高圧撮影に於ける銅濾過板の効果について

結核予防会京都府支部西ノ京健康相談所 森谷 誠一・三宅 鉄雄

(論文受付 昭和32年10月15日)

ON THE EFFECT OF COPPER FILTER FOR THE
HIGH VOLTAGE RADIOGRAPHY

By SEITI MORITANI

TETSUO MIYAKE

Kyoto Anti-Tuberculosis Association.

(Article received : October 15, 1957)

Summary

The following results are obtained by the investigation of filters for the high voltage radiography :

1) Filter of 1.58mm Al is equivalent to it of 0.05mm Cu+0.1mm Al, as to the absorption of X-ray emitted from the X-ray tube at 130kV. The H.V.L. of the transversed X-ray through the former filter is 4.4mm Al while the H.V.L. of the X-ray through the latter is 5.8mm Al.

2) Filter of 1.18mm Al is equivalent to it of 0.05mm Cu+0.1mm Al, as to the transversed X-ray intensity through 8cm paraffin and crossed Lysholm grid in the range of tube voltage of 80~140kV. The intensity of the incident X-ray to the paraffin using the former filter is more than that using the latter filter.

3) The contrast between Al steps (representing bone tissue) and the paraffin block on X-ray film can be diminished more by using 0.05mm Cu+0.1mm Al filter than the case using 1.18mm Al filter, leaving the contrast between plastic plates (representing soft tissue) and the paraffin block almost the same.

本論文の要旨は昭和32年6月23日神戸に於ける第52回
日本医学放射線学会関西支部会に於て公表した。

内 容 梗 概

高圧撮影用濾過板として0.05Cu+0.1Alを使用し、これとアルミ濾過板とを比較して次の結果を得た。

1) 130kV に於いて同一の減弱を生ずるアルミ濾過板は1.58mmであったが、これらを透過したX線の半価層は0.05 Cu+0.1 Al では Al 5.8mm であり、1.58 Al では Al 4.4mm であった。

2) 8cm パラフィンとクロスグリッドを透過するX線量が80~140kV の範囲で、0.05 Cu+0.1 Al 濾過板の場合に等しいアルミ濾過板の厚さは1.18mmであったが、表面射入量は1.18 Al のときの方が大であった。

3) 0.05 Cu+0.1 Al は1.18 Al にくらべて、アクリライト段階(軟組織)のコントラストに殆ど影響を与えないで Al 段階(骨)とパラフィンとの間のコントラストをさらに低下させることが出来る。

I. 結 言

最近高圧撮影法が推奨され、其の基礎的及び臨床的方面の研究の中に、濾過板に関する報告も可成り見られるに致った。其の内濾過板の厚さに関しては、Trout, Kelley, Cathey, Clark は全フィルターとして3mm アルミニウム(以下 Al 又はアルミと略称す)程度を推奨している¹⁾。又 Mattsen は濾過板を厚くすると曝射時間を延長せねばならぬ不利があるから、其の限度は凡そ2mm Al 位までであるとのべているが²⁾、ここでは現在一般に用いられている1mmAl 程度に近いX線減弱度を有する0.05mm 銅(以下 Cu と略称す)+0.1mmAl フィルターを使用した。

銅とアルミの同一減弱度に関して、Cu 1mm は Al 17.5mm に相当すると云われている³⁾。従って0.05mm Cu+0.1mm Al と1mmAl は近似的である。筆者は附加アルミ濾過板として0.1mmAl を用いたが、Mutscheller³⁾ は銅濾過板に附加すべきアルミの厚さは0.25乃至0.5mm で

充分であると称して居り、又 Grunberg⁴⁾ は附加アルミ濾過板は不要であると称している。但しこれ等はレントゲン治療の場合であり、診断用として銅濾過板を使用するときは、遠距離より短時間照射するのであるから、附加アルミ濾過板は例へ必要であるとしても 0.1mm あれば充分であると思う。

銅又はアルミ濾過板を通過したX線の強さを同一としても、銅にて濾過されたX線は短波長線の割合が多く、アルミでは長波長線の多い事は周知の通りであるが、此の特徴から銅濾過板を高圧撮影に利用すれば、アルミ濾過板のときより線質が硬くなり、透過線量は増加し、骨陰影を更に消退せしめ得ることが考えられる。筆者はこの点に着目し銅濾過板とアルミ濾過板との比較実験を行ったので、其の結果をここに報告し諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

II. 実 験

此の実験に使用した装置及び材料は次の通りである。

①島津製、貴船号 150kV, 0.2 μ F, 波尾切断型高压印加コンデンサ式装置

管球 SDO-3H

②線量計 島津製標準型「レントゲン」線量測定器

③濃度計 島津製山部式濃度計

④グリッド ルシデツクス (5:1)

増感紙 極光 FS

フィルム 富士高感度

以後①に関しては装置の名称及定格容量等の記載を省略し、②③及び④は以下単に線量計、濃度計又はグリッドと称する。

実験1 線質に関する検討

実験方法

銅濾過板としては 0.05 Cu+0.1 Al を使用したが、之と同一減弱度を有するアルミ濾過板の厚さを、線量計に依って 100kV から 140kV 迄測定した処、1.58mm で一致した。これ等の濾過板を夫々使用した場合について、次の条件の下に半価層測定用アルミ濾過板の厚さを次第に増し乍ら測定し、減弱曲線を求めた。

測定条件、130kV, 0.5mA 連続、焦点線量計間距離 110cm

実験成績及び考察

以上の実験の結果第1図に示す減弱曲線を得た。

1.58Al 濾過板を通過したX線の半価層は Al 4.4mm であるのに対し、0.05 Cu+0.1 Al 濾過板の場合の半価層は Al 5.8mm であった。半価層が大なる程有効波長は短く

第1図
0.05 Cu+0.1 Al

Filter に依る線量減衰率 電圧 130kV

なる。即ち銅で濾過されたX線の方が硬いことを示している。

実験2 曝射量と透過線量に関する検討

線質が異れば同一の被写体に対して射入する線量と、これを透過する線量との比も亦異なる事は当然考へられる。0.05 Cu+0.1 Al 濾過板で濾過されたX線の場合と、同一の被写体透過線量を得るに要するアルミ濾過板の厚さを求め、更にこれ等の濾過板を使用したときの被写体表面射入量と、透過線量との比を較べる為次の実験を行った。

実験方法

第2図の様に焦点線量計間距離 125cm, 焦点から 8cm パラフィン迄の距離を 100cm として、ファントム線量計間にグリッドを2枚交叉して挿入し、80kV から 140kV 迄 2mA 連続で測定した処、0.05 Cu+0.1 Al 濾過板のときと、1.18 Al 濾過板使用のときは同一透過線量を示した。

次にファントムとグリッドを除き、焦点線量計間距離を 100cm (焦点ファントム前面間距離) として、各

第2図

電圧下図一管電流で表面射入量を測定した。

実験の成績及び考察

実験の結果は第1表及び第3図に示す様に、透過線量は常に同一の値を示しながら、管電圧上昇に従って増加

第1表 被写体表面射入量と透過線量の比較

0.05 Cu+0.1 Al			Filter	1.18 Al		
表面射入量 (I_0)	透過線量 (I)	$\frac{I}{I_0} \times 100\%$	電圧 (kV)	表面射入量 (I_0)	透過線量 (I)	$\frac{I}{I_0} \times 100\%$
500mr/min	40mr/min	7.3	80	570mr/min	40mr/min	6.7
740 "	60 "	8.5	100	900 "	60 "	7.0
1,080 "	100 "	9.0	120	1,170 "	100 "	8.3
1,210 "	110 "	9.3	130	1,290 "	110 "	8.7
1,240 "	130 "	10.2	140	1,460 "	130 "	8.7

第3図 同一透過線量時の表面射入量
電流 2mA パラフィン 80mm
Cross grid (5:1 2枚交叉)

第4図 8cm パラフィン (Cross grid 5:1 2枚交叉) に対するX線透過率

0.05Cu+0.1Al 濾過板使用のときの方が大である。

するが、表面射入量は 1.18 Al 濾過板を使用するときの方が常に大である、即ち銅濾過板の使用によって曝射線量の減少する事を示している。又第4図は此の実験から算出した透過率で、

不均等X線の半価層を d とすれば、これに相当する減弱係数 μ は次式で与えられる⁵⁾。

$$\mu d = 0.69 \quad \text{従って} \quad \mu = 0.69/d$$

銅濾過板を使用すればアルミ濾過板のときより、これ等を通じたX線の d が大となることは既に述べた処である。従って μ はアルミ濾過板の場合の方が大である。又入射X線の強さを I_0 とし、これが x cm の物質を透過した後の強さを I とすれば次の減弱の式が与えられる⁵⁾。

$$I = I_0 (f/f+x)^2 e^{-\mu x}$$

但し f は焦点より物質表面迄の距離である。

然るに μ の値は銅濾過板を使用したときの方が小であるから I は大きくなり、アルミ濾過板を使用して同一照射条件で、これと同じ値の I を得るにはアルミの厚さを減じて I_0 の値を大きくしなければならない。 I の値が同一なれば I_0 の値の小なる方が透過率は大であり、被写体の被曝線量の減少することは当然である。

被曝量の減少する事は高圧撮影の利点の一つとして挙げられていることは周知の通りであるが、其の効果は銅濾過板の使用に依って更に大となる事が云える。

実験3 対照度に関する検討

胸部高圧撮影の利点として、管電圧が高くなる程骨組織と軟部組織間のコントラストが低下し、骨陰影が著しく消退し、これに重った血管や病巣陰影の診断が容易になり、又一枚の写真に現出される被写部位の範囲が広くなる事が挙げられている。此の特徴は銅濾過板の使用によって更に強く現れることが、今迄のべた実験結果から推して考えられるので、次の実験を行った。

実験方法

骨とアルミとの減弱係数は近似値を示すので⁶⁾、骨の代りにアルミ板を使用した。又軟部組織や水の代用として、その散乱吸収の模様が近似的と云われているアクリライトを使用した。

実験の条件は次の通りである。

ファントーム	8cm パラフィン
アルミニウム段階	厚さ0.5mm 幅1cm の板を約1.2cm 毎に重ねて5段階とした。
アクリライト段階	厚さ 3.4mm 幅 5.8cm のものを約1.2cm 毎に重ねて5段階とした。
管電圧	100kV, 120kV, 140kV, 150kV
F P D	150cm
現像	富士レンドールにて 20°C 5分間、同時現像した。

第5図の様にグリッドを使用し、アルミ及びアクリラ

イトの段階をファントムの管球側に装着し、0.05 Cu + 0.1 Al と 1.18 Al の濾過板を交互に使用しながら、各電圧下で撮影した。

実験成績及び考察

此の実験に
依って得たる
8枚の写真で、
ファントム
のみの部分の
濃度は1.7～
1.9であるか
ら、フィルム

第5図

の示性曲線の直線と見做し得る部分の中に包括される。

第2表 Al 段階と其の周辺との濃度差

0.05 Cu + 0.1 Al						1.18 Al					
0.5mm Al の段階					kV	0.5mm Al の段階					kV
×1	×2	×3	×4	×5		×1	×2	×3	×4	×5	
0.03	0.09	0.14	0.21	0.29	100	0.09	0.12	0.18	0.26	0.34	100
0.01	0.07	0.12	0.18	0.20	120	0.06	0.10	0.16	0.20	0.24	120
0.03	0.08	0.10	0.13	0.19	140	0.07	0.11	0.16	0.23	0.26	140
0.01	0.04	0.08	0.13	0.18	150	0.05	0.08	0.14	0.18	0.20	150

第3表 アクリライト段階と其の周辺との濃度差

0.05 Cu + 0.1 Al						1.18 Al					
3.4mm アクリライトの段階					kV	3.4mm アクリライトの段階					kV
×1	×2	×3	×4	×5		×1	×2	×3	×4	×5	
0.08	0.14	0.18	0.25	0.30	100	0.07	0.11	0.16	0.26	0.30	100
0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	120	0.08	0.11	0.15	0.20	0.26	120
0.04	0.08	0.13	0.18	0.24	140	0.04	0.08	0.14	0.19	0.26	140
0.05	0.08	0.13	0.17	0.23	150	0.03	0.08	0.13	0.19	0.22	150

第2表と第3表はそれぞれ100kV～150kVの電圧下に於けるアルミ又はアクリライトの各段階と、其の周辺との濃度差を示す。又第6図から第9図迄は横軸にアルミ又はアクリライトの段階（枚数）を取り、縦軸には濃度の差を取ったものである。100kV から、150kV 迄の各図共①はアクリライト段階で、②はアルミ段階である。又実線は銅濾過板で点線はアルミ濾過板を使用したときである。

各図表に示す通り、何れもアルミ段階と其の周辺とのコントラストは Al 濾過板のときより銅濾過板を使用した場合の方が低下が目立っている。然しアクリライト段階と其の周辺とのコントラストは、何れを使用しても殆

第6図

第7図

第8図

第9図

と同様である。其の傾向は 140kV に於て最も著明であった。

又第10図～第12図は或一定の段階と其の周辺との濃度差の、各電圧下に於ける様子を示したもので、横軸に電圧を取り、縦軸には濃度の差を取ったものである。

第 10 図

第 11 図

第 12 図

此の実験の結果、銅濾過板の使用によってアルミ濾過板のときより更に Al (骨) 陰影は消退するが、アクリライト (軟組織) とパラフィンの間のコントラストには殆ど変化を与えない事を示した。

管電圧の低いときの X 線の減弱は主として吸収による、従って骨と軟組織間のコントラストが著しくつくのであるが、管電圧の上昇に伴い吸収は急激に小さくなり、減弱は主として散乱によるようになる。従って減弱は組

織の密度と厚さの積で効いてくるようになる。其の理由として散乱係数は吸収係数の場合ほど X 線の波長や物質の原子番号に影響されない事が挙げられている。

以上の事柄から銅濾過板を使用した場合を考察すると、アルミ濾過板を使用したときよりも線質が硬くなる結果として、此の実験結果が得られたことになる。

III. 総括及び考按

Cu 1mm と Al 17.5mm は同一の X 線減弱度を有すと云われている²⁾。

従って Al 1=Cu10/175 更に Al 1=Cu0.05+Al0.1 となる、然し濾過板の純度や厚さの誤差に依って異ると云われている。Holthusen は Al に 0.5% の鉄が混入すると吸収は 4% 増加し、Cu に 1% の鉛が混入すると 9% 吸収が増加すると称している⁷⁾。又中堀氏⁷⁾は市販の濾過板の中には表示の厚さが 1 割近くも違っていることがあると称している。更に此の等式は管電圧に依っても変化する事が考えられる。

筆者の使用した 0.05 Cu+0.1 Al 濾過板と、1.58 Al は 100kV から 140kV 迄減弱度が同一であった。然し之等を通した X 線の半価層は、130kV のとき前者を使用すれば Al 5.8mm であり、後者の場合は Al 4.4mm であった。

8cm パラフィンとクロスグリッドを透過する X 線量は、80~140kV の範囲で、0.05 Cu+0.1 Al 濾過板のときと、1.18 Al 濾過板のときが同一であった。然しファントームの表面に入射する X 線量は、1.18 Al の場合の方が大であった。即ち銅濾過板の使用に依って、Al 濾過板のときより X 線の透過率が増し、被写体に曝射する線量を減少せしめる事が出来る。

8cm パラフィンにアルミとアクリライトの段階を取着けて、100kV から 150kV 迄撮影すると、1.18 Al 濾過板を使用したときに較べて、0.05 Cu+0.1 Al 濾過板のときは Al (骨) とパラフィンの間のコントラストの低下が目立った。然しアクリライト (軟組織) とパラフィンの間のコントラストには殆ど影響を与えなかった。此の傾向は特に 140kV のとき著明であった。

IV. 結 語

高圧撮影用濾過板として 0.05 Cu+0.1 Al を使用し、これとアルミ濾過板との比較実験の結果、見出した銅濾過板の利点を改めて次に列記すると。

1. 線質が硬くなる。
2. 被写体の被曝線量が減少する。

3. アクリライト、パラフィン間（軟組織間）のコントラストには殆ど影響を与えることなく、Al（骨）の陰影を更に消退せしめる事が出来る。

等である。

波尾切断型コンデンサー式装置は、硬X線の発生能率が最も良いと云われているが、之に銅濾過板を使用すれば更に其の効果を上げ得るものと信ずる。

（終りにのぞみ終始御指導を賜った、当所々長並川靖博士、島津製作所中堀孝志博士、並に佐野博也氏、実験に積極的な御協力賜った中西猛氏に対し心から感謝の意を表します。）

文 献

- 1) 吉村, 日医放誌, 第16巻第6号.
- 2) 武田, レントゲン技術.
- 3) A. Mutscheller, Thichness of Alminium to be used in Addition to Copper Filter, Am. jour, Roent., Vol. 31.
- 4) M. Grunberg, W. Johner, Über das Alminium-zusatzfittir in der Röntgentherapie Strahlen Therapie, 53, Bd.
- 5) 江藤, 人体と放射線.
- 6) 江藤, 結核研究の進歩, 第15号.
- 7) 中堀, 日医放誌, 第4巻第1号.
- 8) 神田, 日医放誌, 第14巻第10号.

リーダー

そらない ぼけない
理想のカセツテ

日本に一種位
この程度高級なリーダーが
あつても良いと思われませんか？

すきな広さに 明け閉め出来て
中心・広さが一目でわかる

2式多重ミヤダ

株式会社 青光舎

大阪市東区京阪東口下草
(大手前産業ビル内)
電話東(94)一五二六番