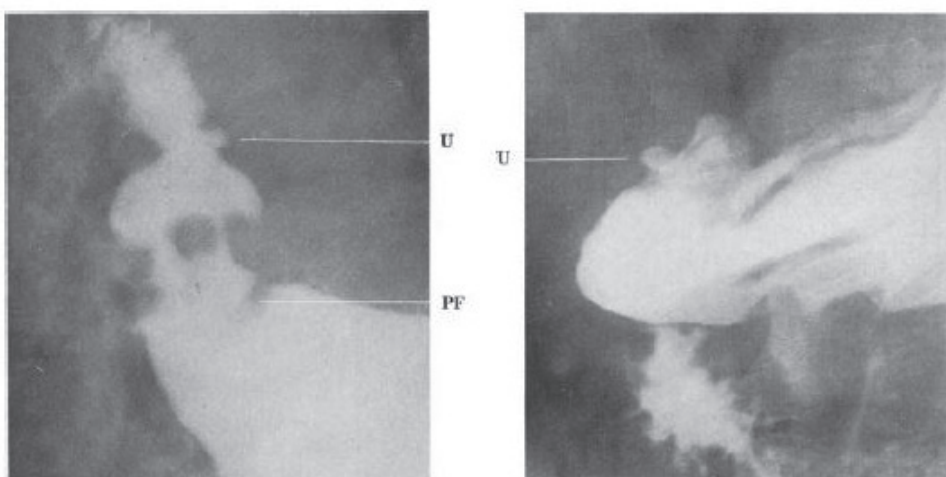


図 19. 球部に 4 段階の圧迫を加えた X 線写真。原版から原寸大で焼き付けたもの。球部後壁の小さな潰瘍が明瞭に認められるが、後述の圧迫なしに撮影した斜位像にみられるクレーターほど特徴的ではない [訳注：ここで言及している「後述」の症例とは、本稿第 3 部に掲載されている十二指腸潰瘍の写真を指している。参考までにその一部を下記、参考図 2 に示す]



参考図 2. 本稿に続く第 3 部 (Radiology 18:886,1932) の図 80, 図 81 を転載。いずれも圧迫なしの撮影で、十二指腸潰瘍のクレーター (U) が認められる。