



Title	消化管の高電圧及び拡大撮影について
Author(s)	久布白, 泰治
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(1), p. 75-105
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15537
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

消化管の高電圧及び拡大撮影について

久留米大学医学部放射線教室 主任尾関己一郎教授

久 布 白 泰 治

(昭和35年1月6日受付)

本論文の要旨は、第24回日本医学放射線学会九州地方会（指宿）昭和32年、第26回日本医学放射線学会九州地方会（福岡）昭和32年、第17回日本医学放射線学会総会（福岡）昭和33年において発表した。

第1章 緒 言

従来診断に用いる管電圧は低電圧大電流が理想とされ、特に胸部については、50KV以上では診断不能とされていた時代があった。

間接撮影の実用化と共に電圧を上げることの有利性が主張されるに至り、恩師尾関教授はこれを理論的に証明し、引続き高圧撮影、高圧拡大撮影と一連の研究を行い、私はその一部として消化管の部門の分担を命ぜられた。高圧撮影の利点は既に1924年頃 Gortan, Weber, Zacher 等がそれぞれ管電圧80~90KVで胸部撮影を行い、遠距離、短時間撮影を容易に実施しうることを明らかにした。Gortan は消化管の撮影に0.1秒の曝射でよい結果を得たことを報告した。更に今日の高圧撮影に相当するものは Stephani, J が1929年に150KVで廻転ブツキーを用いて胸部撮影を行い、低圧軟線像に比して像の劣化もなく、むしろ軟線で判読しえない病巣さえ示現可能であると報告した。ついで1931年 Rovekamp, T は硬線法と呼ぶ方法についてその可能性を論じたが、彼の意見では高電圧は肺の診断にのみ適する。即ち短時間曝射が可能であるから尖鋭度がよく心臓の検査にも価値があると云っているが95KV以上については述べていない。しかしこれらの人々の努力にも拘らず、高圧撮影法は暫くの間発展をみずに時代が過ぎた。今日の高圧撮影の基礎をなしたのは、今次大戦における Lorimer, Fuchs 等が行った米軍隊での直接並びに間接撮影術式の研究

であり、撮影時間の短縮と管球負荷の軽減を指摘し、此れに加え、Morgan (1943), Hodges (1945) 等のレ線撮影技術の基礎的研究がなされたことによる。更に Files (1945), Lamberton (1948), Trout (1948) 等の散乱線並びにその除去に関する研究である。特に実用化に拍車をかけたのは、1950年 Wachsmann が Siemens 社との協同による高圧撮影の基礎的、臨床的研究の成果を発表し、胸部に関して1000例の低圧と高圧の場合を比較し、高圧撮影を日常診断に用うよう強調したことによる。Lindblom (1951) は200KVで胃の非常によい写真を撮り、Bücker⁵⁾ (1952) は硫酸バリウムによる造影検査では、 $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ の小焦点で125KVの管電圧により消化管の微細構造が診断され、此の場合「レ」線の透過度を上げることが重要であることを強調した。

さて我が国においても江藤³⁾ は1944年深部治療装置で胸部撮影を試み、160KV 300cmで線量が適当であれば従来予想されていたような、いわゆる硬すぎる写真とはならないと云っている。

昭和28年尾関教授¹⁴⁾は、第12回日本医学放射線学会総会における“肺結核症のレントゲン診断”のシンポジウムにおいて、高圧撮影を発表し、治療用装置博愛号で140KV, 3mA, 1sec, 150~200cmの距離で、リスホルムブレンデを用いて胸廓成形後の排菌患者を撮影し、断層撮影で確認不能の例に空洞を発見している。之を契機として昭和30年には我が国にも高圧撮影用「レ」線装置

が完成するに至り、基礎的研究、臨床応用の試みが発表されるようになった。尾関教授も早速これを用い昭和30年10月九州医学会分科会¹⁷⁾において“高圧撮影の臨床的研究と題する特別講演を行い、高圧撮影の特長を

- 1) 管球負荷の軽減
- 2) 患者の被曝線量の減少
- 3) 診断域の拡大

の3項目に要約している。且つ60KVから140KV迄の電圧について、あらゆる胸部陰影の出現能を検討し、140KVで診断域は最も広がるが、石灰化巣の質的診断が不可能な点から、ルーチンとしては100～110KVを使用し必要に応じて、それ以上の高圧又は低圧撮影をすることを提唱している。

翌31年第15回日本医学放射線学会総会において、“高圧撮影のシンポジウム”として基礎的、臨床の両方面からの詳細な検討が行われ、一般講演でも数多くの発表があり、高圧撮影について一つのピークを形作つた。

高圧の定義についても盛んな論議がなされたが、決定は見なかつた。入江は、

低圧 70KV以下

中等圧 120～140～160KV

高圧 200～300KV

超高圧 1000KV以上

を提唱したが、一般の支持は得ていない。これは実用の観点から支持が少なかつたのであろう。

その後現在迄の内外の傾向を総合すると

低圧 70KV以下

準高圧 80～90KV迄

高圧 100KV以上

又大別して、100KVを限界として高圧と低圧に別けている傾向もある。

一方拡大撮影法については、1946年 Burger に依つて0.3mmの廻転陽極管球が試作され、Philips、Siemens 社より市販され、Zimmer (1951)、Van der plaat (1952)、はこれにより初めて2倍直接拡大撮影を実施した。Büchner, H⁶⁾は0.3mm焦点で手掌骨の直接拡大撮影を行い、2.0、1.0、

0.3mmの各焦点における、同一尖鋭度を与える倍率と距離を図表に表わしている。

我が国においては昭和29年高橋が、バイヤス電圧による小焦点により直接拡大撮影を行い、臨床診断に耐えうると発表した。30年第14回日本医学放射線学会総会では、バイヤス微小焦点を応用した直接拡大撮影の研究発表があり、肺又は骨の診断に應用出来るとうものも2、3あり、今岡、手戸はこれを消化管診断に應用し、細部の鑑別診断が容易になることを発表している。

当教室においても昭和30年より高圧撮影と同時に拡大撮影を開始し、基礎的、臨床的研究結果は殆んど毎回の学会に発表されてきた。

消化管の診断に関しても種々の利点が指摘されているが、その基礎的及び臨床的結果を一括した研究発表は見当らないようであるので、実験結果を比較検討し、臨床例について考察を加えた。

第2章 高圧撮影

第1節 基礎的研究

すでに多くの先人達によつて高圧撮影の特徴が論ぜられ理論的に考察されている。即ち管球負荷の軽減、被曝線量の減少、診断域の拡大がその三大特長とされている。「レ」線量の増加のために一定時間に大電流を流すのは限度があるので、「レ」線量の増加には管電圧を上げる方が能率的である。尾関⁹⁾、神田¹⁶⁾は電圧と電流との間には次の如き関係が成立すると云つている。

$$S = K \cdot mAs \cdot V^n$$

S…黒化度

mAs…電流×時間

V…電圧

K…常数

n…3～5

即ち同一黒化度を得るためには電圧を少し上げれば電流は非常に少なくてすむ。同時に管球負荷が軽減され、焦点の小型化が可能となる。従つて幾何学的不尖鋭が小さくなり拡大撮影も行いやすくなる。又撮影時間の短縮が可能になるため運動による不尖鋭が減少する。

電圧が高くなると「レ」線の波長は短くなるの

で、「レ」線の減弱は純吸収より Compton 散乱による方が次第に多くなり原子番号による差は余り問題にならなくなり、厚さと密度が主役を演ずるようになってくる。従つて原子番号の高い骨の陰影濃度が筋肉脂肪等の軟部組織のそれに近づいてきて、骨の重なつた部分の陰影が判別しやすくなる。他方短波長線は透過度が大きいので、胸部写真において、辺縁部や女子の乳房の下部、或は肋膜肥厚内部の陰影が出現しやすくなる。此のように低圧で見え難い部分が見易くなる現象を診断域が広がると云う言葉で簡単に表現するわけである。此の診断域と云う言葉は Bucker が Kontrastumfang と表現していることからヒントを得て、尾関¹⁷⁾が昭和30年に我が国で初めて使用したものである。

診断域の広がることは反面において、コントラストの低下を意味するが、不必要に大きいコントラストは反つて診断のじやまになる³⁷⁾。しかし散乱線によるコントラスト及び尖鋭度の低下は出来るだけさける必要がある。高電圧になるにつれて散乱線が増すのでこれを除去することが必要になつてくる。

造影剤を用いる診断の場合には造影剤も原子番号が高いので電圧が高くなるとコントラストが低下するが、造影陰影の重なつた部分が透過して見えるので、かえつて立体観を与え質的診断の向上が期待出来る³⁵⁾。

第1項 透過線量と電圧との関係

Wachsmann⁴⁾, Mattsson³⁾等も入射線量及び透過線量を測定しているが、私の使用する被写体が彼等のものと異なるので被写体通過後の「レ」線量が電圧によつて如何に変化するかを調べた。

装置及び実験方法の概略は下記の通りである。

「レ」線発生装置 東芝製 KXO-14

焦点 4.5 × 4.5mm²

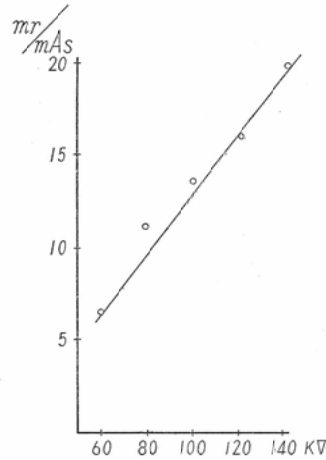
濾過板 Al 0.5mm

ファントーム 35 × 35 × 10cm パラフィン製品

測定装置 島津製キユストナー線量計

先づ焦点より 100cmの距離において、各電圧の 1 mAs の空中線量を測定した。その結果を第1

第1図 各電圧における 1mAs の「レ」線量(空中線量)

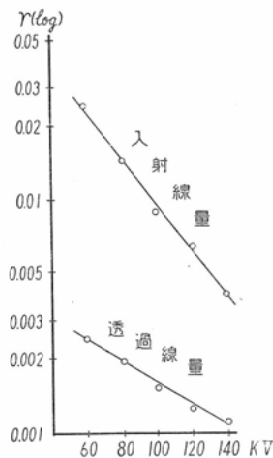


第1表 各電圧に於ける入射線量及び透過線量

電圧 (KV)	60	80	100	120	140
入射線量(mr)	24.93	14.91	9.16	5.8	3.54
透過線量(mr)	2.52	2.01	1.5	1.2	1.12
透過/入射(%)	10.1	13.5	16.4	20.7	31.6

35 × 35 × 10cm 「バ」ファントーム使用

第2図 同一黒化度をうるための各電圧における入射線量及び透過線量



35 × 35 × 10cm 「バ」ファントーム使用

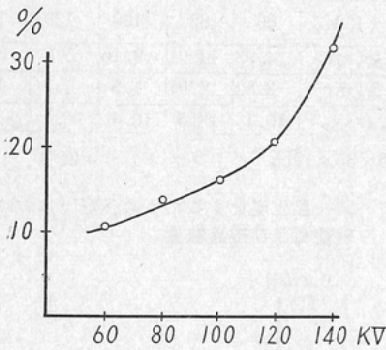
図に示す。

これより見て電圧が高くなる程「レ」線量が増加することがわかるが、フィルムに同一黒化度を与えるために作用する線量は透過線量が最も関係

があるので、10cm厚さのパラフィン（以後「パ」と略す）ファントームを用い60KVから140KVまでの電圧において黒化度1.0を得るに要するmAsの時の「レ」線量を測定した。

焦点、ファントームの後面迄150cm、増感紙、極光FS使用、グリットなしの条件で黒化度1.0をうるに要する入射線量及び透過線量を測定した。入射線量はファントームをのけて空中線量を測定し、透過線量はファントーム直後に線量計を置いて測定した。入射線量に対する透過線量の割合を求めこれを透過線量率とした。此の結果は第1表、第2図に示す如くで、透過線量率のみを図に表わしたものが第3図である。

第3図 同一黒化度を得るための各電圧における透過線量率



35×35×10cm「パ」ファントーム使用

各電圧1mAsあたりの空中線量は、60KVと140KVとを比較すれば約4倍に増加する。（第1図参照）次に同一黒化度をうるための入射線量は60KVでは24.9mr 140KVでは3.54mrで1/7で良いことになる。これは高圧は透過力が大きいためであつて、透過線量率（透過/入射%）は140KVでは60KVの3倍に増加する。此の透過力が3倍になることと1mAsの線量が既に4倍多いことから同一黒化度を得るための入射線量が60KVでは140KVの（4+3）の7倍を要す結果が生れる。このことは直ちに高圧では患者の被曝線量の少なくなることを証明するものである。

次に前記ファントームを使用し、焦点から100cmの距離で各電圧における透過線量（mr/sec）を

も測定してみた。線量計はファントームの直後においた。測定結果は第2表の通りである。

第2表 「パ」ファントーム通過後の各電圧の「レ」線量

KV	mr/sec
60	0.6
80	1.6
100	3.08
120	4.91
140	6.68

此の線量比が電圧比の何乗になるかを尾関⁹⁾にならつて調べてみた。2つの電圧をVa及びVb、その線量をIa及びIbとすれば、冪数Xは

$$\frac{I_b}{I_a} = \left(\frac{V_b}{V_a} \right)^X \quad \text{故に } X = \frac{\log \frac{I_b}{I_a}}{\log \frac{V_b}{V_a}}$$

から求めることが出来る。これを一括したものを第3表に示す。

第3表 「レ」線量と電圧との関係

比較電圧	$\frac{I_a}{I_b}$	$\log \frac{I_a}{I_b}$	$\log \frac{V_a}{V_b}$	冪数
80 : 60	2.66	0.425	0.124	3.43
100 : 60	5.13	0.71	0.223	3.18
120 : 60	8.18	0.912	0.301	3.03
140 : 60	11.13	1.047	0.367	2.85

此の表から被写体通過後の「レ」線の強さは電圧の3～3.5乗に比例することがわかる。これを式にすれば

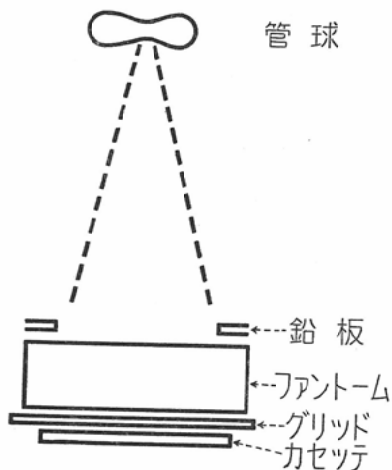
$$I = KV^n \quad n = 3 \sim 3.5$$

と云うことになる。此れも実際の「レ」線撮影の場合に該当するので、これからも「レ」線量の増加には電圧を上げる事は非常に効果的で、管球の負荷が軽減されることがわかる。

第2項 黒化度と電圧との関係

前項の実験で電圧を上げれば、フィルムに達する線量が飛躍的に増加することがわかつたので黒化度の上昇は如何になるかを検討してみた。これは既に Wachsmann⁴⁾, Mattsson³⁾, 尾関⁹⁾, 神田¹⁶⁾, 大谷, 滝沢²⁰⁾等の実験があるが測定結果はやゝ違つている。即ち実験の諸条件例へば被写体

第4図 黒化度と電圧との関係の実験方法



照射野20×20cm² 焦点フィルム間 150cm

の厚さ、種類、フィルム及び増感紙の組合せ、グリッド有無、その他により測定値が異なるので、私も実験を行い、60KVを基準として比較した。実験方法は第4図に示す通りである。

装置及び実験方法の概略は下記の如くである。

「レ」線発生装置 東芝製KXO-14

焦点 4.5×4.5mm²

濾過板 Al 0.5mm

フィルム さくらタイプY

増感紙 極光FS

焦点 フィルム間距離 150cm

照射野 400cm²

フアントーム 35×35×10cm「パ」製品

指定現像 20°C 4分

現像に際しては恒温槽の中で常に攪拌しながら行つた。(以下フィルム現像に際しては此の条件を厳守した)

黒化度は島津製山部式濃度計により測定した。

尚、グリッドは下記の2種類のものを使用した。

平行グリッド 格子比 5:1

直行グリッド 格子比 10:1

グリッドを使用しない場合、平行グリッド及び直行グリッドを使用した場合の各々について、60KV~140KV迄の各電圧の黒化度1.0をうるに

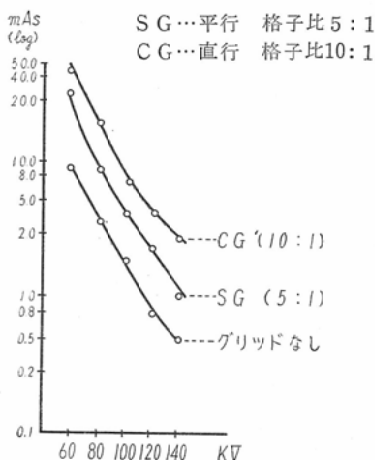
要する mAs を尾関⁹⁾の方法に従つて求めると、第4表及び第5図のようになる。

60KVと140KVとを比較すれば、グリッドを

第4表 黒化度1.0を得るに要する各電圧のmAs

電圧(KVP)	mAs		
	グリッドなし	平行5:1	直行10:1
60	9	24	44
80	2.8	8.5	16
100	1.4	3.3	7.5
120	0.8	1.8	3.2
140	0.5	1.0	2.0

第5図 黒化度1.0を得るに要する各電圧の mAs



使用しない場合には、140KVでは60KVの¹/₁₈の mAs で良く、60KVでグリッドを使用しない場合と140KVで5:1の平行グリッド使用の場合で¹/₉で良く、直交グリッド10:1使用の場合でも¹/_{4.5}の mAs で良く、高圧になると mAs は非常に少なくてよい事がわかる。

次に同一黒化度をうるための mAs の比は電圧比の逆数の何乗になるかを求める。

第1項と同様に、2つの電圧を Va 及び Vb, その mAs を Aa 及び Ab とすれば、冪数 X は次のようになる。

$$X = \frac{\log \frac{Aa}{Ab}}{\log \frac{Vb}{Va}}$$

第5表 黒化度と電圧との関係

比較電圧	グリッド	$\frac{A_a}{A_b}$	$\log \frac{A_a}{A_b}$	$\log \frac{V_b}{V_a}$	冪数
140 : 60	(-)	18	1.255	0.367	3.42
120 : 60	(-)	11.25	1.051	0.301	3.49
100 : 60	(-)	6	0.778	0.223	3.48
80 : 60	(-)	3	0.478	0.124	3.85
140 : 60	平行5 : 1	24	1.38	0.367	3.76
120 : 60	"	13.3	1.124	0.301	3.73
100 : 60	"	7.27	0.862	0.223	3.87
80 : 60	"	2.82	0.45	0.124	3.63
140 : 60	直交10 : 1	22	1.342	0.367	3.66
120 : 60	"	13.75	1.138	0.301	3.78
100 : 60	"	5.87	0.769	0.223	3.45
80 : 60	"	2.75	0.439	0.124	3.54

これを一括したものを第5表に示す。

即ち同一の黒化度をうるための mAs の比は電圧比の逆数の4乗近くなる。これを式で示せば

$$V^4 (\text{mAs}) = C \quad C \text{は常数}$$

と置くことが出来る。これを云いかえれば黒化度は電圧の4乗に比例すると云うことである。これを式にして示せば次のようになる。

$$S = KV^4$$

線量の場合より冪数が多くなるのは、増感紙を使用したためである。この事は既に尾関⁹⁾が50~70KVにおいて証明している。

Mattsson, 大谷, 滝沢等によれば, 120~140KVでは冪数は, 2~3の間であり, それ以下の電圧に比して電圧の上昇に伴う利得は低くなるようにみられる, と云っている。私は60KVを基準にとつて各電圧を比較し, 冪数4の値を得た。増感紙は, タングステン酸カルシウム増感紙で尖鋭度の高い極光, FSを使用したが高圧になつても冪数は余り変わらず, 黒化度の増加には, 撮影時間, 距離を一定とした場合, 電流に比し電圧の増加は非常に有効であると言ふことが出来る。云いかえれば, 同一黒化度をうるため管電圧を上げることにより mAs は非常に少なくてすむことを示す。

第3項 被写体よりの散乱線

高圧撮影における管電圧の上昇にともなう, 被

写体通過後の「レ」線中に含まれる散乱線増加の割合については既に, 足立¹⁵⁾, 神田¹⁶⁾, 駒井³²⁾, 草谷¹⁸⁾, 吉村²¹⁾, 本間²²⁾, 小柳²⁶⁾, Gajewski⁷⁾, Mattsson¹⁾, Nemet²⁾等の報告があるが, その結果については, まちまちである。これは被写体の種類並びに厚さ, 濾過板, 線束の大きさ及びその測定法, 即ち, フィルム単独, フィルム及び増感紙の組合せ, 蛍光法, 線量計等が統一されていないからである。

濾過板, ファントームが前記報告者と私の実験に使用したものと異なるので私も実験を行った。

又, 被写体通過の場合の「レ」線減弱は低圧では, 純吸収が主であるが, 高圧では Compton 散乱が主役を演ずる。この散乱のため, “カブリ”が著しく, コントラストを低下させる。高圧撮影の最大の難点はこゝにあるので, その除去に関しても, Wachsmann, Mattsson Seemann³⁴⁾等の報告がある。我が国でも昭和28年尾関¹⁴⁾の発表以来, 昭和30年頃より高圧撮影に多くの関心がはられる様になると同時に散乱線除去法に関しても実験結果の報告が多くなつた。

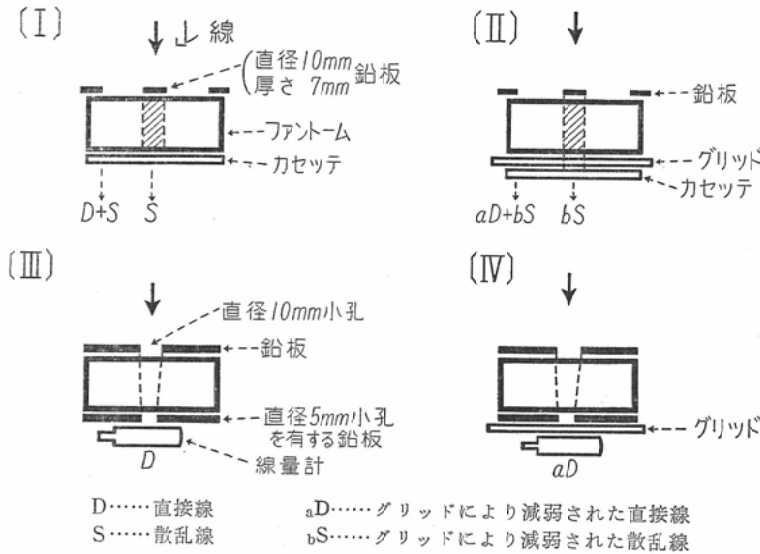
1) 散乱線含有率

実験方法は次の如くである。

「レ」線発生装置, フィルム, 現像方法及び黒化度計は第2章, 第2項と同様である。

増感紙 極光 HI-Volt (高圧用)

第6図 散乱線含有率及びグリッド効率の実験方法



ファントーム 「バ」製品

- (1) 35×35×10cm
- (2) 20×20×10cm

フィルムはカセットに入れ焦点、フィルム間距離 150cm

照射野 ファントーム表面一杯即ち
 35×35cm² (1225cm²)
 20×20cm² (400cm²)

第6図「1」のように、ファントームの表面中央に直径10mm、厚さ7mmの鉛円板を固定し、ファントーム後面にカセットをおいた。鉛円板の影の部分の黒化度は散乱線によるものでSとし、その周囲の部分の黒化度は直接線D及び散乱線Sによるもので(D+S)とし、それぞれの黒化度を1.0とするために要する mAs の比から散乱線含有率を求めた。

日常臨床診断の際には、カセットを使用するのでフィルムはカセットに入れて実験した。此の場合後面に貼付してある薄い鉛板により、後方からの散乱線は除去される²⁴⁾。増感紙を使用したもの及び使用しないものについては同一カセットを使用して実験した。

実験結果は第6表に示す如くである。

第6表に示す数値は次の式により求めたもので

第6表 散乱線含有率 (%)

電圧(KV)		増感紙					
		60	80	100	120	140	
ファントーム	35×35×10	無	84	87	87	88	88
	20×20×10	無	76	77	77	78	78
	20×20×10	有	65	67	72	72	73

ある。

$$\text{散乱線含有率} = \frac{S}{D+S} \times 100\%$$

電圧による散乱線含有率の変化をみると、ファントーム (1)で増感紙無しの際は60KVで84%、140KVで88%、ファントーム (2)で増感紙無しの際は60KVで76%、140KVで78%であり共に電圧による散乱線含有率は余り大差がない。次にファントームの大小による散乱線含有率は、ファントームの大きい方が各電圧とも多いが、低圧と高圧を比較すると高圧の方がやや大きい傾向がある程度で大差はない。

ファントーム (1)と (2)とでは電圧による散乱線含有率の変化に大差がないので、ファントーム (2)で増感紙有無についてしらべた。増感紙使用の場合は各電圧とも散乱線含有率は減少するが減少の度合は低圧の方が高圧に比して著しい。これは散乱線は一次線とは線質が異り波長が長くなる

ので、低圧の場合は増感紙のフロントに吸収されやすく、ために含有率が減少するが、高圧では散乱線の波長は長くなるとは云え低圧のそれよりは短いので、増感紙による吸収が少なく、写真効果があらわれやすく含有率の減少の度が少なくなる。従つて増感紙を使用した場合は低圧と高圧の散乱線含有率の差が大きくなる。何れにしても60KV、140KV共に散乱線含有率は相当多いので除去する必要がある。

2) 散乱線除去法

現在普通行われているのはグリッド法及びグレーデル法の2つである。

消化管造影診断の場合は現段階では尙、透視及び写真の両方によらねばならない。消化管の撮影条件は被写体、焦点間距離は大体40cm位であり、被写体、フィルム間を約15cmはなすグレーデル法は像が拡大され幾何学的不尖鋭、即ち半影による暈が出てくるので用いられない。又腹部は胸部に比して散乱線も多いので充分のコントラストを得ようとすれば矢張り、グリッド法によらねばならない。それでグリッド法について実験した。

グリッドの適否を決定するのはその効率及び露出係数である。効率は直接線の減弱率を a 、散乱線の減弱率を b とすれば b/a で表わされる。此の値は小さい程効率の良いことを示す。

露出係数は直接線を D 、散乱線を S とすれば

$$K = \frac{D+S}{aD+bS}$$

にて表わされる。この値も小さい程良いことになる。

前述の散乱線含有率の場合と同一の実験方法で第6図(1)のようにして $(D+S)$ 及び S は測定される。同図(II)の如くカセットの前にグリッドを置くことにより、鉛板の陰になる部分をグリ

ッドにより減弱された散乱線 (bS)、その周囲を減弱された直接線+散乱線 ($aD+bS$) として同一の方法により測定することが出来る。以上の実験から

$$K = \frac{D+S}{aD+bS}$$

$$b = \frac{bS}{S} \times 100 (\%)$$

は直ちに求めることが出来る

$$a = \frac{aD}{D} \times 100 (\%)$$

を求めるには別の方法を用いねばならない。その方法を示したのが第6図(II)及び(IV)である。

実験方法は大体に於て(I)及(II)と同一であるが、異なるのは鉛板と測定方法である。前記の小鉛板の代りにファントームの表面に10mmの小孔を有する鉛板を置き、その円孔に重なる様に5mmの小孔を有する鉛板をファントームの後面に置き、両円孔の中心は焦点と一直線上にある様にする。測定方法は今度はフィルム黒化法でなく、キユストナー線量計を用いた。その理由は直径5mmの円の黒化度の測定では誤差が大きくなると考えたからである。小円孔に線量計を密着させ、小円孔を通過した「レ」線を測定すれば(III)で直接線 D を、(IV)でグリッドにより減弱された直接線 (aD) を測定することが出来る。之より

$$\frac{aD}{D} = a$$

を算出することが出来る。

60, 100, 120, 140KVの各電圧について次の3種類のグリッドを使用し比較した。

(i) Lucidex…格子比7:1…L

(ii) LucidexとMSブレンデ(格子比4:1)の組合せによる交差ブレンデ…格子比11:1…CGI

第7表 各種グリッドの効率及び露出係数

	60KV				100KV				120KV				140KV			
	a	b	b/a	K	a	b	b/a	K	a	b	b/a	K	a	b	b/a	K
L	67	26	0.39	2.2	72	28	0.39	2.2	75	30	0.4	2.1	75	33	0.44	2.0
CGI	28	6	0.21	3.9	36	9	0.25	3.7	40	6	0.22	3.7	44	13	0.3	3.6
CGII	19	4	0.21	6.0	28	7	0.25	5.3	30	7	0.23	5.3	32	8	0.25	5.1

(iii) 直交MSブレンデ…格子比12:1…CG II

実験結果は第7表に示す通りである。

60KVでは効率はCG I及IIが0.21で良いが、露出係数では Lucidex が2.2で良い。Lucidexの効率は0.39でCG Iの効率に比して劣るが、60KVでは元来高圧に比し露出を多く要するのにならCG Iを用うればKが大きいため更に mAs を増さねばならず、短時間撮影が不可能になるので临床上 Lucidex が使用されるべきである。100KVでは効率はCG I, IIとも0.25であるが露出係数は両者の間ではCG Iが3.7で良い。充分のコントラストを要求する場合はCG Iが良く、多小コントラストを低下させても短時間撮影が必要な場合は露出係数2.2の Lucidex を使用せねばならない。前章で述べた如く高圧になるにつれて露出が少なくて済むのでKはあまり問題にならず効率の良いものを使うのを原則とすべきであるから、120KVではCG I, 140KVではCG IIが適している。併し出来るだけ短時間撮影をする必要のある場合には140KVではCG Iを使用すれば良い。

消化管撮影の際には絞りにより照射野を相当小さくする事が出来る。Gajewski⁷⁾は10cmの水ファントームを透過した「レ」線中の散乱線の割合を測定し、撮影面積の小さいときは利用線維を細く絞れば高圧撮影においても散乱線のためにコントラストは低下しないことを示した。彼は60KVから150KV迄実験している。又、江藤¹¹⁾は理論

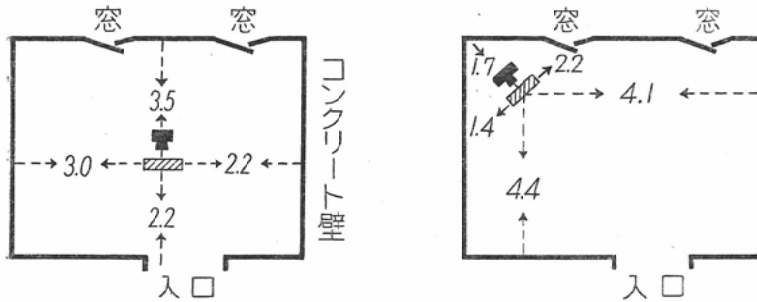
的に考察し、散乱線除去に対するリスホルムと絞りとを比較して、リスホルムにより $D+S$ は $aD + bS$ となり、絞りをうればDは変化せずSのみが変化する。即ち $D + cS$ となる。cSは絞りにより減弱された散乱線である。此の場合Cは透過するX線の容積によるものであるから絞りを小さくすることによりどのようにも少くすることが出来る、と云っている。実際に消化管撮影の場合は絞りを使用するのだから、実験結果より低格子比のグリッド、即ち露出係数の小さいものゝ使用が可能であると云うことが出来る。

第4項 室内散乱線

被検者の被曝線量も重大関心事であるが、常時「レ」線検査にたずさわる検者にとって室内散乱線は最近特にやかましく云われ、従来許容線量は週0.3rとされていたがその1/3の0.1r以下に減少させるべきであると云われるようになってきた。それで消化管撮影の場合に管電圧によつて、室内散乱線が如何に変るかを調べてみた。尙同時に拡大撮影の場合も検査した。

散乱線測定法には種々あるが、各々一長一短があり、フィルム黒化法については相反則不軌、波長依存性等の現象があつて欠点とされているが、実用的には線質にかゝらず「レ」線量にほぼ比例すると云われている¹⁰⁾¹¹⁾。本法によれば同時に色々の位置の散乱線が測定出来るという利点があるので私も本法で測定した。波長依存性及び方向性等は教室の永田が調べているので参照されたい。(高圧間接撮影法、近く日医放誌に発表予定)

第7図 散乱線測定時の室内における管球、ファントームの位置
〔I〕普通撮影 〔II〕拡大撮影



数値の単位はm

散乱線測定にはすべて同一乳剤番号のレントゲンフィルムを使用した。標準黒化の作成に二重の黒紙封筒に密封したフィルムに1mrより順次階段状に「レ」線量を増加して曝射を行い、その一部を鉛板で覆いカブリを除くための対照とした。黒化度を山部式濃度計で測定し、「レ」線量との関係より黒化度曲線を作図し以下測定したフィルム黒化度の「レ」線量は本図より算出した。

「レ」線発生装置、ファントーム、フィルム、現像は第2章、第2項と同様である。

実験した室内と管球、ファントームの位置的關係を第7図に示す。壁はコンクリートである。

前記と同一乳剤のフィルムを2×3cmの大きさに切り、二重の黒紙封筒に密封し、ファントーム中心より50cm、100cmの距離で第8図に示すような位置においた。高さは焦点及びファントーム中心と同じで130cm、フィルム面はファントームの中心に向けた。利用線錐は絞り4×4.5cm、蛍光板上25×30cmの大きさ、人体腹部撮影時の条件で行った。撮影条件は第8表に、測定位置の關係図は第8図に示す通りである。

実験結果は第9表に示す如くであるが、これはフィルムに適当な黒化度が得られるように各々30回の曝射を行い、それを1回の曝射量に換算したものである。

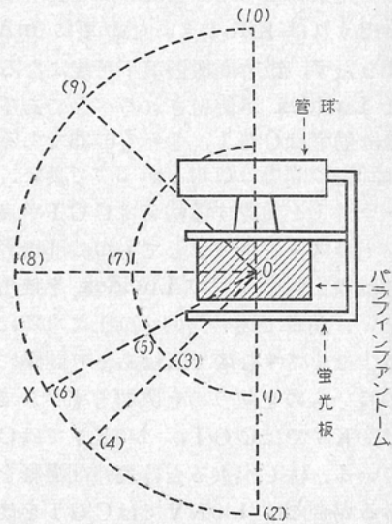
拡大撮影の場合

消化管の拡大撮影については次の章に述べるつもりであるが、その際の室内散乱線はついでに此处で検討しておく。80KV以下の低圧では2倍拡大撮影の場合は、焦点フィルム間距離が大きいため多くの線量(mAs)を要することとなり、管球規格の制限のため撮影時間が延長し運動による

第8表 高圧及び低圧撮影条件

電圧KV P	mAs	グリッド	増感紙
60	40	平行5:1	極光FS
120	11	直行10:1	同上
140	6	同上	同上

第8図 消化管撮影の散乱線測定



数字は測定位置の番号、半円はファントーム中心より50cm、100cmの距離

“ボケ”がひどくなるので、80KV以下の拡大撮影は現状では用をなさない。

装置及び実験方法は下記の如くである。

「レ」線発生装置 東芝製KXO-14

濾過板 Al 0.5mm

管球焦点及びファントーム中心は床上より125cm

ファントーム 35×35×10cm「バ」製品

2倍拡大撮影条件(人体腹部撮影条件)は第10表の通りである。各電圧とも20回曝射を行い、1回の曝射量に換算したものが第11表である。

第9表 消化管撮影時の室内散乱線量

KV	No.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
60	1以下	1以下	1以下	1以下	20	14.5	30.5	14.5	10	1.45	
120	〃	〃	〃	〃	20	10	30.5	14.5	8.7	1以下	
140	〃	〃	〃	〃	14.5	8.7	20	8.7	8.7	1以下	

No. 1~10は測定位置の番号 単位 mr

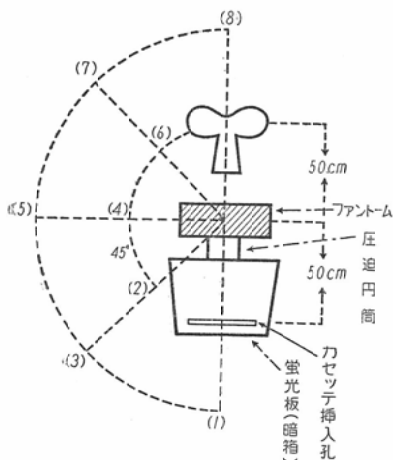
第10表 消化管の2倍拡大撮影条件 フィリップス社製廻転陽極焦点 $0.3 \times 0.3\text{mm}^2$

電圧KV	mAs	撮影時間	増感紙	グリッド
80	19.5	1.2	極光FS	(-)
125	4.0	0.2~0.3	極光HI-Volt	Lucidex (7:1)

管球規格が電圧 125KV P が最高であるので高圧は125KV P のみとした。

ツープス 直径 14.5cm 長さ 11.0cm

第9図 2倍拡大撮影の散乱線測定



数字は測定位置。半円はフロントーム中心より50cm, 100cmの距離

実際の撮影方法は臨床的応用, 第3章, 第2節でくわしく述べる。

散乱線測定の室内における管球, フアントームの位置の関係は第7図(II)の通りであり, 測定模型図は第9図に示す如くである。

普通透視撮影位置では側方の位置が一番多く, ついで斜後方が多い。蛍光板の前は, どの場合にも少なく, 1mr以下であるが, 此れは含鉛ガラスのためである。フィルム黒化法では1mr以下の黒化度は0.3以下となり誤差がひどくなるので測定しなかつた。

拡大撮影の場合は斜後方45°の方向が一番多い。しかも他と比べて非常に多いのは第7図(II)でわかる様に壁が一番近いので, その散乱線が加わるためと思われる。拡大撮影では普通撮影の場合に比べて全般的に散乱線が非常に多いが, 此れは拡大撮影は透視台に管球を装置したままでは撮影出来ないのので, 第9図の様な暗箱を用いて撮影したためである。従つて絞りを使用せずツープス

第11表 消化管2倍拡大撮影の散乱線量

KV	NO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
80	1以下	50	20	50	30	71	50	14.5
125	1以下	40	14.5	30	14	50	30	8

No. 1~8測定位置の番号 単位 mr

を用いているのみであるから「レ」線束の大きさが異なるので, 普通撮影と拡大撮影を比較するのは意味がないが, 兎に角両方とも低圧より高圧の室内散乱線が少ない。之も高圧撮影の有利な点の一つである。此の室内散乱線の減少は, 入射線量, 即ち被曝線量の減少が根底をなしているものであるから当然のことであろう。

透視の時は電圧を上げると蛍光板は明るくなるが, 第8表において, 60KVと140KVとを比較すると, mAsは $40:6=1/6.7$ であるのに第9表の散乱線は $1/2$ にはならない。透視の時 mAsを同一にすれば室内散乱線は高圧の方が当然多く, mAsを $1/3$ にしても多くなる筈である。従つて高圧では患者の被曝線量も多くなり, 又像もボケるので透視の時はむやみに電圧を上げることはさげねばならない。此のことより透視の室内散乱線は測定しなかつた。

第5項 種々の物質の電圧によるコントラストの変化について

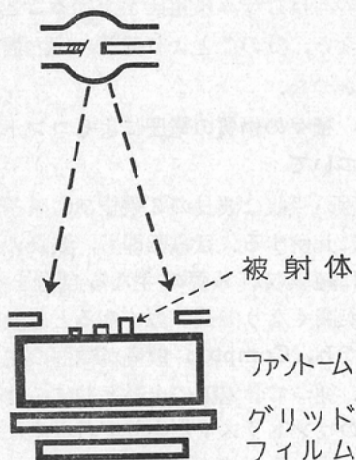
「レ」線の吸収は波長の3乗並びに原子番号の3~4乗に比例する。低電圧即ち, 波長の比較的長いうちは純吸収が減弱の主なる部分を占めるが, 電圧が高くなり波長が短くなると急激に純吸収は小となり, Compton散乱が減弱の主なる部分となる。従つて管電圧の上昇と共に, 骨組織と軟部組織のコントラストは余り変らなくなる。

Wachsmann⁴⁾ は色々の厚さのアルミニウム

階段を厚さ15cmの水層に沈めて撮影し、又合成樹脂板に色々の深さの孔を穿つたものを水層中に沈めて撮影し認めうる最小の深さを各電圧について求め、次にクロスグリッドを使用し、散乱線を除去すれば孔の深さ、即ち空気の認知し得る厚さは180KVにおいて、グリッドを使用せぬ場合の60KVにおけるよりも小さくなり、アルミニウム(骨の代用として)の場合はグリッドを使用しても100KV以上ではグリッドを使用せぬ場合の60KVより厚くなると述べている。吉村³⁰⁾、駒井³²⁾等もWachsmannの追試としてアクリル酸樹脂及びアルミニウムの階段を用いて、各電圧における認知し得る厚さを求めた。アクリル酸樹脂模型は60KVから電圧が上昇するに従って認知しうる厚さが増し、薄いものは認知し難くなるが、交叉グリッドを用うれば140~150KV迄60KVと同様に認知出来る。アルミニウム模型の場合は電圧の上昇と共に認知しうる厚さは急激に増加する。60KVで認知しうる厚さは交叉グリッドを使用しても100KV以上では認知しにくくなる。即ち骨の診断には高圧は適せず100KV以下でなければならない。軟部組織を対称とした診断の場合には邪魔になる骨陰影は消失した方が良いので150KVが適当であると云っている。

造影剤、骨、軟部組織の3者のコントラストに

第10図 パラフィン、バリウム、石膏のコントラストの実験方法



についてはMattsson³⁾が実験しているが、グリッドの組合せは実験していない。私は骨の代りに石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)、軟部組織の代りにパラフィン($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)、それに硫酸バリウム(BaSO_4)の三者のコントラストについて各種のグリッドを組合せて実験した。

装置及び実験方法は下記の如くである。

「レ」線発生装置、焦点、濾過板、フロントーム、撮影距離、増感紙、フィルム、現像は第2章、第2項に述べたものと同様。

各物質は内径2cmのビニール円柱に入れ、石膏、「バ」は固形、硫酸バリウムはバリトゲン(伏見)の懸濁液を作り実験中に沈澱しないようにした。基礎黒化度を1.0とし測定には山部式濃度計を使用した。「バ」フロントームとコントラストを測定した物質及びフィルムとの関係を第10図に示す。

i) 一定の厚さのコントラストの変化

或る一定の厚さをとり、コントラストを比較した。わかりやすくするために60KVで各物質のコントラストがほぼ近似した値を示すように厚さを下記のようにした。

バリウム	0.3cm
水：バリウム	1：1
石膏	2cm
パラフィン	8cm

グリッドは次の2種類を使用した。

平行グリッド(SG) 格子比 5:1

直行グリッド(CG) 格子比 10:1

かくの如くして測定した結果を第12表、第11図に示す。

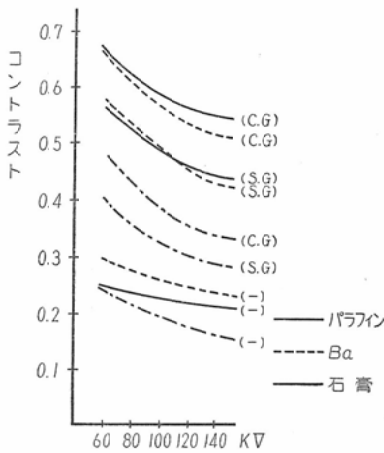
電圧の上昇によるコントラストの低下は、石膏、バリウム、「バ」の順である。平行グリッドを使用した時のコントラストの増加は各電圧とも、「バ」、バリウム(以下 B_a と略す)、石膏の順であり、「バ」、 B_a は大差はないが石膏は最も増加率が少ない。直交グリッドにより散乱線を除去すれば、尙一層その差は著しくなる。

ii) 各物質の厚さの違いによるコントラストの変化について

第12表 一定の厚さの物質の電圧によるコントラストの変化

物質	電圧 グリッド	電圧				
		60	80	100	120	140
パラフィン	(-)	0.25	0.24	0.22	0.22	0.21
	SG	0.56	0.53	0.49	0.46	0.44
	CG	0.67	0.62	0.59	0.56	0.54
バリウム	(-)	0.3	0.28	0.27	0.25	0.23
	SG	0.57	0.54	0.5	0.45	0.42
	CG	0.66	0.61	0.57	0.53	0.51
石膏	(-)	0.23	0.22	0.2	0.18	0.17
	SG	0.4	0.36	0.33	0.31	0.29
	CG	0.48	0.43	0.39	0.36	0.33

第11図 一定の厚さの物質の電圧によるコントラストの変化



同一図表に表示する便宜のため、厚さを倍数で表わした。

バリウム 0.3, 0.6, 0.9, 1.2cm

石膏 0.5, 1.0, 1.5, 2.0cm

パラフィン 2, 4, 6, 8cm

バリウム：水 1：4

グリッドは前回と同様の2種類を使用した。

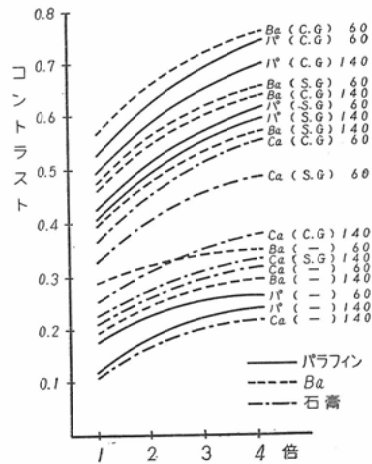
その結果を第13表、第12図に示す。

厚さを変えた場合、60KVと140KVとでコントラストの変化をみると、60KVではコントラストは、Ba 石膏、「パ」の順であるが、140KVでは Ba、「パ」、石膏の順となる。140KVに平行グリッドを使用すると、「パ」、Ba 石膏の順となり、「パ」及び Ba と石膏のコントラストの差が

第13表 物質の厚さの違いによるコントラストの変化

物質	電圧	グリッド	コントラスト (倍)			
			1	2	3	4
パラフィン	60KV	(-)	0.18	0.22	0.24	0.25
		SG	0.42	0.51	0.57	0.61
		CG	0.52	0.62	0.7	0.74
	140KV	(-)	0.11	0.18	0.21	0.22
		SG	0.41	0.49	0.55	0.59
		CG	0.49	0.59	0.65	0.7
バリウム	60KV	(-)	0.28	0.32	0.33	0.34
		SG	0.48	0.56	0.62	0.65
		CG	0.56	0.66	0.72	0.77
	140KV	(-)	0.19	0.23	0.28	0.29
		SG	0.4	0.47	0.53	0.57
		CG	0.45	0.54	0.6	0.62
石膏	60KV	(-)	0.21	0.25	0.29	0.31
		SG	0.32	0.4	0.45	0.48
		CG	0.37	0.44	0.52	0.55
	140KV	(-)	0.1	0.16	0.2	0.21
		SG	0.22	0.28	0.31	0.32
		CG	0.25	0.31	0.35	0.37

第12図 物質の厚さの違いによるコントラストの変化



著しくあらわれる。「パ」及び Ba では60KVでグリッドを使用しない時の4倍の厚さのコントラストは0.25及び0.34であつて、140KVに平行グリッドを使用した時の1倍の厚さのコントラスト(それぞれ 0.41, 0.4)にも遥かに及ばない。140KVに直交グリッドを使用すれば此の傾向は一層著明にあらわれ、それぞれ 0.49, 0.45とな

る。石膏では60KVでグリッド無し、4倍の厚さのコントラストは0.31, 140KV直交グリッド使用で1倍の厚さは0.25, 2倍の厚さで0.31となり、グリッドを使用しても「Ba」に比し石膏のコントラストの増加の程度は悪いことがわかる。

物質の厚さによるコントラストの上昇は、第12図の曲線の傾斜の度合でわかるのであるが、グリッドを使用した場合は、「Ba」が一番著明に上昇し、Baと石膏は大差がないようである。

考察 グリッドを用いた場合のコントラストの増加は電圧の上昇によるコントラストの低下を上まわり、例えば60KV G(-) : 140KV CG(+)(+)についてみるに、「Ba」0.25 : 0.54, Ba 0.3

	60KV G(-)	140KV SG(+)	140KV CG(+)
パラフィン	0.25	0.41	0.49
バリウム	0.34	0.4	0.45
石膏	0.31	0.22	0.25

となり、「Ba」では60KV 4倍より140KV 1倍の厚さの方が、グリッドを用うれば反つてコントラストは良くなる。Baはやはり良くなるが大差はない。石膏は明らかに悪くなっている。即ちBaは一般に云われる程コントラストは低下せず、高圧になつても散乱線を除去すれば薄層の部分も充分コントラストが得られる。此の事は消化管に高圧撮影を応用した場合、骨の陰影は淡くなり、それに重複した造影剤の陰影は明らかに認められるようになることを示すものである。又、造影剤の薄い層の部分も充分コントラストは保持されるため³¹⁾、レリーフ像、ニツシエの診断にも有利であり、此のことは後述する高圧拡大撮影で微細構造を診断する場合に非常に好都合である。本実験に水：バリウム4：1の懸濁液を使用したのが此れは次に述べる様に高圧撮影では此の程度の濃度のものが適しているからである。

第6項 造影剤についての検討

消化管の透視診断に用いる造影剤としては現在の所、硫酸バリウムが主体をなしている。最近各社より種々検討が加えられ新製品が続出し、その製品も水と分離し難く、安定度の大きな且つ、粘着力の強いものに改善されて来た。高圧撮影の場

：0.51, 石膏0.23 : 0.3で60KV G(-)より140KV CG(+)(+)の方がコントラストは良くなっている。且つコントラストの増加率は、「Ba」, Ba, 石膏の順であるが石膏は最も増加率が少なく、「Ba」, Baはあまり変らない。このことは高圧では骨の陰影は淡くなり、「Ba」, Baの陰影はみやすく消化管の診断には高圧が適していることを示すものである。

次に厚さの違いによるコントラストの変化をみるためわかりやすく、60KV G(-)の4倍の厚さと140KV G(+)(+)1倍の厚さのコントラストを比較する。

合、従来一般に使用されている程度のBa濃度でよいか検討する必要があるので、添加剤及び沈降試験の検討も併せて行つた。

a) 各種硫酸バリウムの安定度及び添加剤について

i) 沈降試験

本試験には色々の方法があるが²⁷⁾³⁸⁾、実用的であり又客観的に観察出来る方法として、試験管を垂直に立て、「レ」線写真を一定時間毎に撮影する方法を採用した。懸濁液の濃度を一定にするため、各々水：Baの比が10：1となるようにし、同時に攪拌後、2, 5, 15, 30, 45分に「レ」線撮影を行つた。製品は流動Xゾル(F社), ソフトXゾル(K社), ベースト(F社), バリトゲン(F社), 局方硫酸バリウム(F社)の5種類について検査した。(写真は一括して最後に掲載する)

写真1, abcdeに示す様に、局方硫酸バリウムは、2分後に沈降し始め、次に5分後にはベースト、15分後にはソフトXゾルが沈降する。45分後には沈降の程度は局方硫酸バリウム、ベースト、ソフトXゾルの順に大きい。流動Xゾル及びバリトゲンは沈降しない。両者の間では密度の均一性の点から流動Xゾルの方が優れている。

大体胃、十二指腸の上位消化管の診断は、本実験の時間内で済むことが多いので流動Xソル及びバリトゲンが診断に使用出来る。此の両者には安定性及び粘着力の増強のため、それぞれアラビヤゴム、アルギン酸ナトリウムが添加されている。安定度も高く、粘着力の強いものが添加剤には必要であるのでその粘度を測定した。

ii) 添加剤の粘度

諸種の薬剤の1%液を作り、粘度をOstwaldの比粘度測定法により比較した⁸⁾³³⁾。バレイショ濃粉は煮沸しつゝ溶解させた。アルギン酸ナトリウム、トラガント末、アラビヤゴム末は三角コルベン内で振盪し、水の拡散により溶解させ、ガーゼ4枚で濾過したものを測定した。その結果を第14表に示す。

第14表に示す如く、アルギン酸ナトリウムが一

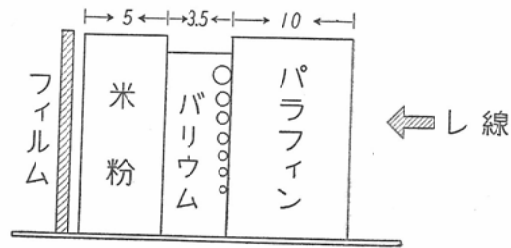
第14表 Ostwald による比粘度測定結果

添加剤名	pH	比 粘 度 (g/cm sec) 20°C±0.5°Cにおいて
バレイショ濃粉(局)	6.6	0.015879
アルギン酸ナトリウム	6.8	0.814244
トラガント末(局)	6.2	0.593364
アラビヤゴム末(局)	5.8	0.014899
グリセリン(局)	6.2	0.011815

蒸溜水20°Cの比重 0.99823

番良く、次いでトラガントであり、他のものは劣る。進藤⁸⁾によれば、トラガントの方がアルギン酸ナトリウムより比粘度が強い結果が出ているが、測定液の調製法、製品により幾分差が生じてくるものと思われる。沈降試験の結果で、アルギン酸ナトリウム及びアラビヤゴムの添加されたバリウムは非常に安定度の良いことがわかったが、更に比粘度測定結果から粘着力増強度はアルギン酸ナトリウムが最大で次はトラガント末であることが明らかとなつたので、アラビヤゴムの代りに同じゴムの一種であるトラガントを置きかえて、アルギン酸ナトリウムとトラガントを添加すれば、粘着力及び安定度共に一層改善されたものが出来る筈である。最近私の此の実験後に両者の添加されたものが製品として既に販売されているの

第13図 バリウム濃度についての実験ファントーム



で、消化管診断の造影剤として十分に目的は達せられると思う。

b) 硫酸バリウムの濃度について

電圧の上昇に従つて「レ」線の減弱は厚さと密度が大きな因子となり、原子番号は余り問題にならなくなる。一方透過度も増加するので造影剤中の陰影も高電圧撮影の方が現出しやすいと云う事が考えられ、バリウム濃度の薄い方が、その陰影の出現能が良いと思われるが、反面バリウムそのもののコントラストの低下が過度でもいけないので、どの程度の濃度が最適であるか実験した。

第13図のようなファントームを作成し種々の濃度のBa液槽中に0.3, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0cmの「パ」球を2列に並べて入れ、「レ」線撮影を行った。電圧は60KV及び140KVの2種類である。

Baに対する水の比を2, 3, 4, 5, 6, 7倍とした。

写真2の如く60KVでは「パ」球の陰影は全然認められないが、140KVでは最小の0.3cmの「パ」球が3倍稀釈から認められ、4倍では明瞭に認められる。現在では消化管診断に際して透視は不可欠のものであり、高圧では造影剤のコントラストの低下をきたすため余り造影剤の濃度がうすくなると透視診断がしにくくなる。此等のことより考察すれば最低稀釈で「パ」球が現出する3~4倍が高圧撮影には適当であるといふことが出来る。此れは門田²³⁾、浜田²⁵⁾等の実験結果とほぼ一致する。Ba濃度がうすくなるためその安定性が重要であり、先に実験した添加剤、即ちアルギン酸ナトリウム及びトラガント末の添加が必要である。添加量は黒川、松永²⁷⁾等の処方のように1%内外で良いようである。

第7項 小括及び考按

高圧撮影の基礎的実験は既に多くの先人達の発表があるが、実験方法、「レ」線発生装置その他が異なるので私も実験を行った。

東芝製KXO-14高圧発生装置、濾過板Al 0.5 mm, 35×35×10cm, 「パ」ファントームを使用して60～140KV迄の電圧について実験した。

透過線量と電圧との関係

キストナー線量計で1 mAs 当りの空中線量を測定すると60KVと140KVでは約4倍に増加する。又透過線量を比較すれば140KVは60KVの約3倍となる。従つて同一黒化度を得るための「レ」線量は140KVでは60KVの $1/7$ で良い筈であるが、それを実測してみると60KVで24.9mr, 140KVでは3.54mr で丁度 $1/7$ になっていることがわかった。更に被写体通過後の「レ」線量もしらべてみたが電圧の3.0～3.5乗に比例することが明らかとなつた。このことから高圧では線量(mAs)が非常に少なく済むことがわかる。

黒化度と電圧との関係

フィルム、増感紙の組合せで、グリッド無しの場合、5:1平行グリッド使用の場合、10:1直交グリッド使用の場合の3通りについて黒化度1.0をうるに要するmAsを求めた。あらゆる場合に黒化度は電圧の約4乗に比例し線量の場合より冪数が増加することがわかった。電流は単に1乗に比例するに過ぎないので同一黒化度をうるための電圧の上昇は非常に能率的であり、グリッドを使用しても高圧ではmAsは非常に少なく良いことになる。此のことより高圧撮影では管球負荷が減少するので小焦点撮影が出来るので尖鋭度の良い写真が得られる。

散乱線含有率

鉛円板を使用、フィルム黒化法で測定した。35×35×10cm, 20×20×10cmの2種類の「パ」ファントームを使用し、フィルムはカセットに入れ増感紙を使用したもの、取りはずしてカセットだけのもの、2通りについて実験した。電圧による散乱線含有率の増加は両方のファントームとも5%以内で、ファントームの大小による含有率の比較

に於ても大差は認めない。増感紙の有無による差は60KVではそれぞれ76%及び65%, 140KVでは78%及び73%であつて高圧の方は余り減少しない。これは散乱線は直接線よりも波長が長くなるので、低圧の場合は散乱線が増感紙に吸収され易いが、高圧の時はそれ程でもないためである。何れにしても散乱線含有率は相当多いのでその除去が必要となつてくる。

散乱線除去法

消化管診断では透視撮影が普通であるので焦点、被写体間距離は40cm位でフィルムを15～20cmはなすグレーデル法では拡大撮影に使用するような小焦点でなければ量が出るので、グリッド法について実験した。Lucidex (格子比7:1), Lucidex とMSブレンデ (格子比4:1) による交叉ブレンデ (格子比11:1), MSクロスブレンデ (格子比12:1) の3通りについて測定した。露出係数、グリッドの効率両方を加味して、60KVではLucidex, 100, 120KVでは格子比11:1の交叉ブレンデ, 140KVでは格子比12:1のクロスブレンデが適当である。実際に消化管診断を行う時は絞りを利用して「レ」線錐を小さくして撮影するのが普通であるからこれのみでも散乱線量は或程度減少する。従つて実際には各電圧とも上記より低い格子比のもので充分である。

室内散乱線

立位透視撮影の条件で「パ」ファントームを使用し、フィルム黒化法で測定した。絞りは4×4.5cm, 螢光板上25×30cmの大きさの「レ」線錐で人体撮影条件で曝射した。60, 120, 140KVで比較すると高圧になる程室内散乱線は少なく、一番多い場所は側方である。

2倍拡大撮影の場合を80KVと125KVで比較したが、やはり高圧の方が少ない。此の場合はツープスを使用したため全般的に散乱線量は非常に多くなつている。特に斜後方45°が一番多いが、これは此の方向が壁に最も近く後方散乱のためと思われる。

高圧撮影において散乱線量が減少するのは、入射線量即ち被曝線量が減少することが根底をなしているものであるから当然のことであるが、此れ

も高圧撮影の有利な点の一つである。

コントラスト

軟部組織の代りに「バ」($C_n H_{2n+2}$)、骨の代りに石膏($Ca SO_4 \cdot \frac{1}{2} H_2 O$)、を使用し、 B_a ($Ba SO_4$)の懸濁液を作り、電圧によるコントラストの変化を調べた。電圧の上昇によるコントラストの低下は石膏、 B_a 、「バ」の順であつて、「バ」は殆んど低下しない。此れに平行グリッド格子比5:1を用いて散乱線を除去すると三者共にコントラストは増加し、「バ」、 B_a の増加は著しいが、石膏は前二者に比してそれ程著しくない。直交グリッドを使用すると此の傾向は一層著明になる。次に「バ」、 B_a 、石膏の厚さを変化した場合についてみると、低圧でグリッドを使用しない場合の4倍の厚さと高圧でグリッドを使用した場合の1倍の厚さとのコントラストを比較すれば、「バ」、 B_a は優れ、石膏のみが劣る。従つて消化管診断において、高圧撮影では軟部組織、 B_a のコントラストはそれ程低下しないが骨のコントラストは低下し、骨と重複した部分の B_a の陰影は反つて良く識別される。此の現象をBückerはKontrastumfang(対照範囲)が広くなると表現し、尾関は診断域の拡大としたわけである。

造影剤についての検討

高圧撮影では「レ」線は短波長となり、「レ」線の減弱は純吸収よりCompton散乱による方が次第に多くなり原子番号による差は小さく余り問題にならなくなり、厚さと密度が主役を演ずるようになる。造影診断に際して此の特長を利用して質的診断を高めるため、「バ」球を B_a 槽の中に沈め、60KVと140KVで色々の B_a 稀釈度で撮影して検査した所、140KVでは3倍稀釈より見え始め、4倍稀釈では一番小さな「バ」球直径3mm迄認めうる事がわかつた。ポリープ、癌の診断に此の稀釈度が適していると云うことが出来る。60KVではどの稀釈でも認知出来ない。 B_a を稀釈すれば沈降しやすくなるのでこれを防止するため添加剤を加えねばならない。安定性を沈降試験で、粘着力をOstwaldの比粘度測定器で測定した所、アルギン酸ナトリウムとトラガント末を1

%加えたものが安定性及び粘着力共にすぐれていることが明らかとなつた。

第2節 臨床的応用

日常消化管診断で最も頻度の多い胃、十二指腸を診断対照として比較した。

「レ」線発生装置 東芝製 KXO-14

フィルム さくらタイプY、又は富士Xレイ医療用フィルム

撮影条件 第15表の通りである。

第15表 消化管撮影条件

電圧	mAs	撮影時間 (秒)	グリッド	焦点
60KVp	40	0.2~0.1	平行5:1	$4.5 \times 4.5 mm^2$
140KVp	4	0.1	平行5:1	$1.5 \times 1.5 mm^2$
	6		直行10:1	

増感紙 極光FS

さくらタイプY又は富士Xレイフィルム

B_a は普通使用されている濃度、水: B_a 1.5:1及び基礎実験で検討した4:1の両方を使用した。以下症例について説明する。

症例1(写真3) 胃潰瘍

a) 低圧撮影 B_a :水 1:1.5

小彎側の潰瘍性ニツシエ

b) 高圧撮影 B_a :水 1:4

小彎側のニツシエも充分認められ、全般的にコントラストは適度に低下し充満像中にレリーフが透見出来る。a)、b)とも5:1の平行グリッドを使用した。

症例2(写真4) 胃の癌性潰瘍及び陰影欠損

a) 低圧撮影 B_a :水 1:1.5

圧迫円筒使用、癌性潰瘍、Randwall及び陰影欠損を認む。

b) 高圧撮影 B_a :水 1:4

圧迫なし、癌性潰瘍及び周囲の陰影欠損がより一層明瞭に認められる。a)、b)とも5:1のグリッド使用。

症例3(写真5) 十二指腸球部潰瘍

a) 低圧撮影 B_a :水 1:1.5

十二指腸球部の正面ニツシエ、レリーフの集中像がみられる。5:1のグリッド使用。

b) 高圧撮影 B_a :水 1:1.5

骨陰影の消滅のため相対的に十二指腸球部のレリーフの集中像によるニツシエが明瞭にみられる。10：1のグリッド使用。

症例4（写真6） 胃，十二指腸潰瘍

a) 低圧撮影 B_a ：水 1：1.5

幽門部に三角形のニツシエがあり，十二指腸球部は痙攣性のため充満せず，十二指腸にも斑点状のニツシエ（✓印）が認められる。

b) 高圧撮影 B_a ：水 1：1.5

低圧に比して幽門部，十二指腸のニツシエは周囲の造影剤のコントラストの低下が，ニツシエ自体のコントラスト低下より著しいため反つてニツシエの判別がしやすくなる。a), b)とも5：1のグリッド使用。

臨床例の検討

バリウム濃度について基礎実験では内部陰影の出現から3～4倍が最も良い結果が出たが，臨床的に試みた所，水： B_a 4：1は側面ニツシエ，陰影欠損等の充満像診断に用い得る。胃のレリーフも或程度透見出来るが充満像でレリーフの微細な診断は不可能である。併し適当な圧迫を加えれば可能になる。微細なレリーフ像の診断には何れにしても圧迫を加えなければならぬものとするれば従来使用されている水： B_a 1.5：1程度のもがコントラストの關係から高圧撮影にも適している。

結論的には， B_a 濃度は臨床的には1.5：1で高低圧共に良いことになる。唯，胃の間接撮影の如く觸診や圧迫円筒が自由に使えない場合には内部構造の見やすい，4：1の方が適していよう。

第3章 高圧拡大撮影

高圧拡大撮影とはX線拡大撮影に高圧撮影法の技術を附加して行う撮影法を云う。拡大撮影法は大別して，直接拡大撮影法と間接拡大撮影法とに分けられる。

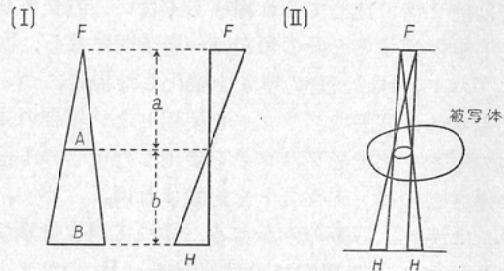
間接拡大撮影法は単純「レ」線写真を撮影し比れを引き伸ばして観察する方法である。此れは二重手間の煩雜さもあるが特にフィルムの粒子も拡大されて尖鋭度が悪くなるため現在まだ実用に供されていない。此れに反し直接拡大撮影は1回の

曝射でフィルム上に目的とする部分の病巣，又は器官を拡大して撮影し，尖鋭度も良い。此の拡大撮影法に前記の特徴を持った高電圧を加味し，より一層診断の性能を上げようとするのが高圧拡大撮影法である。

第1節 理論及び方法

「レ」線は光線と異なり，レンズ等で屈折させる事は出来ない。それで「レ」線が拡散してゆく原理を応用して像を拡大するに過ぎない。今「レ」

第14図 拡大撮影の原理



$$\frac{B}{A} = \frac{a+b}{a} \quad B = A \frac{a+b}{a}$$
$$\text{拡大率} \frac{B}{A} \text{ を } V \text{ と置けば } V = 1 + \frac{b}{a}$$
$$\therefore b = a(V-1)$$

線焦点をF，物体の大きさをA，像の大きさをB，焦点物体間距離をa，物体フィルム間距離をbとすれば第14図(1)より

$$\frac{A}{B} = \frac{a+b}{a} \text{ 従つて } B = A \cdot \frac{a+b}{a}$$
$$= A \left(1 + \frac{b}{a} \right)$$

今 $\frac{B}{A}$ を拡大率としてVとすれば

$$V = 1 + \frac{b}{a} \quad b = a(V-1) \text{ となる。}$$

従つて2倍拡大撮影をする時は， $a=b$ とすればよい。3倍拡大撮影をする時は， $b=2a$ となるように焦点，物体及びフィルム間距離をきめればよい。こゝで云う拡大率と云うのは，辺の長さが2倍，又は3倍になると云う事であり，面積では4倍又は9倍になる。

管球焦点は点でなく或一定の面積をもつている。従つて焦点の半影による幾何学的の量が生ずるのが問題である。今第14図IIのように焦点の大きさをF，フィルムの上にあられた半影の大き

さをH, 物体焦点間距離をH, 物体フィルム間距離をbとすれば

$$H = F \cdot \frac{b}{a} \text{ となる.}$$

一般に写真の影像の量について, 我々が肉眼で認めうる最大の大きさは, 0.2~0.3mm位と云われている. 前記の式より

$$\frac{b}{a} = (V-1) \text{ より } H = F(V-1)$$

となる. 即ち, 今V=2とすれば, H=F, H=0.3になるためには, F=0.3でなければならない. 即ち2倍拡大撮影の場合に管球焦点の大きさは0.3×0.3mm²であれば量は0.3mmとなり肉眼的には目立たない. 逆に0.3×0.3mm²の焦点の管球では2倍以上の拡大は無理と云うことになる.

拡大撮影の場合も「レ」線像の良否を決定するものは単純撮影の場合と同様に対照度及び尖鋭度の2つである. 高橋³⁰⁾は拡大撮影の及ぼす効果を次のように分けて説明している. 1)動揺効果, 2)歪効果, 3)濾過効果, 4)細去効果, 5)開隙効果, 6)重複効果, 7)擬影効果の7つに分けている. 此の中1)2)7)は欠点であるが, 3)5)は拡大撮影の長所である. 4)6)はどちらも云えないもので特に4)は本質的には3)と同じもので観点が異なるのみである. 開隙効果以外は普通撮影にもある現象であるが, 拡大の場合はそれが強調されるに過ぎない. 直接拡大撮影の長所は高橋の云う濾過効果(細去効果を含めて)に相当するものであり, 2×2mm²の焦点であれば, 2×2mm²以下の物は時により半影のみで陰影を結ばず, 結局「レ」線写真上に見えないものが0.3×0.3mm²焦点であれば像を結び得ることになる. 此れは最大の長所であるがそれにも限界があつて0.3×0.3mm²以下の物は像を結ばない.

第2節 臨床的応用

消化管は運動器官であり特に日常屢々対照となるのは胃, 十二指腸であり運動の著しい部位である. 尖鋭な拡大像をうるためには, 消化管の運動及び被検者の動揺による量を防止せねばならない. それには目的とする部位を固定させ短時間撮影を行わねばならない. 更に必要な状態を撮影す

るためには狙撃撮影が必要である. それで第9図に示した様な装置を考案した. 即ち暗箱を使用し, 被検者側に10cm直径の圧迫円筒を装置し, 対側に螢光板を取付け, その前にフィルム挿入孔を作り圧迫円筒の先端から45cmの距離になる様にした. 焦点フィルム間距離は100cmとした. 此れは消化管は腹側より約5cm深部にあると推定して此の様に管球を固定した. 管球を固定した意味は必要に応じてすぐ拡大撮影が出来ると云う利点があるからである. 被検者をハンドルで上下に移動する台の上に立たせて撮影位置を合せる. 先づ普通透視撮影を行つた後, 直ちに本装置で透視(2倍拡大像)により目的とする部位及び状態を確実に把握して拡大撮影を行つた.

撮影条件

「レ」線発生装置 東芝製KXO-14

管球 フィリップス社製廻転陽極

焦点 0.3×0.3mm²

フィルム被写体, 被写体焦点間距離, 各々約50cm

125KVp, 3-4 mAs 0.2~0.3sec

増感紙 極光 FS

フィルム さくらタイプY及び富士Xレイフィルム

散乱線除去にLucidex(格子比7:1)を使用した.

拡大撮影の場合は焦点フィルム間距離が遠く胸部に比して腹部は, より多量の「レ」線量を要する. 本装置では管球保存上低圧では露出時間が非常に長くなり, 80KVp 19.5mAsで1.2秒以上でなければならないので臨床的には役に立たない. 従つて症例について拡大撮影の高圧, 低圧の比較はしなかつた.

拡大撮影の目的は, レリーフの微細構造の診断にあるので, バリウムは透視にこれ迄使用されている水:バリウム, 1.5:1にした. 他のもう一つの理由は低圧普通写真と高圧拡大写真とを同一状態の下で比較しようとしたからである.

室内散乱線について

第2章高圧撮影の第1節第4項室内散乱線の所

で述べた様に、本装置は管球にツープスを着用し絞りがないので散乱線量は普通透視撮影の条件に比して非常に多いが 125KV と 80KV とを比較すれば高圧の方が遥かに少ない。

低圧撮影したものを a)、高圧拡大撮影したものを b) とし以下臨床例について述べる。写真 7～13 参照。

2 倍拡大撮影の条件は前述の第 10 表の通りである。

症例 5 (写真 7) 正常胃

- a) 幽門部の横走るレリーフ像
- b) 個々のレリーフの間隙が開大され、一つ一つが明瞭に認められる (開隙効果)。

症例 6 (写真 8) 胃癌に随伴した萎縮性胃炎

- a) 小彎側の恒存陰影、レリーフの中断。
- b) レリーフの中断、陰影脱落。その部位に繊細なレリーフの走行の亂れた萎縮性胃炎の像及びその下に朦朧像を認めることが出来る。

症例 7 (写真 9) 胃癌の潰瘍形成

- a) Randwall, 癌性潰瘍による穿通を思わす。小彎側の陰影欠損が認められる。
- b) 癌性潰瘍の穿通状態が一層判明する。胃体部の陰影欠損の状態が造影剤の濃淡の差により明らかに認められ広範囲に癌性変化のある事を推定せしめる。

症例 8 (写真 10) 胃癌(ポリープ様陰影欠損)

- a) 胃角の消失、幽門部陰影欠損
- b) 幽門部に 2 個のポリープ様陰影欠損を明瞭に認め、陰影欠損及び狭窄が一層判然と認められる。

症例 9 (写真 11) 胃癌による幽門狭窄

- a) 幽門部の癌性狭窄、小彎側の壁硬直
- b) 上記所見に加え、幽門、十二指腸球部の境に円形の陰影欠損が認められ、且つ十二指腸球部の立体観が現出されている。

症例 10 (写真 12) 上行結腸の Pseudo polyposis

- a) 上行結腸のハウストラの消失、小さい顆粒状の濃淡の陰影あり。
- b) 微細な顆粒状の陰影を明らかに認める外

に、濃い索状の陰影が認められる。本症例は手術を行い組織学的にも検査した所、大腸内腔は炎症により粘膜が顆粒状に腫脹し、そのため小さいポリープの集合像の様な陰影を呈したものであり本来の良性腫瘍のポリープとは異なるものである。

症例 11 (写真 13) 正常廻盲部

廻腸終末部、Bauhin 氏瓣の彎入及び上行結腸ハウストラの拡大写真。普通撮影では此の様な像は認め難い。

第 4 章 総括及び考按

高圧撮影の基礎実験を行い高圧の特徴及び低圧撮影と比較して有利な点を検討し、これを消化管の普通撮影及び拡大撮影に応用した。

基礎実験には人体と同様の「レ」線吸収率を示す厚さ 10cm の「バ」フアントーム (面積 35×35 cm) を用いた。

1) 入射線量、透過線量をキュストナー線量計により測定し入射線量に対する透過線量の割合を求めると、140KV では 60KV の約 3 倍に増加する。又 1mA 当りの線量は 140KV は 60KV の 4 倍である。従つて同一黒化度を得るための入射線量は 140KV では 60KV の $\frac{1}{4}$ で良い計算になり、実測の結果でも $\frac{1}{4}$ となり完全に一致することがわかつた。結局患者の被曝線量は 140KV では 60KV の $\frac{1}{4}$ に軽減されることになる。

透過線量と電圧との関係を調べると 60KV から 140KV に至る迄線量は電圧の 3～3.5 乗に比例する。従つて「レ」線量を増加するには電圧を上げることが非常に効果的であることがわかる。

2) グリッド (2 種類) 使用の時及びグリッド無しの場合の同一黒化度をうるに要する各電圧の mAs を求めて比較した。60KV でグリッドを使用しない場合を標準とすれば、140KV グリッド無しの場合には 60KV の $\frac{1}{18}$ の mAs でよく、5:1 平行グリッド使用で、 $\frac{1}{9}$ 、10:1 直交グリッド使用でも $\frac{1}{4.5}$ でよく何れの場合でも高圧では mAs は少なくてよい。

同一黒化度をうるための mAs は電圧の 4 乗に逆比例する。云いかえれば黒化度は電圧の 4 乗に比例すると云うことになり、撮影時間、距離が

一定である臨床診断の場合に電圧の上昇は電流に比し黒化度の増加には非常に有効である。

前述した線量と黒化度の場合と比率が異なるのは線量測定は、すべての散乱線を測定しているが黒化度の場合には、カセット、増感紙で波長の長い散乱線は吸収され易いからである。即ち散乱線の波長は直接線より長くなるものであるから、直接線そのもの、波長の長い低圧では散乱線は更に波長が長くなるので、高圧の散乱線より、より多くカセット及び増感紙のフロントに吸収されることになり、結局フィルム黒化にあづかる総線量が少なくなるので60KV: 140KV = 1:18となるのである。

3) 散乱線含有率を臨病的、実際的であるフィルム黒化法により、35×35×10cm, 20×20×10cmの大小2種類の「パ」ファントームを被写体として測定してみた。電圧による散乱線含有率は大差がない。ファントームの大小による差は高圧の方がやや多い傾向があるが此の程度のファントームの違いでは余り影響がないようである。増感紙使用の有無による含有率の変化は低圧の方が高圧に比して増感紙使用の場合減少の程度が著しい。此れは前述のように散乱線は一次線とは線質が異なるためである。

従つて高圧では散乱線を除去する必要度が低圧より強くなる。

4) 散乱線除去法として、消化管透視の場合焦点から透視台迄40cm位であり、被写体フィルムを15cmはなすグレーデル法は像も拡大されるので小焦点でなければ量が出てくる。それで日常グリッドを使用しているので、グリッド法のみ検討した。

格子比7:1(平行), 11:1(交叉), 12:1(直交)の3種類のグリッドを使用し、直接線の減弱率は、キュストナー線量計で測定し、散乱線の減弱率はフィルム黒化法で測定した。グリッドの効率に露出係数を加味すれば、60KVでは格子比7:1, 100KV及び120KVでは格子比11:1, 140KVでは格子比11:1及び12:1が最適である。

実際の消化管撮影では絞りを使用するため照射野は之より小さくなるので散乱線も減少し、臨病的には上記のグリッドより低格子比のもので良いと云うことになる。

5) 室内散乱線をフィルム黒化法で測定した。

i) 普通透視撮影の場合、「パ」ファントームを用い、人体撮影条件で曝射した所、高圧になるに従つて室内散乱線は少なくなる。位置的には前方の蛍光板でさえぎられる部分は少なく、それよりははずれた側方が一番多い。

ii) 拡大撮影の場合、同じ「パ」ファントームを用い、実際の2倍拡大撮影の条件で80KV, 125KVの両者について実験した。此の場合、絞りは使用せずツープスを用いているため両方とも普通撮影の場合に比して散乱線が多いが矢張り高圧の方が少ない。位置的には斜後方が一番多いが、これは壁に近いためであろう。

何れにしても高圧の方が低圧よりも室内散乱線は少ないがこれは高圧ではmAsが少なくて済むためである。

6) 高圧になると骨陰影が淡くなり診断域が広がるが、従来は軟部組織と比較しているのみであるから特に造影剤とのコントラストの関係をしらべた。

骨の代りに石膏、軟部組織の代りにパラフィン、造影剤は硫酸バリウムを用いた。一定の厚さをとつて電圧による変化を求めると、電圧の上昇にともなつて起るコントラスト低下の度合は、石膏、Ba, 「パ」の順である。グリッド使用によるコントラストの改善は石膏では殆んど認められないが、「パ」、Baでは著しく上昇し低圧のグリッド無しの場合よりも良くなる。且つ格子比の高い直交グリッド(10:1)を使用する方が上昇の度合は大である。

更に被写体の厚さを、2, 3, 4倍と変化させた場合のコントラストの変化を調べてみた。「パ」及びBaについては、140KV平行グリッド使用の際のコントラストは基本の厚さのもので、グリッドなしの60KVの4倍の厚さのコントラストより高く、更にクロスグリッドを使用すれば各

々の厚さに於て、グリッドなしの60KVの場合よりコントラストが約2倍位も増加する。石膏の場合にはグリッドを用いてもコントラストは余り良くなり、140KVでクロスグリッドを使用しても、 B_a の60KVグリッドなしの場合と大差がない程度にしかコントラストは上昇しない。此のことは高圧撮影にとって非常に重要なことで、石膏即ちカルシウムはグリッドを用いてもコントラストは良くならないが、「バ」は非常に良くなるので、胸部撮影に於て骨陰影と重なった浸潤等の病的陰影は鮮明となり、高圧撮影の最大の特長である診断域の広がる原因となるものである。 B_a も「バ」と同様の傾向があるので消化管の診断においても診断域が広がる。

7) B_a の安定度、その添加剤及び B_a 濃度について実験した。沈降試験によつて安定度を測定した所、45分後沈降しないものは5種類の B_a 中2種類だけであり、此等にはアルギン酸ナトリウム、アラビアゴムが添加されている。次に添加剤の粘着力をOstwaldの比粘度測定器で測定した所、アルギン酸ナトリウム、トラガント末が粘着力が大きいことがわかつた。即ち此等を添加した造影剤は安定で粘着力も良くなる。添加量は B_a の1%程度で充満像の診断に良い結果が得られる。

米粉5cm, B_a 懸濁液3.5cm, 「バ」10cmの厚さで構成したファントムを作り、「バ」小球を B_a 懸濁液の中に入れ、懸濁液の稀釈度を変えて「バ」小球の出現度を調べた。60KVでは全く出現しないが、140KVでは3倍稀釈から認知可能となり、4倍稀釈では一番小さい0.3cmの「バ」球が充分判別出来る。即ち胃癌、ポリープの診断は高圧で3~4倍稀釈の B_a を使用すれば好結果を期待出来る。

8) 臨床的に消化管の高圧撮影を行い従来の低圧撮影と比較した。高圧撮影の場合は格子比5:1(平行)及び10:1(直交)のグリッドを使用した。 B_a 濃度は従来の1.5倍及び4倍稀釈の両者を使用した。

低圧に比し高圧では脊椎に重なった十二指腸球部のニツシエは見えやすく、又陰影欠損の部分は

より一層明瞭となる。4倍稀釈の B_a では潰瘍ニツシエのコントラストは幾分悪くなるが診断には差支えない。又充満像でレリーフ像も透見出来るが微細なレリーフの亂れは観察不能である。しかし胃の間接撮影の様に触診や圧迫円筒が自由に出来ない場合には、そのまゝでいくらかでもレリーフが透見出来る点で濃厚なものよりも有利であろう。

拡大撮影はフィルム焦点間距離が遠くなるため、「レ」線量を多く要し、低圧では管球規格や装置の都合により撮影時間の延長をきたすが、一方拡大撮影の場合は逆に短時間撮影を行う必要があるため、此の点からも高圧撮影を応用する方がよい。フィリップス社製焦点 $0.3 \times 0.3 \text{mm}^2$ 、廻転陽極を使用し125KVで2倍拡大撮影を行い普通撮影と比較した。微細構造の観察のためコントラストはなるだけ低下しない方がよいので1.5倍稀釈の B_a を使用した。

胃、廻盲部、大腸を撮影し粘膜レリーフの拡大像は診断的価値の向上が十分に認められた。特に悪性レリーフの診断に適し、普通撮影で疑わしい場合でも拡大像では明らかに診断出来た。

第5章 結 論

消化管の高圧撮影は診断域が広くなり、充満像のレリーフが透見出来て、低圧に比して有利であると云われているが、どの程度臨床的に価値があるか、又拡大撮影は診断の向上に如何に役立つかを研究することを目的としたのであるが、それに先だつて高圧の特長及び有利性を基礎実験で検討した。

A) 高圧撮影の基礎的研究

60KVから140KV迄の電圧について、「バ」ファントム(厚さ10cm)を用いて実験した。

1) 被写体通過後の「レ」線量は電圧の3.0~3.5乗に比例し、黒化度は電圧の4乗に比例する。X線撮影において電圧の上昇は非常に効果的であり、管球負荷を軽減し、従つて小焦点の使用が可能となる。

被曝線量も軽減され140KVは60KVの $\frac{1}{4}$ で済む。

2) 散乱線含有率は電圧の上昇と共に幾分増加するが大差はない。増感紙を使用した場合の含有率の減少は低圧の方が著しく、高圧との差が大きくなり実際の撮影に当つては高圧は散乱線を除去する必要度が高くなってくる。

3) 散乱線除去用のグリッドは効率に露出係数を加味すると、60KVでは Lucidex, 100~120KVでは格子比11:1のクロスグリッド、140KVでは格子比12:1のクロスグリッド又は11:1の交叉グリッドが適している。

4) 室内散乱線は高圧撮影の方が少ない。拡大撮影の場合は絞りでなく、ツープスを使用しているので普通撮影に比して一般に室内散乱線が多いが、矢張り高圧の方が少ない。

5) 「パ」、 B_a 、石膏の電圧によるコントラストの変化をしらべた所、電圧の上昇によるコントラストの低下は石膏、 B_a 、「パ」の順である。グリッド使用により「パ」、 B_a は、グリッドを使用しない低圧より遥かに高いコントラストが得られる。石膏即ちカルシウムはグリッド使用によつて余りコントラストは良くならない。従つて高圧では骨の陰影は淡くなり診断域の広い写真が得られる。

6) B_a の添加剤としては粘着度並びに安定度の点から、アルギン酸ナトリウム、トラガントが優れ、 B_a に対し1%程度の割合で良い。 B_a 内部の陰影出現能の実験からすれば、 B_a 濃度は高圧では3~4倍が良いが低圧では濃度に関係せず内部のものは見えない。

B) 臨床的応用

1) 高圧撮影は低圧に比較して陰影欠損の程度は一層明瞭になり、骨に重なつた部分の微細な陰影は見やすくなる。Profilnischeはコントラストが低下するがEnfacenischeは証明しやすくなる。

実際の消化管診断に当つての B_a 濃度は薄いもの(4:1)は小さい陰影欠損の診断に適し、又ニツシエも証明しやすくなるが微細なレリーフ診断には濃厚なもの(1.5:1)の方が良い。結論的には病院に於ける一般診断には従来の1.5:1

を用い、消化管の集団検査等には4:1を用うるが良いと考える。

高圧撮影は被曝線量及び室内散乱線が少ないので、レントゲン映画等、一度に何回も照射する場合に特に適している。

2) 高圧拡大撮影は微細な粘膜レリーフ像の質的診断、殊に悪性変化の有無に関しては充分価値があり、普通撮影で不明な点まで診断可能である。但し普通透視撮影に比して被曝線量及び室内散乱線は増加するため此の対策が必要である。

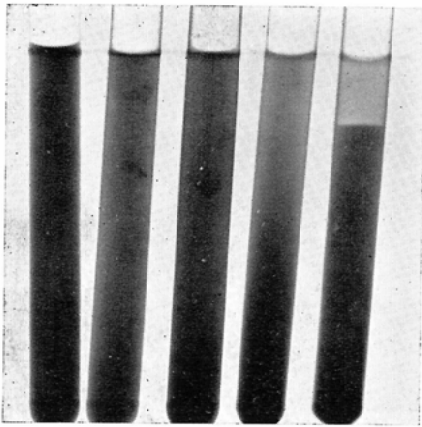
執筆するに当り、終始御指導、御校閲をたまわつた恩師尾関教授、又種々御援助を頂いた真子助教授を初め教室員諸兄に対して厚く御礼申し上げます。

主要文献

- 1) Mattsson, O.: Some studies on Primary and secondary radiation and on secondary screening in diagnostics up to 200 KV. Acta. Rad., 46, 621, 1956. — 2) Nemet, A., Cox, W. F., and Hills, T.H.: The Contrast problem in high Kilovoltage medical radiography. Brit. J. Radiol., 26, 185, 1953. — 3) Mattsson, O.: エックス線写真撮影法の実際的諸問題, 克誠堂出版株式会社, 昭32. — 4) Wachsmann, F., Breuer, K., Buchheim, E.: Grundlagen und Ergebnisse der Hartstrahltechnik. Fortschr. Geb. Röntgenstr., 76, 147, 1942. — 5) Bückner, H.: Erfahrungen mit der Hartstrahltechnik und der Feinstfokusröhre. Fortschr. Geb. Röntgenstr., 77, 153, 1952. — 6) Büchner, H.: Direkte Röntgenvergrößerung und normale aufnahme. Fortschr. Geb. Röntgenstr., 80, 71, 1954. — 7) Gajewski, H.: physikalische und aufnahmetechnische Gesichtspunkte bei Röntgenaufnahmen mit hohen Spannung. Fortschr. Röntgenstr. 80, 643, 1954. — 8) 進藤正武: 食道疾患診断法に関する知見補遺, 弘前医誌, 2, 18, 昭26. — 9) 尾関己一郎: 胸部レントゲン診断に関する基礎的研究, 医学研究, 23, 116, 昭28. — 10) 尾関己一郎: 高圧間接撮影に就いて. 結核研究の進歩, 15, 58, 1956. — 11) 江藤秀雄, 御園生主輔: レントゲンフィルム黒化によるレ線防禦測定法. 日医放誌, 2, 4, 昭16. — 12) 江藤秀雄: 間接撮影の実験的研究, 日医放誌, 5, 28, 昭19. — 13) 江藤秀雄, 足立忠, 笈弘毅, 氣賀正己, 村井竹雄: 間接撮影の実験的研究VII, 胸部「エックス」線写真撮影用「アルミニウム」試験体に就て, 日医放誌, 5, 226, 昭19. — 14) 尾関己一郎: 普通撮影による肺結核のレ線診断 (肺結核症のレントゲン診断シンポジウム). 日医放誌, 13, 429, 昭28. — 15) 足立

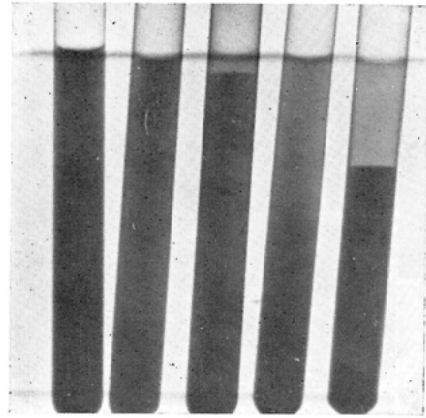
写真1 沈降試験

(a) 2分後



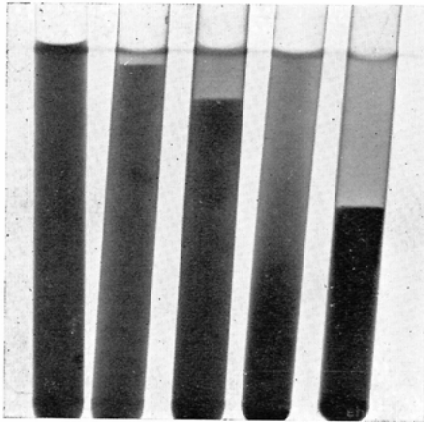
流動Xゾル

(b) 5分後



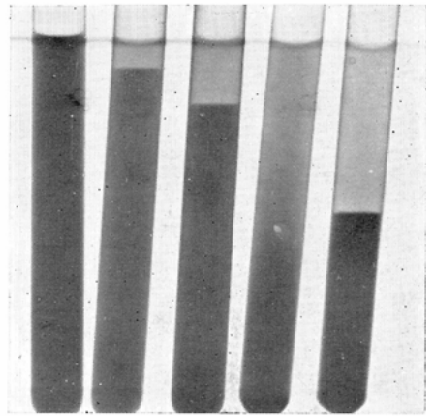
ソフトXゾル

(c) 15分後



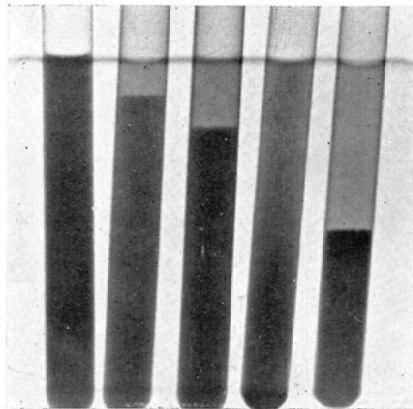
ベースト

(d) 30分後



パリトゲン

(e) 45分後

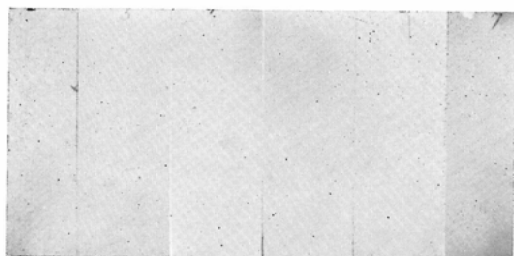


局方硫酸バリウム

写真2 バリウム濃度による陰影出現

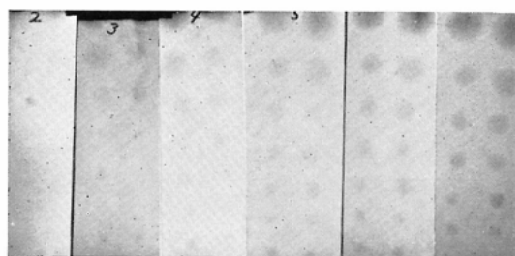
60 K V

α



140 K V

β



2 3 4 5 6 7倍

写真3 胃潰瘍

(a)



(b)

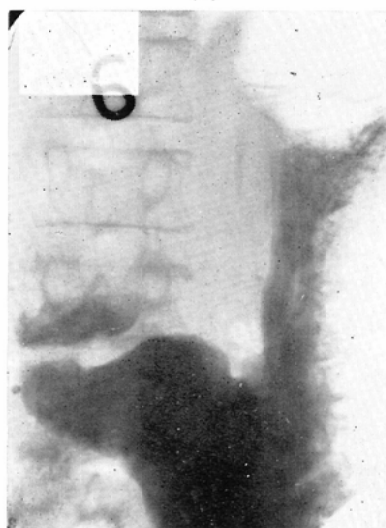


写真4 胃の癌性潰瘍及び陰影欠損

(a)

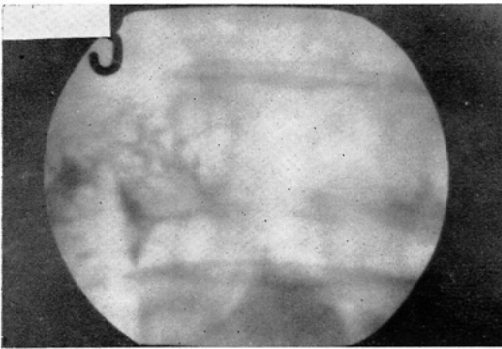


(b)



写真5 十二指腸球部潰瘍

(a)



(b)

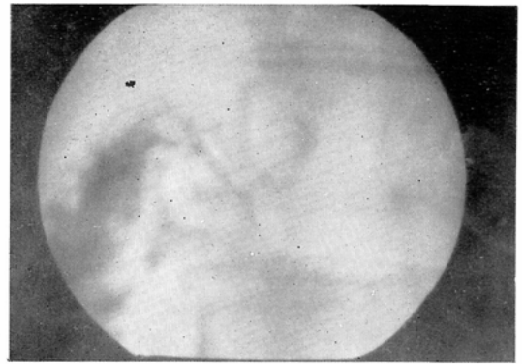


写真6 胃・十二指腸潰瘍

(a)



(b)

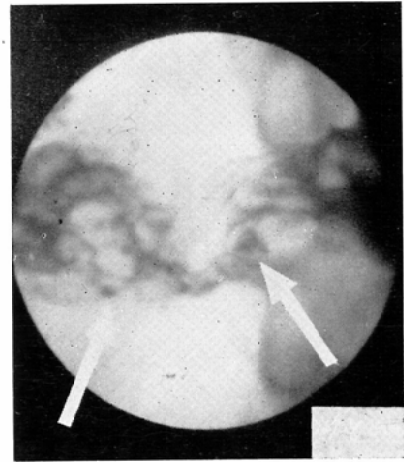
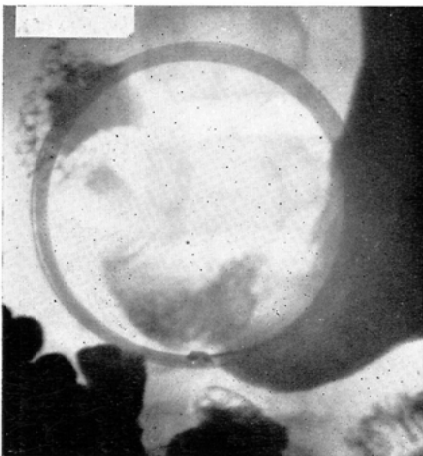


写真7 正常胃

(a)



(b)

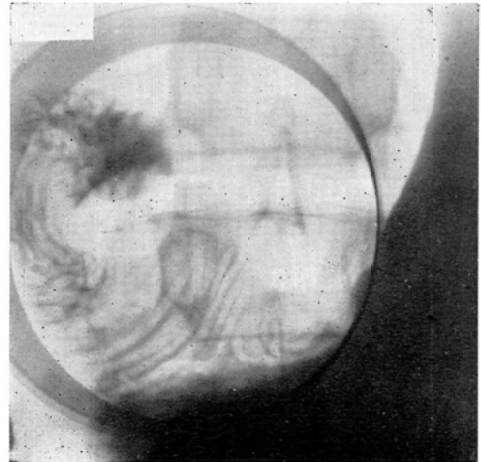
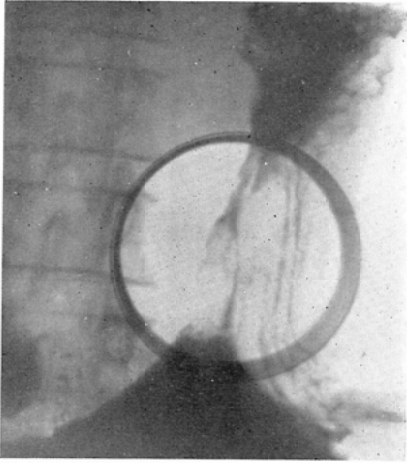


写真8 胃癌に随伴した萎縮性胃炎

(a)

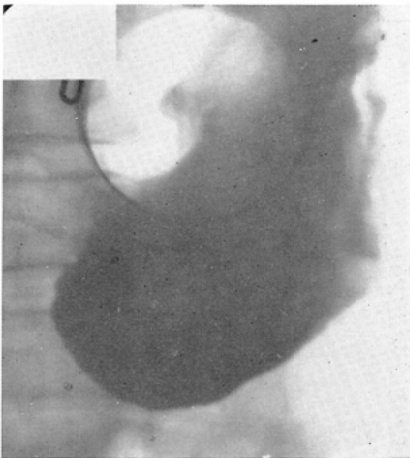


(b)



写真9 胃癌の潰瘍形成

(a)



(b)

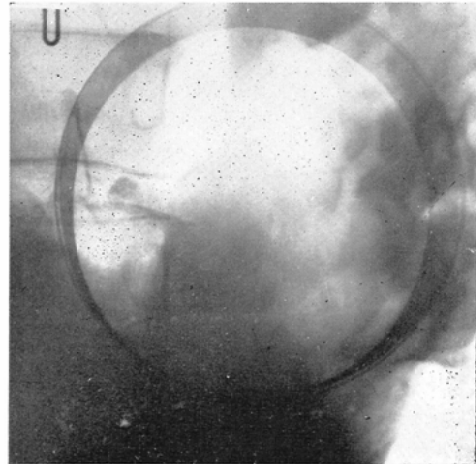
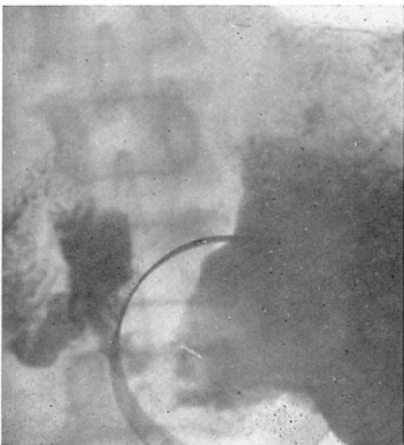


写真10 胃癌ポリープ様陰影欠損

(a)



(b)

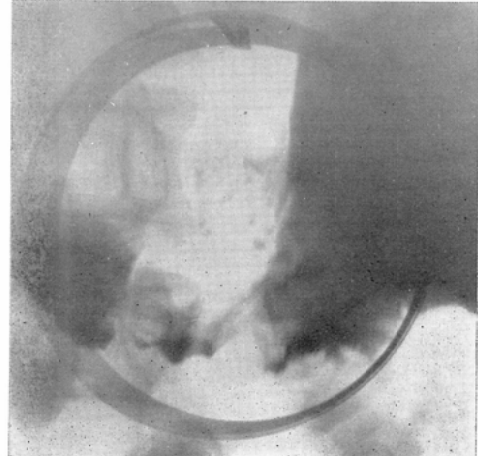


写真11 胃癌による幽門狭窄

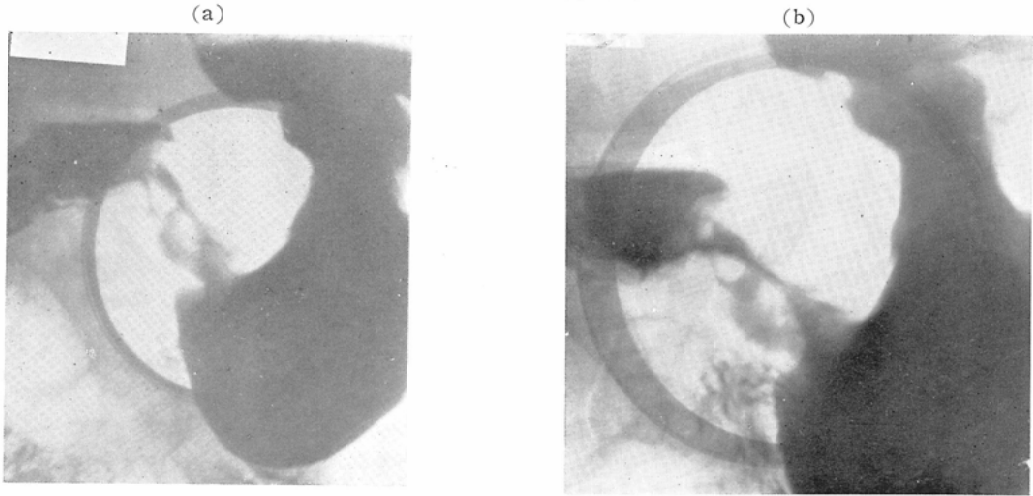


写真12 上行結腸の Pseudo Polyposis

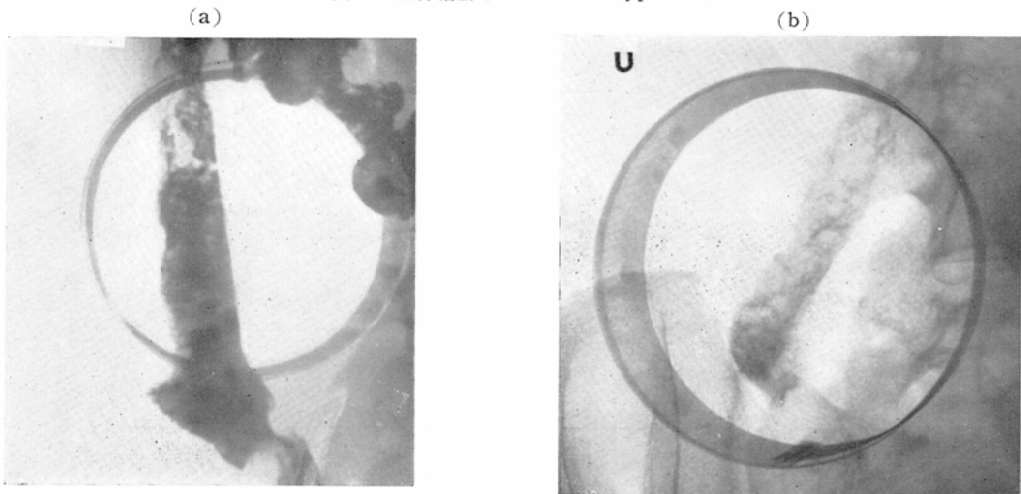


写真13 正常廻盲部



忠, 本間襄: 散乱線の基礎的研究, 日医放誌, 14, 241, 昭29. — 16) 神田耕介: 高圧撮影法(胸部撮影の基礎的実験), 日医放誌, 14, 644, 昭30. — 17) 尾関巳一郎: 高圧撮影の臨床的研究, 日医放誌, 16, 94, 昭31. — 18) 和田正信, 小林長平, 草谷晴之: X線高圧撮影法, 日医放誌, 16, 334, 昭31. — 19) 江藤秀雄: 胸部高圧撮影に関する基礎的考察, 日医放誌, 16, 348, 昭31. — 20) 大谷信吉, 滝沢達児: 高圧撮影用増感紙螢光板の研究, 日医放誌, 16, 352, 昭31. — 21) 吉村克俊: 高圧撮影法の研究 200KV小焦点X線管による高圧撮影法, 日医放誌, 16, 682, 昭31. — 22) 本間襄: 高圧撮影に関する研究, 日医放誌, 17, 569, 昭32. — 23) 門田弘, 森健二郎: 高圧撮影による胃充満像で皺壁像を併せて観察するの試み, 日医放誌, 17, 596, 昭32. — 24) 蔵原一郎: 高圧撮影における散乱線の研究, 日医放誌, 17, 664, 昭32. — 25) 浜田政彦, 中村薫, 岩田誠道, 金井健爾: 胃高電圧撮影時のバリウム濃度について, 第17回日本医学放射線学会総会. — 26) 小柳孝己: レントゲン撮影における管電圧とその影響, 18, 1548, 昭34. — 27) 松永藤雄: 消化器のレン

トゲン診断における手技とその最近の進歩, 日本臨床, 13, 765, 昭30. — 28) 野辺地篤郎: 高電圧撮影法(腹部), 臨床放射線, 1, 昭31. — 29) 高橋信次: エックス線高圧拡大撮影法, 臨床放射線, 1, 61, 昭31. — 30) 吉村克俊: 高電圧撮影について, 日結, 13, 530, 昭29. — 31) 神田耕介: 理論的考察による高圧撮影下の造影剤(沃度)の態度, 日結, 15, 235, 昭31. — 32) 駒井喜雄: 高圧撮影装置に就いて, 日本放射線技術学会雑誌, 特集2号, 57, 昭32. — 33) 松野吉松: 理論化学実験法, 山海堂出版部, 123, 昭11. — 34) Seemann, ph. D., and Spletstosser, B.S.: The Effect of Kilovoltage and Grid Ratio on Subject Contrast in Radiography. *Radiology*, 64, 572, 1955. — 35) 野崎秀英: 高圧撮影法, 最新医学, 12, 1920, 昭32. — 36) 高橋信次: X線拡大撮影法, 最新医学, 12, 2044, 昭32. — 37) 菅原努, 中村実: 高圧撮影法の理論と実際, さくらXレイ写真研究, 11, 6, 昭30. — 38) 坂本光明: 局方硫酸バリウムについて, 薬局, 7, 3, 昭31.

The Study on High-Voltage Radiography and High-Voltage Enlargement Radiography of Digestive Tract

By

Taiji Kuboshiro

Department of Radiology, Kurume University School of Medicine

(Director: Prof. M. Ozeki, M. D.)

The appliance of high voltage for radiographing digestive tract is generally recognized to be much more effective than low voltage, as it provides a broader diagnosis area, and also, enables to observe reliefs in the overlapped sections. The objective of this study is to evaluate its clinical value, and the role the enlargement radiography plays in promoting diagnosis, however, prior to proceeding with this study, the following fundamental experiments were made to investigate the characteristics and contributive effects of high-voltage:

A. Fundamental study of high-voltage radiography.

Experiments were made on kilo-voltage power between 60 through 140, utilizing paraffin phantom (10 cm thickness).

1) The amount of X-rays, after penetrating a phantom, were found to be in proportion to the 3rd power to 3.5th power to the voltage, and the density of the X-ray image in proportion to the 4th power. Thus, in an X-ray radiography, the increase of voltage is very effective, and it also reduces the load on the X-ray tubes, which makes it possible for the use of little focus. The dosage of radiation on the patient is reduced,

i.e., when 140 KV is applied the dosage is 1/7 of 60 KV.

2) It was discovered that the percentage of scattered X-ray radiation had increased with the increase of the voltage. However, the increase was found to be very little.

When a diaphragm was used, in low-voltage radiography the percentage of scattered X-ray radiated had decreased greatly, and the difference in percentage, between high and low-voltage, were found to be very great. Therefore, in an actual radiography, when high-voltage is applied, the removal of the increased scattered X-rays is required.

3) Taking the rate of efficiency and coefficient of exposure into consideration, the appropriate grids for removing scattered X-rays were; Lucidex for 60KV, cross-grid of 11:1 ratio for 100KV through 120KV, and cross-grids of 12:1 or 11:1 ratio for 140KV.

4) The percentage of indoor scattered X-rays radiated from high-voltage were found to be lower than that of low-voltage. And, the percentage is much greater in high-voltage enlargement radiography in comparison with the ordinary radiography, as tubes were used on the first and apertures used on the second. Nevertheless, these percentage were still found to be lower in high-voltage.

5) The effect of voltage on the contrast of paraffin, barium sulfate, and plaster, were found to decrease in the following order: plaster, barium and paraffin. When grids were used, the contrast of barium sulfate and paraffin were found to be extremely high in high-voltage than that of low-voltage, when grids were not used, and on the contrary, the contrast was found not to be as high in plaster, in other word calcium.

Consequently, in high-voltage radiography, the reflection of bone shadows appeared to be much lighter which provided a picture of a broad diagnosis area.

6) Arginine-oxide-natrium and tragacantha, from the stand point of adhesiveness and stability, are considered to be very excellent for mixture with barium sulfate, and one percentage mixture rate is considered to be most effective. In accordance with the experiment made on the capability of developing the shadows in the barium solution, in high-voltage, better results were obtained from 3 to 4 diluted barium solution, however, in low-voltage, regardless of the density of the barium solution, the interior of the barium solution cannot be observed.

B. Clinical appliance:

1) In high-voltage radiography, the degree of lost of shadows is much clearer than that of low-voltage which provides better observation of the reflections of minute shadows of the barium in the bone overlapping sections. Although, the contrast of the profile niche decreases, the en-face-niche can easily be witnessed. At an actual diagnosis of the digestive tract, the density of the barium solution, a mixture of 4:1 with water, is considered to be most suitable for diagnosing sections where the lost of shadows are less, and also, it enables to witness the niche with less effort.

However, in diagnosing minute reliefs, the mixture of 1.5:1 with water is found to be most effective. Consequently, it is considered most appropriate to utilize the

ordinarily used 1.5:1 mixture at the regular diagnosis performed at the hospital, and 4:1 mixture for group inspection of digestive tract. High-voltage radiography is particularly suitable for X-ray films where many appliances are done at a time, due to the low existence of dosage of radiation on the patient and indoor scattered X-rays.

2) The effectiveness of high voltage in two fold enlargement radiography for qualitative diagnosis of minute relief reflections, particularly, the existence of malignant transformations, and en-face-niche of the globe portion of the duodenum, is considered to be very satisfactory, and it is possible to diagnosis the spots not clear in an ordinary radiography. However, a counter-measure for solving the problem arising from the increase of dosage of radiation and outward scattered X-rays, much more than that of the ordinary radiography, must be taken into consideration.
