〔第31回総会宿題報告〕

胸部撮影法の基礎的研究

東京都立府中病院

竹 吉 千 市

(Code No. 21251)

BASIC RESEARCH FOR CHEST RADIOGRAPHY

By SENICHI TAKEYOSHI

Tokyo Metropolis Fuchu Hospital

Summary

The X-ray chest radiography is most frequent used in all X-ray radiography, however, it happened many times that problems are raised at a case of diagnosis for the reason of becoming degraded into habit from the monotonous of the work.

This report contained the present condition of chest radiography in our land, its problems and opinions, furthermore practical geometrical subjects, emulsion, granular quality, contrast media, scatter radiation, the system of exposing value controlled.

Thus, there have been so many problems on chest radiography and also it is recognized that gap is found between the theory and practice, particularly the problems of: wave form on secondary switched 3 phase 12 pulse system, of photo timer, of divided measurement method of light value on the exposing value controlled system and of saving the exposing value with quality of radiography depended on each type of equipment, then its explication of these problems and study by the comparative method.

Especially for saving the exposing value, the problems happened between less exposing value and quality of radiography are against each other, so actually considering the exposed value, the diagnosis should be given priority, particularly on chest radiography it should be planned to make further progress of technology and quality of radiography.

目 次

1. 緒言	4-3 感光材料による不鋭
2. 胸部撮影法の現状について	5. 増感紙による諸問題
3. 主として実験に使用した器材	5-1 濃度の特性曲線
4. 基礎的諸問題	5-2 増感紙の感度比
4-1 幾何学的不鋭	5-3 増感紙の MTF と細線法
4-2 運動的不鋭	5-4 増感紙による識別

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

- 5-5 チャートフィルム間距離と焦点による識別
- 5-6 角度による識別
- 5-7 傾斜フィルムによる識別
- 5-8 入射角度による識別
- 5-9 小 括
6. 胸部写真の粒状性における諸問題
 - 6-1 粒状性の基礎実験
 - 6-2 小 括
 - 6-3 濃度による粒状性
 - 6-4 低濃度部の粒状性
 - 6-5 自現装置による比較
 - 6-6 X線装置による比較
 - 6-7 フィルムによる比較
 - 6-8 感光材料の組合せによる比較
 - 6-9 小 括
7. 散乱線除去に対する諸問題
 - 7-1 グリッド濃度斑について
 - 7-2 散乱線含有率について
 - 7-3 実験装置並びに器材
 - 7-4 実験方法
 - 7-5 測定結果
 - 7-6 フィルタの影響
 - 7-7 考 察
 - 7-8 グリッドの使用露出倍数
 - 7-9 立証実験
 - 7-10 密度による比較
 - 7-11 小 括
8. 気管支造影法における諸問題
 - 8-1 造影剤の粘着力
 - 8-2 造影効果の比較
 - 8-3 小 括
9. 3相12パルス装置における諸問題
 - 9-1 3相12パルス装置の波型について
 - 9-2 波型の歪み
 - 9-3 投入電圧の異常
 - 9-4 写真効果からみた投入電圧とタイマの測定法
 - 9-5 タイマの簡易計算法
 - 9-6 応用法
 - 9-7 小 括
10. 螢光量による装置の実測について
 - 10-1 多重絞りのアルミ厚について
 - 10-2 装置別螢光量特性曲線
 - 10-3 半価層相当アルミ厚について
 - 10-4 多重使用時の半価層相当アルミ厚について
- 10-5 小 括
11. 単相と3相の比較
 - 11-1 線量比較
 - 11-2 管球容量による比較
 - 11-3 コントラストについて
 - 11-4 立証実験
 - 11-5 小 括
12. 胸部写真における優良性の基本的な関係
13. 良好なる胸部写真を得る要件
14. 線量制御法の諸問題
 - 14-1 線量制御法の沿革
 - 14-2 線量制御法の原理
 - 14-3 受光部の型式と吸収特性
15. 単相用ホトタイマの諸問題
 - 15-1 パルスにおける誤差
 - 15-2 MGS方式とSCRの特性比較
 - 15-3 受光部の材質による特性
 - 15-4 分割測光式について
 - 15-5 完全自動式について
 - 15-6 ホトタイマの濃度差
 - 15-7 濃度補正について
 - 15-8 調整特法曲線
 - 15-9 濃度過多になる場合の補正
 - 15-10 濃度が薄くなる場合の補正
 - 15-11 ポジショニングによる濃度差
 - 15-12 小 括
16. 3相用ホトタイマの諸問題
 - 16-1 3相用ホトタイマの特性
 - 16-2 ホトタイマの問題点
 - 16-3 散乱線とホトタイマ
 - 16-4 小 括
17. 3相装置の識別について
 - 17-1 グリッドなしの示現
 - 17-2 グリッド法の示現
 - 17-3 グリッド法による増感紙の示現
 - 17-4 グレーデル法の示現
 - 17-5 低濃度部の識別能
 - 17-6 小 括
18. 被曝量の問題について
 - 18-1 単相装置による空中線量
 - 18-2 グリッド使用時の単相装置における線量
 - 18-3 単相装置による管電圧の減少率について
 - 18-4 3相12パルスによる線量
 - 18-5 電圧による減少率

- 18-6 1/2螢光量による線量
- 18-7 3相と単相の線量比較
- 18-8 立証実験
- 18-9 写真効果からみた線量
- 18-10 考 察
- 18-11 小 括

- 19. 撮影体位と障害陰影
- 20. 肺野における骨陰影の比率
- 21. 胸部写真における読影の要点
- 22. 臨床写真について
- 23. 総括、結言
- 24. 謝 辞

1. 結 言

胸部疾患におけるX線診断の歴史は古く1897年 Williams によって試みられ、同年増感紙も使用され初め、1933年タングステン酸カルシウムが用いられるようになった。又X線装置も感応コイル型から1901年には水銀整流器が登場、1906年頃から交流が用いられるようになり、1908年 Snook による 機械整流の 発明で同期電動器と組合せ、100 kV、100 mA の装置の 開発により胸部 瞬間撮影の飛躍の発展への基礎となった。1913年には G. Buky のクロス Grid の考案続いて1915年特許申請や1916年 H. Potter による焦点外X線の減少方法の発表、又臨床面では1924年には Weber による胸部の 硬線撮影法の報告、翌1925年には Chantraine による低電圧 大電流方式による軟線撮影法の強調以来一般的には、いわゆるコントラストに富んだ白黒の写真が胸部の理想的なものとみなされて来た。而し短時間撮影にはX線管の負荷や被検者の被曝の点からこれに対処する必要上高電圧技術の研究が真剣にとりあげられた。1929年 J. stephani は150 kVによる高圧撮影法を試み撮影時間の短縮と診断価値が従来の低電圧撮影をむしろ凌駕する事を報告している。本邦においても日本放射線技術学会第3回総会において徳島医専の岡橋氏等によって高電圧による遠距離撮影法が報告され、1953年には九大尾関博士等による140 kV 高圧撮影法の報告、新大渋谷氏等による胸部の高電圧撮影の実験があり、その後幾多の報告がなされ現在に至っているが、今日尚、日常のX線診断において、しばしば問題が提起されるのも胸部のX線写真に比較的多い。そこで出来る限り実際に直結した問題を取り上げ検討を試みた。更に近年放射線による国民遺伝有意線量の増加にともない医療被曝問題として胸部撮影時におけるグリッド使用の是非が論議されるようになった。よって現状把握の為アンケートによる調査と従来比較的慣習に流され勝ちであった面の反省と日常業務の再点検及び装置による問題の解明、特に単相と3相12パルスの問題、線量制御法、X線装置の型式による被曝量の問題等について比較検討を試みた。

2. 胸部撮影法の現状について

調査の対象 胸部撮影法の実態を究明する目的で全国都道府県別に複数の施設に依頼してアンケートによる調査を実施した。調査施設は196施設で内回答数は146通、回収率74.5%で、その施設別内訳は病院68.5%、療養所19.2%、診療所その他12.3%であった。次に病床数については病院療養所別に区別分類してみると、Fig. 1のよ

病 院 の 部		療 養 所 の 部	
150未満	8%	150未満	3.5%
151~300 床	16%	151~300 床	21%
301~450 床	24%	301~450 床	39%
451~700 床	25%	451~700 床	29.5%
701~1,000 床	21%	701~1,000	3.5%
1,001以上	6%	1,001以上	3.5%

Fig. 1 病床数による分類

うになり病床数は病院が451~700床の処が最も多く25%で、療養所においては301~450床が39%で最も多い。近年結核による死亡者の減少と共に療養所における病床数の減少は著しく、反対に病院の病床数が非常に多くなっているのが最近の現状である。

診断用X線装置と技師数について
調査結果としては診断用X線装置は多くが単相用装置であったが3相装置は33施設で使用し、徐々にではあるが単相から3相への過渡期に入っ

Fig. 2 技師数による施設分類

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

た感がする。その他3施設が蓄放式装置を併用していた。又装置台数については1施設2台以内が約60%で、最も多い処では17台以上を使用している施設もあった。次に技師数は Fig. 2 のように2~3名の施設が最も多く、病院では20名以上の施設もかなりの数に達しているが、療養所に於ては7名の施設が最高であった。

使用器材について 胸部X線写真に影響する附属品の調査では多重絞りについては調査中、1~2の例外を除き全部の施設で使用しており、その他の器材については次の通りである。

X線管焦点 胸部写真の幾何学的問題を左右する使用焦点の大きさは焦点2mmを使用している施設が60%と多数で、1.2mm未満のX線管を使用している施設は約20%であった。調査中1mm焦点と2mm焦点の併用は12.3%であった。

次に胸部側面撮影用に使っている焦点は、Fig. 3 のように分類されるが、2mm焦点が、

Fig. 3. 側面用焦点の大きさ

64%と更に増加している。これはX線量の増加による当然の結果で、0.9mm未満のX線管の使用は非常に少ない。

増感紙 調査時点における使用増感紙は、Fig. 4 のようにFS増感紙が54.5%と過半数で、次にMSの14%で

Fig. 4. 使用増感紙

ある。また各種増感紙と併用している施設が25%で、側面用増感紙としてはFSが正面に比し少々少なく44.2%で、FSが減少した分だけMSとHSの使用率が高くなっているのが現状である。

Table. 1 胸部撮影時のグリッド使用

グリッドの使用			
状況	胸部撮影時にグリッドを使用している施設は	使用する	100施設 68.5%
		使用しない	46施設 31.5%
		計	146施設 100%
	併用施設	28施設	19.1%

Table. 1 で68.5%

と圧倒的多数であった。

グリッドの格子比と密度 使用グリッドの格子比について分類したが、8:1が最も多く27.5%、次に10:1が21.8%、12:1が20.6%、5:1が17.4%、6:1が11.4%である。又使用電圧によりグリッドの格子比を区別している施設が16.5%含まれていた。

次に格子密度については、34本/cmが41.6%、次に28本/cmが18.6%、40本/cmが15.1%、26本/cmが15.1%であるが、側面撮影時は28本/cmが21.4%と増加し、その分だけ34本/cmが減少している。これは移動グリッドの使用が多くなっているものと推察される。

胸部撮影台 使用撮影台については、Fig. 5 のように、リーダー撮影台が最も多く使用され37.2%、次で格子往

Fig. 5. 使用撮影台

復式、スプリング式撮影台、その他ブッキー撮影台の順で、グリッドを使用している撮影台を全部合すると約62%になる。

撮影距離 胸部撮影距離については、F.F.D 200 cmが62%と多く、続いて180 cmが17.7%、150 cmが17%であるがこの中で胸厚距離法を使用している施設が11.4%である。次に側面撮影距離についてみると、F.F.D 200 cmは29%と正面撮影に比し、半分以下に減少し、反面F.F.D 150 cmは42.5%と倍以上に増加している。これは装置の容量その他に関係するが、側面撮影距離は150 cm未満が約50%以上になる。

使用フィルター

胸部撮影時の使用フィルターは、Fig. 6 の通り非常に多種類を使用しているのが現状である。

線量制御法 胸

部撮影時における線量制御法は、30.6%の使用率で内ホトタイマーが84.1%イオントマトは15.9%であった。

撮影条件 正面撮影について 被写体は成人男子20 cmの胸厚についての調査で管電圧、管電流、撮影時間

Fig. 6. 使用フィルターの厚さ

別に分類集約したが、管電圧においては61～75 kV が最も多く27.7%，次に76～90 kV が22%であった。よって90 kV 以内の撮影電圧が約55%である。又 141 kV 以上の高電圧を使用している施設が16%以上ある事も一つの特色である。次に管電流についてみると151～200mA，が最も多く30.4%，次に201～300 mA が26.2%である。よって151 mA 以上がおおよそ70%になる。撮影時間については0.04～0.05秒が34.2%，次に0.06～0.08秒が33.6%，したがって約80%は0.08秒以内で撮影しているのが現状である。

側面撮影について 胸部側面撮影は、撮影管電圧は、126～140 kV が27.8%で、次に111～125 kV が20.1%，したがって胸部正面撮影条件とは反対に 111 kV 以上が約60%である。しかし 80 kV 未満も 14.6% がある。次に管電流は151～200mA が46.3%，51～100mA が23.1%と、使用電流200 mA 未満が70%以上あることも正面像とは対比的である。側面撮影時間は 0.1秒を境に略々2等分出来る。

撮影体位 胸部撮影体位については手に腰をあてる方法が最も多く55.7%，次に撮影台をだかせる方法が35.6%で、この体位は老人に利用している施設が多い。

前後方向における中心X線の位置 腹背方向撮影時の中心線の位置は、フィルム中央が41.6%と最も多く、次に胸骨柄にむけフィルムに直角の施設が34.5%である。また中央やや上から斜下方方向が9.1%あった。

生殖腺防護について 胸部撮影時における生殖腺の防護については、防護ありと答えた施設は57%，ない施設は40.3%でその内、妊婦のみ防護している施設が2.7%であった。次に防護方法は Table. 2 の通りで、鉛布による腰巻きが最も多い。又多重で防護と答えた施設も19

Table. 2 防 護 方 法

1. 鉛布による腰巻	19
2. 妊婦は含鉛ゴム	14
3. 防護スカート	8
4. ゴム前掛で覆う	7
5. 多重シャッターに鉛板をつける	5
6. 鉛ゴム衝立	3
7. 小児のみゴム前掛	3
8. 腰全体を鉛ゴムで覆う	2
9. 羽衣で防護	2
10. アジャスティングスタンドプロテクター	2
11. 高低可変の防護車と自作防護台の併用	1
12. 専用プロテクターをブッキー台に取付け	1
13. 多重で防護	19

件あった。

肺尖撮影法について 肺尖撮影法については大別して鎖骨を肺外に出す方法と、上肺野に下げる方法とがあるが97%は肺尖に出す方法で僅かに3%がその他の方法である。次に鎖骨を肺外に出す方法の内91.4%が後彎法でその他は8.6%である。撮影距離については150 cm が、48.5%であった。又この撮影法のグリッドの使用率は61.3%である。

肺尖撮影の使用頻度 最近肺尖撮影法の使用頻度は少ないと答えた施設が88.4%で、多いは僅かに3%で参考までに胸部撮影100枚中の割合を表にしたものが Fig. 7 である。

Fig. 7. 胸部撮影 100枚中肺尖撮影の割合

中葉部撮影法 フライシュネル氏の唱道による撮影法が古くから用いられていたが最近の撮影法は又腔位撮影法を含めて7.8%の使用率である。この中、前後方向で撮影する処が82%，後前方向は18%であった。

肺底撮影法 横隔膜との境に接する病変を究明する為に肺底撮影法が使用されるが、この使用率は8.5%である。この中で前後方向撮影が70.5%である。撮影角度については Fig. 8 のように分類され、撮影距離は約50%以上が150cmである。又使用頻度の多い施設でも月に5件以内が大部分である。

Fig. 8. 肺底撮影時中心線の角度と距離

拡大撮影法 拡大撮影法の使用率は34.5%で常時使用しているのは僅かに1施設のみであった。使用焦点は0.3mm が66.6%である。僅かで

Fig. 9. 拡大撮影距離

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

はあるが1~2mm 焦点管も含まれていた。又使用増感紙はFSが51.5%, MSが21.3%, HSが14.7%, その他HV, LT-IIなどであった。撮影体位としては臥位が54.6%, 立位が41%, 撮影距離はFig. 9で2倍拡大が最も多い。又若干ではあるが4倍拡大を実施している施設もあった。

立体撮影法 立体撮影法の使用率は17.3%で撮影方法としては管球移動法が92.5%で, 移動距離はFig. 10のように10cmが最も多い。観察装置は86%以上が使用している。

6cm	7cm	8cm	9cm	10cm	15cm	20cm
13.3%	20%	6.7%	6.7%	26.7%	13.3%	13.3%

Fig. 10. 管球移動距離

気管支造影法 気管支造影法は保健所は適応なし, 又診療所は1~2の施設が実施しているのみで, 115施設により集計した。しかし本法はアンケート集約後造影剤の製造中止等により現況とは多少異なる事が予測出来る。

造影剤について 気管支造影剤はディオノデール(46.2%), ウロコリン(29.6%), ハイトラスト(20.8%)が大部分で片肺造影の場合使用量は11~15cc(32%), 16~20cc(25.6%), 21~30cc(26.6%), 10cc以下(10.6%)となり, 11~15ccが最も多かったが, 最大60ccの施設もあった。これはメトラゾンデによる。順次選択気管支分割注入法を実施している施設と推測される。

注入法と撮影方法について 造影剤の注入手技としてはTV透視下が67%であり, 蛍光板透視下17.5%, 透視なし15.5%である。撮影方法はFig. 11のようにTV透

Fig. 11. 造影剤注入撮影について

視では66%, 蛍光板透視では51%がスポット撮影で次にリーダー撮影法が多い。注入器具はメトラゾンデの使用が52.5%と半数以上で, その他ネラトンが35.1%であった。使用増感紙はスポット撮影が多い為かFSが42.6%, MSが36.4%と中感度の使用率が高い。グリッドは8:1が最も多く41%であるが, 本法の場合8:1未満の使用率が70%である。格子密度は34本/cmが最も使用率が高い。グリッドの使用方法としては移動方法が62.4%である。撮影距離は100cmまでが48.5%, 次に150cmである。

気管支断層撮影 気管支造影時における断層撮影は使用している施設は27%である。

所要時間 造影剤注入後撮影完了までの時間は7~8分で完了が44.7%で次いで6分以内が27.6%, 10分以上が約25%である。

胸部撮影法に関する意見 現状における胸部撮影法の

Table. 3 意見の集約方法

1. 被曝量関係	6. 撮影補助具関係
2. 防護関係	7. 撮影技術関係
3. 散乱線除去関係	8. 撮影の自動化
4. フィルター関係	9. 情報関係
5. 多重関係	10. その他

問題点について多数の貴重な意見を頂きましたので今後の参考にと集約分類したものがTable. 3で, 更にこの分類より主なる意見を要約したものがTable. 4で非常に問題は多くかつ複雑である。

Table. 4. 主なる意見

- 被曝量関係
 - 最低被曝量による極限のX-Pはどの程度がよい。
 - 写真のある程度犠牲にしても被曝量の減少を考える必要がある。
 - 被曝量減少の為に画質を落してまでやる必要はない。
 - 必要上検査をするのでマスコミの風潮に踊らされてはいけない。
 - 未熟児撮影の時技師が無防護で固定するので困る。
 - 胸部撮影枚数が多く患者が恐怖心をいだく。
- 防護関係
 - 作業能率を理由に無防護は技師の怠慢である。
 - 動く乳幼児の性腺防護に困る。
 - 小児透視時の防護の開発が必要である。
 - 妊婦は防護スカートを使用するので標示している。
 - 鉛ベルト(10cm×40cm)性腺防護になったらと考えている。
 - 多重使用時の散乱線測定結果から胸部撮影時の性腺防護は特に配慮しない。
- 散乱線除去関係
 - グレーデル法で高圧撮影をする。
 - Gridの集束距離200cmのものが無いので困る。
 - 実用的にしまめの見えない高密度Gridがほしい。
 - 胸部標準撮影としてGridが必要かどうか。
 - 線量の割にGridの使用はメリットが少ない。
 - Gridの使用は古い概念である。
 - 管球ガラス壁直前で鉛マスクで絞る。
 - 高圧用Gridに動作不適当なものが多い。
- フィルター関係
 - 補正フィルターの交換が簡単に出来るものがほしい。
 - 特に断層用補正フィルターが必要である。
 - フィルター厚と実効電圧の関係を明示しないと理論的根拠にならない。
 - アルミ2枚と銅0.1+アルミ2枚で肉眼的に画質の差が認められない。
 - 補正フィルターは忘れ易い。

5. 多重関係

- フィルターの交換を簡単に出来るようにする事。
- 国産品は質が悪い。
- 多重の精度を向上させる事。
- 多重の法的規制を希望する。
- 断層用多重マスクとフィルム分割マスクを幾何学的に同じ大きさにする。

6. 撮影補助具関係

- あらゆる装置器具の法的義務を負わせる事。
- 国産高圧リーダーは精度が悪く使用が不便である。
- 小児の立位撮影台の固定が悪い。
- 泣きあばれる小児用固定具が市販のものでは不備で使用出来ない。
- 小児用固定具の開発を希望する。
- 小児用に移動型装置を開発、好結果を得ている。
- 画質の向上に撮影用補助具の開発が必要である。
- 小児撮影時の呼吸停止装置の開発。

7. 撮影技術関係

- 乳幼児の胸部撮影は未解決が多い。
- 1 台の装置で作業量が多くすべて簡略主義である。
- 70~80KV と 140KV でどちらが良いか。
- ホトタイマーにより精度が異なるので 140KV を使用。
- 夏冬の水温により写真の濃度が異なる。
- 不必要と思われる撮影枚数が増加の傾向にある。
- フィルム・メーカーによる感材特性の違いから肉眼的写真差を感じる。
- 心撮影の為、胸部 4 方向バリウム服用が多くて困る。
- 撮影前に臨床情報を知り病理学的な撮影条件の検討が必要である。

8. 撮影の自動化

- ホトタイマーは将来撮影条件の自動化の方向、方法として良いか、悪いのか。
- ホトタイマーの特性の検討が完全になされていない。
- 経験的な専門家よりホトタイマーの方が濃度が一定している。

9. 情報関係

- 新聞 TV で防護の PR をする必要がある。

10. その他

- 人員不足で全装置の稼動が出来ない。
- 撮影枚数の多いのは一部医師のモラルにも問題がある。

考察 以上の点を考察するに戦後30年を経過しX線管

球も固定陽極から回転陽極に変わりグリッドの使用率も 68.5% を数え、戦前に比しかなり高い電圧が使用されるようになったが、尚低いものが多く、又撮影距離、管電流は比較的大きく短時間で撮影しているのが実状である。したがって焦点は回転陽極といえども比較的大きいものを使用しなければならず必然的な結果として 2mm 焦点の使用率は高い。又胸厚 20cm, 成人男子の撮影条件も非常に多種多様である。次にフライシュネル、肺底、撮影法等は使用率は少なく、肺尖撮影法も敗戦後の結核全盛期に比し約 1/100 程度の使用率である。これは断層装置と回転陽極 X 線管の普及とグリッド使用による高圧化による画質の向上による結果と考えられる。又気管支造

影法は造影剤の進歩と注入法の改善等によりかなり進歩を遂げたが現在尚造影剤による副作用と患者の苦痛の為、更に肺結核症の外科的手術の減少と共に使用率も減少した、最近非結核疾患の鑑別診断に多く使用されるようになったが、企業の採算性と併せて造影剤の種類もかなり限定されて来た事も現実の問題である、この調査から推測される事は胸部写真は基本的な問題だけでもかなり意見の相違があり、装置、撮影技術、現像、被曝、画質の問題等、現実には厳しく、かつ遠い事が予測出来る。

3. 主として実験に使用した器材

本研究に際し使用した主たる器材は Table. 5 の通りである。

Table. 5 主として実験に使用した器材

主として実験に使用した器材	
装 置	シーメンス製ギガントス 3相12バルス 管球Bi 150. % 東芝製KXO-1000. 3相12バルス 150KVP ロータリックス Ⅱ 島津製 山城B II型 単相500MA型 150KVP. サークレックスⅡ% 日立製 DR-155A型 単相500MA型 150KVP. 回転陽極%
	自動現像機 フジプロセッサ-RN 3'30" コダックM-6型 90" さくら 200型 3'30"
現像定着液	フジ、コダック、さくら 各指定液
感 光 材 料	コダックBB 有効期限 49年10月 さくら Q 1975年4月 フジ RX 1974年5月
	蛍 光 量 計 日立製 (任意目盛) マフキ製 MAF-401型 TM-14602 No-70003A
本ファントム	7cm 10cm 13cm 30×40cm
測 定 器	オシログラフ 横川電機製 TYPE EMO-60 シーメンス製 シンクロスコープ ナショナル製 オッシロスコープ VP-55-1A型 サンヨーVISIGRAPH-PPR-101 X線管電圧波高計 MODEL KV-201
	濃 度 計 東京光電製 82T型 NO8547 さくら濃度計8型 ナルミ製 拡散型 NLM-VII型 ナルミ製 ミクロアンシトメーター
線 量 計	コロニアル線量計 No1615 極光 TLD
グリッド	三田屋製作所製 MS
撮 影 台	シーメンス製 フッキーウォールスタンド 島津格子往復式撮影台 東芝 フッキーブレンダ
	アルミ階段 四切大

4. 基礎的諸問題

胸部撮影における肺内の最も小さな型態の変化即ち病巣の最少単位は肺泡であり、約 0.1mm の球形をなす異常肺泡をフィルム上に促える事が究極の目的である。而し臨床的に肺疾患として取扱われる細葉性病巣の大きさは、約 2mm でこの病巣をフィルム上に的確に促える事が当面の課題で努力目標である。

4-1 幾何学的不鋭 周知のように幾何学的不鋭は撮影距離、焦点と被写体、フィルム間距離によって左右され

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

る。今胸厚 20 cm と仮定し、距離による拡大率を比較してみると Fig. 12 のように拡大率は 200 cm と 150 cm、で約 0.043 倍、計算式のように不鋭は焦点を小さくする事が最も効果的で H. Rein の研究から認知される不鋭の限界を 0.1 mm と仮定し、厚さ 20 cm、距離を 150 cm にすれば 0.6 mm 未満の管球が必要である。同一条件ならば現状の 2 mm 焦点から 1 mm 焦点にすれば不鋭は 1/2、更に 0.5 mm 焦点になれば不鋭は 1/4 に改善する事が出来る。

Fig. 12. 拡大率と不鋭

4-2 運動的不鋭 胸部撮影時は運動的不鋭を可及的小さくする事が必要で理論的には短時間程理想であるが、実際の撮影時間を何処に求めるかは装置の問題や被写体

露出時間	最大	最小	平均
0.01	0.8	0	0.17497
0.02	1.6	0	0.344255
0.03	2.4	0	0.523305
0.04	3.2	0	0.69711
0.05	4.0	0	0.87049
0.06	4.8	0.1	1.04347
0.07	4.4	0.2	1.211663
0.08	4.6	0.3	1.38220
0.09	4.8	0.3	1.55274
0.10	5.0	0.3	1.71948
0.11	5.2	0.33	1.89512
0.12	5.4	0.35	2.04544
0.13	5.6	0.4	2.2069775
0.14	5.8	0.4	2.3616675
0.15	6.0	0.45	2.52075
0.2	6.33	0.66	3.21948
0.3	7.00	1.4	4.36562

Fig. 13. 心臓の動き

の厚さ、感光材料、現像温度等によって異なるが Fig. 13 の綱川氏の計算から撮影時間 0.1 sec において左心室、最大の動きは 5 mm、平均 1.71 mm である。又 0.05 sec においては最大 4 mm、平均 0.87 mm 動く事になる。したがって 1 mm 以内の動きで撮影される可能性は 0.06 sec で約 50%，0.05 sec で約 65% である。運動的不鋭は特に線量制御法の場合に問題で十分に撮影時間の配慮が必要である。

4-3 感光材料による不鋭 胸部写真において増感紙とフィルムを組合せた感光材料を使用すれば必然的に厚さによる不鋭を生ずる、又不鋭は厚さによって異なるが Fig. 14 のように (厚さ $\times \tan \alpha$) で計算出来る。FS の増感紙で斜入 X 線に対する不鋭は 20° で約 0.17 mm である。

Fig. 14. 斜入 X 線によるボケ
 $B' = t \cdot \tan \alpha$

5. 増感紙の諸問題

5-1 写真濃度特性曲線 胸部 X 線診断に於ては増感紙の感度と鮮鋭度が重要で、X 線写真の濃度は増感紙に影響する処が極めて大きい。そこで現在使用中の増感紙について散乱線の影響を可及的の少なくした実験で現像は恒温タンクによる指定現像法で処理した。測定結果は電圧別に 60 kV, 100 kV, 120 kV, 140 kV で Fig. 15~Fig. 18 である。感度の高い順では HS, HV, MS と LT-2, FS となる。而し濃度曲線の傾向としてはその差は比較的少ない。

Fig. 15

昭和 50 年 9 月

日本放射線技術学会雑誌

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

5-2 増感紙の感度比 写真濃度特性曲線から時間の逆数をとれば感度比を求める事が出来る。感度比は電圧の上昇と共に多少高くなる。而しこの実験は出来るだけ焦

点外等の散乱線による影響を除外した実験で実際には装置と現像温度、ファントムと含気組織の違い、管電圧等による散乱線の寄与率により、感度比+ α となる。したがって胸部撮影の場合、略々1対2の感度比で実用される。而し90 sec 現像等により現像温度の高い処理方法の場合には α の値は異なる。Fig. 19はLT-2の増感紙を

Fig. 19.

使用してFSの略々1/2にした実験写真で濃度的にもFSに殆んどそんな色がない。使用管電圧125 kV, 50 mA, 3相12パルス, 胸部用自現装置で3.5分現像。

5-3 増感紙のMTFと細線法 増感紙の鮮鋭度の評価法として通信の世界で発達したMTFが導入されるようになった。実測に当って大部分は矩形波チャートを使用して撮影し、その濃度をFig. 20のようにマイクロホメーターで測定の上一定の系数処理で作図した。Fig. 21は現在最も使用率の高い各種増感紙のMTFで、FSが最もよく、LT-2の順である。しかしMTFはX線像成立の基本であるX線減弱の差による配慮が比較的小さいので臨床における基礎実験として示現の限界を細線法によって求めた。実験に使用したチャートは0.06 mm から

Fig. 20.

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

Fig. 21. 各種増感紙の MTF

0.5 mm 迄の10種類で使用増感紙は現在胸部撮影に最も一般的とされている FS, LT-2, HV の3種で, F. F. D. 150 cm, 照射野 30×40 cm で素地黒化度は 0.7~1.0 の範囲内にあるようにした. 撮影結果は複数の技師が肉眼的に判定した. 判定方法は全員が弁別可能な時は(+), 一人でも異議のある場合は(±), その他(-)である.

5-4 増感紙による識別 増感紙による示現は種々の実験法を通じ HV が最も悪く, LT-2 と FS では僅かに FS が良い傾向である.

5-5 チャート, フィルム間距離と焦点による識別 使用焦点は 1 mm と 2 mm で, 細線チャート 2 個を使用し, 取枠に密着したものと, 10 cm 離れたもので実験に使用した写真の一例と, 判定結果は Fig. 22 である. チャー

実験結果

焦点	増感紙	0.05	0.06	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
- 耗	LT-II	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+
		B	-	±	±	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+
		B	-	±	+	+	+	+	+	+	+
= 耗	LT-II	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+

Fig. 22.

ト, フィルム間距離 A 点では FS, LT-2 共に 1 mm 焦点で 0.12mm, HV は 0.15 mm, 2 mm 焦点では FS, LT-2 共に 0.15 で HV は 0.2 である. 而し FS の場合 1 mm 焦点で B 点において 0.1 であるのに対し, LT-2 は (±) である. したがって FS と LT-2 では僅かに FS がよいが,

その差は非常に僅少である. 又焦点による示現の差は明白でチャート・フィルム間距離によって示現は異なっている.

5-6 角度による識別 細線チャートがフィルムに対して傾斜した場合示現はどのように変化するかについての実験で, Fig. 23 は角度 15° における判定結果で, チャートのおき方による差は焦点 1 mm では比較的少なく, 焦点 2 mm では差が出る. 而し FS と LT-2 ではその差は比較的少ない. 更に 45° では Fig. 24 のようにチャートのおき方によっても, 焦点によっても示現の低下は著しい. したがって胸部撮影時の体位と病巣との関係について十分に配慮の必要がある.

実験結果

焦点	増感紙	0.05	0.06	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
- 耗	LT-II	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	-	±	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	-	-	±	+	+	+	+
		B	-	-	-	±	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	-	±	+	+	+	+	+
= 耗	LT-II	A	-	-	-	-	±	+	+	+	+
		B	-	-	-	-	±	+	+	+	+
	HV	A	-	-	-	-	±	+	+	+	+
		B	-	-	-	±	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	-	±	+	+	+	+	+
		B	-	-	-	±	+	+	+	+	+

Fig. 23.

実験結果

焦点	増感紙	0.05	0.06	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
- 耗	LT-II	A	-	-	-	-	±	+	+	+	+
		B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HV	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS	A	-	-	-	-	±	+	+	+	+
		B	-	-	-	-	±	+	+	+	+
= 耗	LT-II	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HV	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		B	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig. 24.

5-7 傾斜フィルムに対する識別 実験法Aのように片方のチャートを一定位置に固定し、Bチャートを密着してフィルムの角度をかえた実験結果が Fig. 25 でこの結果からは焦点 0.3 mm においては 15° では増感紙による示現の差は認めないが、1.5 mm 焦点においては差が明白でこの場合、チャート・フィルム間距離の大きい方が示現は悪い。次に 30° にした場合は Fig. 26 で 0.3 mm 焦点では増感紙による差は少なく、1.5 mm ではかなり示現の悪化である。45° の実験結果は Fig. 27 で 0.3 mm 焦点はここで HV と FS, LT-2 との差が認められるがその差も比較的少ない。焦点 1.5 mm においては 30° に比し 45° は比較的示現は悪くならない。これはチャートフィルム間距離が小さくなった為と考える。

単相 570mA

焦点	増感紙	チャート	0.06	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5
0.3	LT-II	A	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.5	LT-II	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Fig. 25.

焦点	増感紙	チャート	0.06	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5
0.3	LT-II	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.5	LT-II	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+

Fig. 26.

焦点	増感紙	チャート	0.06	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5
0.3	LT-II	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	±	+	+	+	+	+	+	+	+
		B	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.5	LT-II	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
	HV	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
	FS	A	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+
		B	-	-	±	+	+	+	+	+	+	+

Fig. 27.

5-8 入射角度による識別 チャートとフィルムを平行に固定し入射角度のみ 15°, 30°, 45° にした実験では Fig. 28 のように 15° で 0.15, 30° で 0.2, 45° で 0.3 の示現であった。

5-9 小括 以上ファントムを使用しない細線法による実験結果を考察するに、

1. チャートと

フィルム間距離によって示現は異なる。

2. 焦点の大きさにより示現の差は大きい。

3. 3種の増感紙の中、HVの示現が最も悪い。

4. FSとLT-2は僅かにFSが有利である。

5. 傾斜角度は30°を越すと示現は著明に悪くなる。

6. 焦点 0.3 mm 未満では増感紙による示現の影響が肉眼的に少なくなる傾向にある。

これらの事から小焦点を用いる事によって、主観的に増感紙間の示現差を比較的小さく出来る効果があるのでかなり画質の向上を期待する事が出来る。

6. 胸部写真の粒状性における諸問題

現像処理後の写真像はミクロンオーダーの三次元的なランダム分布で構成され、肉眼で観察される心理的粒状性は、感光材料の感度上昇にともない、画質を悪くする

Fig. 28. 角度の示現

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

因子に関連し易い、又X線写真の粒状性は近似的には、次式によってあらわす事が出来、粒状性は増感紙よりもフィルムの影響の方が大きい事が報告されている。そこで実際の胸部写真の粒状性について検討を試みた。

$$F_{\text{total}} = K (F_{\text{x-ray}} \times R^2_{\text{screen}} + F_{\text{screen}} + F_{\text{S}} \times FK + F_{\text{film}})$$

註 F=Wiener Spectrum, K=Constant, R_{screen} = 増感紙の OTF

6-1 粒状性の基礎実験 胸部写真の粒状性を究明する事を目的として30×40×厚さ7cmの水槽の上に四切大アルミ階段をのせ120kV, 200mAで撮影したフィルムを2分割して現像温度のみ29℃と32℃で3.5分の現像を試みた。この特性を知る為に濃度を測定の上、図にしたものがFig. 29でアルミの薄い処つまり高濃度部は差は

Fig. 29. 現像温度による比較

大きく、低濃度部ではその差は比較的少なくなる傾向にあるが、単相の方が著明である。したがって現像温度が高くなるとX線写真のガンマは高くなる。しかしその傾

Fig. 30. 現像温度による基礎実験, 3相12パルス (両面)

Fig. 31. 現像温度による基礎実験 単相 (両面)

向も3相と単相とでは多少異なり、単相装置で現像温度の低い場合は、特にガンマはねる傾向が強い。このように現像温度によってガンマの異なるフィルムの粒状性について出来得る限り近似した濃度部を100倍の拡大写真で撮影した粒状性を調べると、Fig. 30が3相両膜面の濃度0.34の場合で、また濃度0.5附近の片膜面の場合についても求めたが、共に現像温度の高い方が粒状性は悪い。又単相装置においてはFig. 31が濃度0.25附近の両膜面の場合であるが、3相装置に比較して一段と粒状性は悪くなる。特に現像温度の高い場合は著明である。又使用フィルムはコダックのBBで指定現像液、3.5分現像で処理したものである。

6-2 小括 粒状性の基礎実験を小括するに水ファントム+アルミ階段を使用した実験では、

1. 単相と3相装置で撮影した濃度曲線は異なる。
2. 現像温度を上昇した場合3相の方が比較的ガンマが均衡して平行的に上昇する。
3. 単相の方が現像温度が高いとガンマがたってくる傾向が強い。
4. 粒状性は現像温度の高い方が悪い。
5. 3相と単相では単相の方が明らかに粒状性は悪い。

以上の点から粒状性のよい写真にする為に出来るだけ現像温度は低くした低ガンマで処理する事が最も得策で、又X線装置も同じ濃度部においては3相装置よりも単相装置の方が粒状性は悪い。これは散乱線の関係によるものと推測される。

6-3 濃度による粒状性 胸部写真の粒状性は時として診断に支障をきたす場合がある。そこで万能拡大投影器を使用して、実際の胸部写真は濃度によってどのように変化するかを50倍の拡大写真で比較した。その結果は

Fig. 32. 胸部写真の濃度による粒状性

Fig. 32 で、X線量にも関係するが濃度によってフィルムの粒状性はかなり異なる。この場合低濃度部の粒状性が強調されると臨床的には粒子あれが目立つ。写真で濃度1以上では粒状性を解明する事は困難であった。而し0.34未満においては明らかに粒状性は認められた。

6-4 低濃度部の粒状性について 従来肺野の至適最低濃度といわれていた濃度0.5附近について片面の粒状性を100倍に拡大した写真で観察した。更に臨床的に粒子あれが目立つ心臓陰影内の0.25~0.3の濃度について100倍の拡大写真で検討を試みた。結果的には同一濃度においても粒状性は片膜面の方が弁別し易い。

6-5 自現装置による比較 胸部写真の粒状性に自現機がどのように寄与するかについて同一人を同条件で撮影

3.5分

Fig. 33

90秒

SAKURA 3.5秒

EK 90秒

Fig. 34. 自現による比較 (片面)

した胸部写真を自現機のみ胸部用の3.5分と一般用の90秒で現像処理後、胸部写真の濃度0.5附近の片面を斜し、100倍の拡大写真で粒状性を比較した。その胸部写真がFig. 33で写真濃度としては90秒現像の方が遙かに濃度も高く過度現像の写真である。その拡大写真がFig. 34で90秒処理の方が粒状性は強調され易い。又心臓陰影内における粒状性についても調べてみたが同じ傾向である。

6-6 X線装置による比較 単相と3相12パルス装置は従来3相の胸部写真が鮮明で単相が多少劣る事が指適されていた。そこで粒状性を比較する為に同一被写体を可能な限り近似的な濃度になるような条件で撮影したフィルムを同一自現機で処理の上、0.25~0.3の濃度を100倍の拡大写真にしたが、両装置の粒状性は肉眼的には弁別困難であった。又0.5附近の片面の拡大写真では3相の方が僅か乍ら粒状性は良い。これは基礎実験と一致しており散乱線による影響と考えられるが尚検討の必要がある。

6-7 フィルムによる比較 同一増感紙でフィルムのみ国産A、B社の比較を行なったが粒状性は異なり、B社のフィルムの方が粒状性は悪い。

6-8 感光材料の組合せによる比較 同一フィルムで増感紙のみ、FSとLT-2に交換して単相装置で撮影した粒状性の比較を行なったが明らかにLT-2との組合せの方が粒状性は悪い。又3相装置での比較も行なったが結果は同じ傾向である。この場合現像温度との関係が特に強い。

6-9 小括 胸部写真の粒状性は濃度によって異なり、低濃度部が強調されると臨床的に粒子あれが目立つ写真になる。そこでこれ等の実験結果について小括してみると、

1. 自現装置によって、特に90秒では臨床的に粒状性は強調され易い。
2. 単相と3相では臨床的にも3相の方が粒状性はよい。
3. 増感紙とフィルムの組合せによって粒状性は異なる。この場合フィルムの影響が大きい。
4. FSとLT-2ではLT-2の方が粒状性は悪い。
5. 現像温度を下げる事によって粒状性を良くする事ができる。

以上の結果から粒状性の良い胸部写真を得る為には出来るだけ低い現像温度で処理する事が現状においては最も適切で特に90秒で現像する場合においては重要である。

7. 散乱線除去に対する諸問題

胸部撮影におけるグリッドの使用法は静止法と移動

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

法とがあり、前者はグリッドのしま目が読影に影響する場合もあるので一般的にはグリッドを移動して使用する事がのぞましい。

この代表的な方法としてカタパルト式、レシプロ式、直線式とが利用されているが実際には胸部の場合アンケートでも明白のように0.1秒以内の撮影時間である為、どの方式を利用しても直線式と殆んど変化はない。

Fig. 35 はレシプロ

機構の運動時間を図に示したものである。

7-1 グリッド濃度斑について 近年グリッドの製作技術は上昇し殆んど濃度斑等は解消されているが高密度グリッド等はスペーサーの関係等から時に濃度斑をみる事もあるがこれ等は撮影時間中に略々濃度むらの3倍以上グリッドが移動しておれば実用上濃度斑は支障がない。

Fig. 36 は著明なグリッド濃度斑であるが移動する事によって殆んど支障はない。

静止 移動
Fig. 36. グリッド濃度斑

7-2 散乱線含有率について 被写体透過後のX線による散乱線含有率についてはすでに多数の測定結果が報告されているが、これらの報告には3相と単相の比較についての報告は比較的小さい。そこで次の方法により散乱線含有率を測定の上比較した。

7-3 実験装置並びに条件

X線装置 東芝 KXO-1000 3相12パルス装置
日立 DRX-155A 単相 500mA型

測定器 マツキ蛍光量計

ファントム 水 30×40×10 cm

測定距離 150 cm

測定電圧 60, 80, 100, 120, 140 kV

照射野 30×40 cm

ブッキ装置 東芝直線式

グリッド 三田屋 MS, 40本/cm, 6:1, 8:1,
10:1, 12:1, 15:1

7-4 実験方法 散乱線の測定方法には線量計法、フィルム黒化法、蛍光量法等があるが線量計法は線質、方向依存性等があり、フィルム法等においては可成り手数が

Fig. 37. 散乱線測定法

かかるので蛍光量法により Fig. 37 の測定法によって実験をおこなった。実験に使用したブッキ台は Fig. 38 で実施に当たっては、多重絞リ（以下普通フィルタと略す）と附加フィルタのある場合の比較実験をおこなった。

7-5 測定結果 普通フ

Fig. 38. グリッド実験装置

Fig. 39. 散乱線含有率
(単相 普通フィルタ)

Fig. 40. 散乱線含有率
(3相, 12パルス,)
(普通フィルタ)

フィルタによる測定結果は Fig. 39 が単相装置で Fig. 40 が 3 相 12 パルス装置であるが、単相と 3 相ではかなりの散乱線含有率に差があり、単相の方が散乱線含有率は高い。したがって同じ散乱線量にするためには 100 kV から 120 kV で 3 相 6:1 に対し単相では 12:1 のグリッドが必要で臨床的には 3 相装置の方が有利である。

7-6 付加フィルタによる影響 イ) 2 mm アルミ板について 普通フィルタの上にアルミフィルタを附加した場合にどのように散乱線含有率が変化するかについての実験で 2 mm のアルミ板を附加した場合、単相が Fig. 41 で、3 相が Fig. 42 で、普通フィルタに比し散乱線含

Fig. 41. 散乱線含有率
(単相, 普通 + Al 2mm)

Fig. 42. 散乱線含有率
(三相, 12パルス, Al 2mm 附加)

有率はかなり減少する事が特徴である。特に単相の場合にその傾向は強い。したがって 2 mm 程度のアルミ附加は是非使用したい。

ロ) 0.2 mm 銅 + 2 mm アルミ板について 単相において銅とアルミの附加フィルタの場合は Fig. 43 で普通フィルタ使用時に比較してかなりの散乱線含有率増加である。又 3 相 12 パルス装置の測定結果は Fig. 44 であるが 3 相は、No. グリッドの場合は増加であるがグリッド使用の時は電圧の低い側でむしろ減少の傾向である。し

Fig. 43. 散乱線含有率
(単相, 普通 + Cu 0.2mm + Al 2mm)

Fig. 44. 散乱線含有率
(三相, 12パルス Cu 0.2mm
+ Al 2mm 附加)

かし 100 kV 以上で 10:1 未満では散乱線含有率の増加である。この実験から不注意なフィルタの増加はむしろ散乱線含有率を増加させる事を考慮すべきで特に単相装置はその傾向は強く使用する場合にはアルミの方が一般的に有利と考える。

ハ) 附加フィルタの厚い場合 参考までに附加フィルタを厚くして実用範囲をこえた場合散乱線含有率がどのようになるかについて単相装置により比較実験を試みると Fig. 41(A)(B) のような結果になり、A と B ではフィルタの厚い Bの方が散乱線含有率は高い。

Fig. 45(A). 散乱線含有率の実験
(単相(普通 Al 0.5mm 相当) + Cu 0.2mm
+ Al 0.5mm + Al 2mm)

Fig. 45(B). 散乱線含有率試験
(単相, 普通 (Al 0.5mm 相当) + Cu 0.2mm
+ Al 2mm + Cu 0.2mm + Al 0.5mm)

7-7 考察 以上の点を考察すると散乱線含有率はグリッドの材質とフィルタとの因果関係が推測出来るので適正なフィルタを使用しないと散乱線含有率の減少にはならない。この事から胸部用の附加フィルタとしてはアルミを使用した方が一般的に有利である。参考までに異常に厚い附加フィルタを使用した場合でも厚いフィルタの方が散乱線含有率が高いため、フィルタの増加は時により散乱線含有率の増加につながる

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

事を銘記すべきである。

7-8 グリッドの使用露出倍数 螢光量の測定値かグリッドを使用した場合と No グリッドの場合を比較してグリッドの使用露出倍数を図にしたのが Fig. 46 で単相装置の方がはるかに使用倍率は高く、又使用倍率は電圧の高い程低い。

Fig. 46.

フィルタによる使用倍率 銅 0.2 mm + アルミ 2 mm フィルタ付加の場合の使用露出倍数は Fig. 47 で、単相では普通フィルタに比しかなりの倍数の減少である。これは線質によるグリッドの透過率に起因するものと考えます。

Fig. 47.

7-9 立証実験 3相装置による露出倍数確認の為、同一被写体を使用し管電圧、管電流は同じで時間だけかえて撮影した写真が Fig. 48 で略々濃度的には実験の通りである。

7-10 グリッド密度による比較 同一メーカーの製品で密度のみ異なる格子比 6:1 のグリッドについて比較してみると Fig. 49 のように散乱線含有率は単相の場合 34

グリッド(+)

グリッド(-)

Fig. 48.

Fig. 49. 散乱線含有率の比較

Fig. 50. グリッド倍数の比較 6:1 (普通)

本/cmの方が少ない。而し静止法においてはその差は殆んどない。又グリッド使用露出倍数は Fig. 50 で 40 本と 34 本では有意差は殆んどない。

7-11 小括 以上実験の結果について小括してみると次の如くなる。

1. 3相に比較して単相の方が散乱線含有率は高い。したがって同一散乱線含有率にする為には 100 kV で 3相 6:1 に対し単相 12:1 が必要である。

2. 附加フィルタの影響は単相の方が大きく 2 mm のアルミ板では散乱線含有率は減少し、銅 0.2 + アルミ 2 mm では増加である。

3. 3相の場合附加フィルターによる散乱線含有率はアルミ 2 mm では減少であるが、銅フィルタの場合 No

グリッドでは増加である。

4. グリッドの使用倍数は3相よりも単相の方が大きい。
5. 使用倍数は管電圧の高い方が小さくなる。
6. 6:1の格子比の場合34本/cmの方が散乱線含有率は少ない。而し静止法ではその差は殆んどない。
7. 密度34本と40本では使用倍数の違いは殆んどない。
8. 一般的に附加フィルタの厚い方が散乱線含有率は高くなる。

8. 気管支造影法における諸問題

気管支造影剤は患者の副作用がない事が前提で造影剤の注入法はおよそ Table. 6 のように区別できる。特に選

Table. 6 注 入 法

1. 声門上注入法
2. 甲状輪状靱帯穿刺法
3. 気管内カテーテル法
4. 気管支鏡によるカテーテル注入法
5. 選択的気管支造影法（メトラ氏法）
*誤飲法

択的気管支造影法が非結核性の鑑別に利用される事が多くなった。この注入法は目的気管支から順次周囲の気管支に造影剤を注入していく方法で全体としてはかなり多量の造影剤を必要とし、加えて注入された造影剤が肺胞まで流入されないものが良好である。しかし気管支造影剤も最近では希望の造影剤が入手困難になって来ているのが現状である。

8-1 造影剤の粘着力について 造影剤粘着力の実験方法として、フィルムベース上に3種の造影剤を1滴ずつ滴下し、その儘フィルムを垂直に2分間たてた後、その

Fig. 51. 造影剤の比較

長さを計測した。その結果ディオノデールは殆んど動いていない事が特徴である。次に2滴ずつ滴下した同じ実験でその結果を表にしたのが Fig. 51 であるが、ディオノデールが最も流れにくく、続いてハイトラスト、油性ウロコリンの順である。更に造影剤 1 ml について同じ実験を試みた。その結果、長さ 27 cm を流れる時間は油性ウロコリン（2条）15秒、ハイトラスト30秒、40%モリヨドール130秒、ディオノデール14 cm/180秒。ディオノデールは3分経過後においても僅かに14 cm 流れたのみで非常に動きにくい造影剤である。この為選択的順次分割注入法に好都合である。而しカテーテル法の場合には目的気管支に到達するのに時間のかかる事も留意する必要がある。

8-2 造影効果の比較 造影効果を比較する為に、水フ

Fig. 52. 造影剤試験

Fig. 53. 造影剤の試験法

Fig. 54. 造影剤の比較
(グリッド(-)フィルター普通) H
=ハイトラスト, M=モリヨドール, D=ディオノデール, U=油性
ウロコリン

ァントームを用い試験用ピペットに造影剤を注入して実験を試みた。ピペットは細かい部分が15 mm, 太い部分が5 mm の内径で Fig. 52 の通りである。実験方法は、Fig. 53 で撮影方法は出来る限り線量を一定にする為にホットタイマーによる線量制御法を用い、撮影結果はピペットの内径5 mm に相当する造影剤部分と水ファントーム部分の濃度測定を実施して、水ファントーム濃度と造影剤濃度の差を求めて比較した。その結果が Fig. 54 でグリッドなしの場合には散乱線の影響によりかなり濃度差は少ない。次に水7 cm と13 cm

を比較すると更に差は少なくなる。したがって対比度の悪い写真となる。又造影効果は良い方からハイトラスト、40%モルヨドール、ディオノデール、ウロコリンの順である。次にグリッドを使用した同じ実験結果はFig. 55で各造影剤間の濃度差は一段と明確になるが弁別度は

Fig. 55. 水槽による比較

Fig. 56. フィルタの比較

水の厚さによって異なる。又管電圧を上昇しても、グリッドなしに比較しかなりの対比度の上昇である。この結果から造影剤を使用した場合管電圧の上昇による対比度の悪化よりも散乱線の影響の方が大きい。又フィルタによる影響はFig. 56でフィルタの厚さが厚い程造影効果は悪くなる傾向にある。この実験から臨牀的に明瞭な気管支像を得る為にはまず散乱線の除去を充分になす事が重要である。

8-3 小括 以上造影剤について小括すると、

1. 造影剤の粘着力はかなりの相違がある。
2. 注入方法によって造影剤の選択が必要である。
3. 造影剤の種類によって造影効果は異なる。
4. 被写体の厚さによって造影効果は異なる。
5. グリッド使用によって対比度は向上する。
6. 散乱線の影響が造影効果を悪くする要因となる。
7. グリッドを使用する事により管電圧を上昇しても実用上支障はない。

9. 3相12パルス装置における諸問題

X線装置の高圧化にともない単相装置においてはタイマー回路は0位相で開閉し異常電圧を防止しているのが3相装置においては各相が $2/3\pi$ の位相ズレをもっている。この為2次側制御が理想であるが、一部の装置を除き一次側による制御が多く用いられ、異常電圧の防止と極短時間制御(3/1000)を目的とした二次投入方式が利用されている。これはまず一次投入においては正規電圧の $1/2 \sim 1/3$ の範囲で投入し写真効果としては $1/4$ 以内に最大線量率をおさえ二次投入をする方式で、写真効果としては正規電圧の印加時間だけの筈であるが現実にはこれが無視された装置はかなり多いようである。したがって3相12パルス装置については二次側電圧波型による調整を義務づける必要がある。

9-1 3相12パルス装置の波型について 3相12パルスの波型について昭和46年~47年に購入した内外の装置について測定をしてみると理論上、リップルは3.4%とし乍らも、投入電圧、波型率共に問題が多い。この測定結果は次のようになる。

9-2 波型の歪 3相12パルスA装置の波型は据付完了時に撮影したもので測定方法としては変圧器の二次側ブッシングから管球と並列にオイル抵抗器を通して、オシログラフにつなぎ二次側波型を記録したものであるがFig. 57のように低圧側においては比較的波形率もきれいで歪も少ないが管電圧の上昇と共に歪が大きくなり時間の経過と共に比較的波形が安定していく装置である。Fig. 58は高圧側の波型で、胸部撮影に於ては実用上短時

管電圧波形 (3相12パルス) 管電圧波形 (3相12パルス)

Fig. 57

Fig. 58. 管電圧波形 (3相12パルス)

間側が重要でここに問題の少ない装置が理想である。この波形の歪は一般的には投入時の異常電圧といわれ、現在使用中の二次投入方式の多くの装置にこの傾向があり、メーカーに整備させても装置が正規の波形に復帰し難いのが現状である。

9-3 投入電圧の異常 この装置の二次波形は管球容器内から低降トランスを通して、オシログラフに接続して二次波形を測定したもので、据付時の波形は Fig. 59 で管電圧の上昇と共に二次投入点が移動し、管電圧が高くなればなる程投入位置が高くなる装置で、ついには一次投入と二次投入位置が接近するケースである。この場合最早や二次投入の意義はない。投入電圧とタイマ調整後の波形が Fig. 60 であるが依然として一次投入電圧は高い。タイマによる波形は Fig. 61 であるが一次投入時の電圧が加わるので写真効果としてはかなりの延長で特に高圧撮影の時一段と強調される事が推測出来る。したが

Fig. 59.

って装置の据付調整時の二次波形を測定する事をメーカーに義務づける必要があり、正期波形で使用出来るよう改善すべきである。

9-4 写真効果からみた投入電圧とタイマの測定法

Fig. 60. 高圧波形図

Fig. 61. 高圧によるタイマ試験

高圧二次側波形に疑問があり計器がない時は、写真効果により測定する事も意義のある事で種々検討の結果ストロボ法を導入する事によって、一次投入電圧とタイマ測定が出来る事が判明した。測定方法として直線ブッキー撮影台を利用した実験でグリッドの移動距離と移動時間を測定してこれを利用すれば簡単で、特に直線式とレシプロ方式が良好である。この場合反覆測定した平均移動時間を利用する。通常0.2~0.3秒程度である。厚さ1~2mmの鉛板を用い、片側に切込みか穴をあけ、この部分が移動の先端になるように取付けて測定する。胸部の場合問題が

Fig. 62. ストロボ像による写真効果

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

多いのは、撮影時間が短い場合と電圧が高い場合である。したがって比較的電圧の低い所では意味が少ないので実際に使用する電流で、電圧は 80 kV 以上、測定時間は実用範囲内で良い。この方法で撮影したストロボ像が Fig. 62 であるが、通常は一次投入位置は確認されないのが良好な装置で、このように明瞭に描写される装置は非常に問題のある装置である。

9-5 タイマの簡易計算法 ストロボ像から有効撮影時間を算出する事が可能である。実験の初めにグリッドの移動距離と移動時間を測定してあるので

$$\text{撮影時間} = \frac{\text{移動時間}}{\text{移動距離}} \times \text{ストロボ像の長さ}$$

で簡単に算出する事が出来る。又拡大率を配慮すれば尚正確になる。

9-6 応用法 このストロボ法を胸部撮影時に X 線装置のチェック法として応用しているが、これはフィルムの端に撮影するので確率では劣るが、装置の状態を監視する為には都合が良い。Fig. 63 はストロボ法の応用例で正規像と電源ターミナルの緩みによる故障例で、ストロボ現象としては単相波形のストロボ像に似た現象である。又 Fig. 64 はボトタイマを使用した場合で X 線開閉器の接片の黒化現象による場合で、電圧降下により薄い胸部

Fig. 63. 三相12パルス・ストロボ像

Fig. 64.

写真の一例であるが、濃度の薄い直接の原因は保安用タイマが働いた為であるがストロボ像が明白でないのが残念である。

9-7 小括 3相12パルスの波形について小括してみると、

1. 3相12パルス装置は高圧側の波形で調整しないと世界的に知名度の高い装置といえども波形は悪い。
2. 二次投入方式の装置では特に一次投入電圧と時間に問題が多い。
3. 一次投入に問題のある装置はタイマにも問題が多い。
4. 簡便法としてストロボ法により測定する事も可能である。
5. ストロボ法からタイマの近似的実測をする事が出来る。
6. 管理面から装置のチェックに応用する事が出来る。

10. 蛍光量による装置の実測について

胸部 X 線撮影においては一般的に大電流短時間で使用しているので線量計では比較的測定しにくい。そこでマツキの蛍光量計を使用してシーメンス、島津、東芝、日立の内外四社の 3 相と単相装置について比較検討を試みた。測定方法は Fig. 65 でアルミ板は焦点と蛍光量計の中間で操作した。

Fig. 65.
アルミ当量測定法

10-1 多重絞りのアルミ厚 について 日常使用している多重絞りのミラーはフィルタを兼ねているのが現状で、このミラーがどの程度のアルミ

厚に相当するか一般に明らかでない。そこで多重絞りを取外して管球からの直接線を X 線管電圧 60 kV, 200 mA, 0.1 秒で純度 99% の標準アルミ板を入れて測定し、更に多重を附加した時の測定値と比較してアルミ厚を算出し

Table. 7 多重絞りミラーのアルミ厚

装 置	ア ル ミ 厚
島 津 (単相 500)	2.2mm
シーメンス (3 相 1,000)	1 mm
東 芝 (3 相 1,000)	1 mm
日 立 (単相 500)	0.5mm

たもので、その結果は Table. 7 の通りで最も多いミラーは島津の 2.2 mm, 最も薄いのは日立の 0.5 mm で装置によってかなりの差のある事が判明した。したがってミラーのアルミ厚は早急に規格化の必要がある。

10-2 装置別蛍光量特性曲線 装置による特性曲線は、管電圧 60, 100, 120, 140 kV で管電流は 200 mA (但し単相装置については 140 kV のみ 100 mA で測定し 2 倍した) 照射時間 0.1 秒, その結果は Fig. 66~Fig. 69 の通りで蛍光量としては東芝製の 3 相 12 パルスが最も多い。又単相日立の装置は多重のフィルタが薄い為か最初は螢

Fig. 66. 島津山城 B 単相 500mA, 150kV

Fig. 67. シーメンスギガントス 3φ 12パルス 1,000mA

Fig. 68. 東芝 3φ 12パルス 1,000mA

Fig. 69. 日立単相 500mA, 150kV

光量が多いが漸次アルミ厚が厚くなると蛍光量は少なくなる。したがって蛍光量特性曲線は装置によってかなりの相違がある。又この測定結果から半価層に相当するアルミ厚が簡単に算出する事も出来る。

10-3 半価層相当アルミ厚について 多重絞りをを用いない場合 60 kV における半価層相当のアルミ厚は、Table. 8 の通りで 3 相は、シーメンスが最も厚く 2.6 mm, 東芝の 2.3 mm, 単相では日立が最も薄く 1.7 mm である。

10-4 多重使用時の半価層相当アルミ厚について 多

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

Table. 8 多重なし 1/2 螢光量のアルミ厚

装 置	ア ル ミ 厚
島 津 (单相 500)	1.8mm
シーメンス (3相1,000)	2.6mm
東 芝 (3相1,000)	2.3mm
日 立 (单相 500)	1.7mm
60kV	

Table. 9 多重絞り使用時 1/2 螢光量のアルミ厚

装 置	60kV	80kV	100kV	120kV	備 考
島 津 (单相 500)	3.0mm	3.9mm	6.0mm	7.0mm	200mA 0.1sec
シーメンス (3相1000)	2.2mm	3.5mm	4.6mm	5.2mm	
東 芝 (3相1000)	1.9mm	3.0mm	3.9mm	4.3mm	
日 立 (单相 500)	1.9mm	3.4mm	4.1mm	4.7mm	

重絞りを使用した通常の撮影状態で半価層相当のアルミ厚を算出してみると Table. 9 のようになり、厚い順では島津、シーメンス、日立、東芝の順に薄くなる。これは装置の基本的問題と多重のミラーに関係する事は勿論で特に東芝製 3 相 12 パルスは投入電圧と撮影時間に問題のある事が推測出来る。

10-5 小括 これらの実測結果を小括すると

1. ミラーのアルミ厚はメーカーによって異なる。
2. 最も多いミラーは 2.2 mm であった。
3. 螢光量特性曲線は量的にかなり相違がある。
4. 3 相 12 パルスの量的相違は装置の基本的問題にも関係する。
5. 螢光量曲線から半価層相当アルミ厚を算出する事が出来る。
6. 管電圧 60 kV における多重なしの半価層相当アルミ厚は最高 2.6 mm であった。
7. 一般的にミラーの厚い程半価層相当のアルミは厚いが例外もあった。

8. ミラー用アルミ厚の規制の必要がある。

11. 单相と 3 相の比較

11-1 線量比較 3 相 12 パルス装置の調整が充分でない波形や撮影時間がくずれ易く、又種々の関係から量的にも異なるので実験的に比較する事は困難で一般的には Kulen Kampff の実験式から計算により求めた線量が比較されている。今水 10 cm における单相と 3 相 12 パルスの線量を中西氏の計算から比較したものが Table. 10 で低圧 50 kV で 2.05 倍、高圧 150 kV で 1.59 倍である。而し実際には螢光量の特性からも装置によってかな

Table. 10 線 量 比 較

電圧 kV	単 相	3 相 12 パルス	備 考
50	1	2.05	水ファントム 10cm
60	1	1.93	
70	1	1.85	
80	1	1.80	
90	1	1.76	
100	1	1.73	
110	1	1.70	
120	1	1.65	
130	1	1.63	
140	1	1.61	
150	1	1.59

Fig. 70. 管球容量の比較

り相違のある事は事実で、使用する特性を良く知っておくことが有意義である。

11-2 管球容量による比較 同一管球を使用しても3相と単相とでは管球容量は異なり、一般的には3相12パルスは単相より15%多く管電流を多く使用出来るといわれているが実際某社の管球容量の比較は Fig. 70 で略々10%の増加である。

11-3 コントラストについて 現状の装置について水ファントムとアルミ階段を使用して3相12パルスと単相の比較を試みた。実験方法としてはグリッドを使用し、透過線量を一定にする為にホトタイマを用いて可能な限り濃度を一定にして実験を行なった。その実験方法が Fig. 71 で濃度の測定結果は80 kV が Fig. 72 で単相に比

Fig. 71. コントラスト比較実験法

Fig. 72. 80kV における比較

Fig. 73. 120kV における比較

Fig. 74. 140kV における比較

し3相の方がコントラストスケールは長い。Fig. 73 は120 kV で同様の傾向にある。ここで注目して頂きたい事は単相の方が低濃度部の黒化がかなり高く低濃度部の階調性が悪くなる。Fig. 74 は140 kV における濃度曲線であるが120 kV より更に単相低濃度部の濃度が上昇している。したがって単相装置においては電圧の上昇と共にコントラストスケールが短くなる。これは散乱線の影響による事が推測出来る。この事から3相装置の方が

胸部写真の臨床には有利で、又単相と3相では実際には写真の特性が多少異なる。したがって胸部写真で低濃度部を一定にすれば3相12パルスの方がはるかに高濃度部は高くなり、逆に高濃度部を一定にすれば単相の方が低濃度部が高くなる。勿論この実験には12:1のグリッドを使用したものである。

11-4 立証実験 前述の実験から臨床的には肺野の最高濃度を基準にした場合と中央陰影内の低濃度部を基準にした場合では3相12パルスと単相では濃度の違う事をのべたが、水ファントムで調整したホトタイマで同一電圧、電流で同一被写体を撮影して比較実験を試みた。その結果単相の場合低濃度部は3相12パルスより約0.02濃度は高く、逆に高濃度部では0.18濃度は低い。したがって前の実験結果とよく一致している。このように3相12パルス装置の実際上の利点から小容量の経済的装置の開発を期待したい。

11-5 小括 以上単相と三相12パルスについての比較を小括してみると、

1. 水10 cm の計算による線量比較は50 kV で2.05倍、120 kV で1.65倍で150 kV で1.59倍である。
2. 管球定格は0.01秒で計算的には約15%高く使用出来るが、実際には約10%の管電流の増加である。

3. 単相と3相（6パルス）の比較においても3相の方がコントラストは良い。
4. 水ファントムを使用したアルミ階段の実験においては3相12パルスの方がコントラストスケールは長い。
5. コントラストスケールが長いので3相12パルスの方が胸部臨床写真としては有利である。
6. 単相と3相では写真の特性が多少異なる。

12. 胸部写真における優良性の基本的な関係

胸部写真の優良性を判定する基本的な関係については Table. 11 のようになり、これらの点を十分に配慮の上で胸部X線写真を撮影する事が最も重要である。

Table. 11 胸部写真における優良性の基本的な関係

1. 濃 度——適正
2. 歪 ——入射X線と体位
3. 大きさ——F.F.D.
4. 鮮鋭度
 - 幾何学的——焦点F.F.D.
 - 運 動——臓器, 位置, t.
 - 写 真 的——増感紙, フィルム, 密着
5. 対比度
 - X 線 的——電圧, 散乱線
 - 写 真 的——フィルム, 増感紙, 暗室処理
6. 誤読影の原因となる人工描写物の排除
7. 情報量——多い
8. 病態生理学的からの撮影

13. 良好なる胸部写真を得る要件

胸部写真の基本的な要求を充足する為にはおよそ, Table. 12 の要件で略々満足する結果を得る事が出来る。

Table. 12 良好なる胸部写真を得る要件

増感紙固有のボケ (粒子)	小—大	—グリッド格子比 —グリッド密度 —フィルタ —撮影距離 —管電圧
フィルム粒子		
使用焦点		
照射野 (絞リ)		
増感紙, フィルムの厚さ		
被写体の動き		
撮影時間		
被写体～フィルム間距離		

14. 線量制御法の諸問題

14-1 線量制御法の沿革 線量制御法については Table. 13 のように約45年前の1929年ドイツ人 Franko によって X線照射自動遮断器を提案したのが初まりで、本邦においては昭和26年第10回日本医学放射線学会に東北大学と東芝の試作発表があり、翌27年東芝より商品化された。更に直接用ホトタイマは昭和31年第15回日本医学放射線学会において大阪レントゲンより発表展示された。又日

Table. 13 線量制御法の沿革

1929年	ドイツ人 Franko 氏がX線照射自動遮断器を提案
1930年	Müller 商会からX線照射自動遮断器発売
1941年	Frank. Bischoff. Runp. Nefechew らの共同研究で自動遮断器の創作開始
1941年	アメリカ人の Morgan Hodges の両氏が胸部X線技術に関する二次電子増倍管の実用的応用を発表
1944年	Morgen Hodes がX線撮影技術全般に應用出来る事を報告
1945年	Franke は新照射自動遮断器が満足すべき結果を得た事を報告
1947年	General Electric 社で最初の Photo timer が商品化された。

本放射線技術学会においては1952年第8回総会において東芝の田中氏がホトタイマの性能についてと題して報告したのを第1歩として現在迄胸部に関係する主なる演題だけでも40題をこえ非常に多数である。

14-2 線量制御法の原理 線量制御法は大別して電離槽方式と光電管方式に区別する事が出来る。前者をイオンタートといい、後者をホトタイマと呼び種々の問題から本邦に於てはホトタイマの方が普及率は高い。簡単な一般的原理は Fig. 75 の通りである。本研究において

Fig. 75. 自動線量制御方式の原理

は主として後者のホトタイマについてのべる。

14-3 受光部の型式と吸収特性 現在本邦において使用されている受光部の型は非常に多いがおおよそ Fig. 76

Fig. 76. 受光部の型式

Table. 14 受光部構成材料例

に記載のタングステン酸系のものを使用した。この受光部は厚さも薄く 3 mm 以内で、60 kV における吸収率は 5.5% 以内である。

15. 単相用ホトタイマの諸問題

MAX. DENSITY INCREASE
WITH ADDITIONAL 1 PULSE

Pulses	Density
1	1.8
2	1.5
3	1.35
4	1.25
5	1.18
6	1.15
7	1.12
8	1.1
9	1.08
10	1.05

Fig. 77.

15-2 M.G.S 式と S.C.R 式の特Ⓐ性比較 実験に使用したホトタイマの受光部は Fig. 78 で タングステン系 H 型

Fig. 78. Shape & Size of pick up field

Fig. 79 受光部の材質による特性
(タングステン系，電磁開閉式)

Fig. 80. 受光部の材質による特性
(タングステン系 SCR 式)

で SCR なしで、水ファントムを使用した実験では **Fig. 79** のように電圧の変化にともない濃度は異なる。又管電流を変化しても濃度差は大きく実用上不適正である。そこで SCR を取付けた実験では同じ装置でも **Fig. 80** の特性になり管電圧、管電流の差を除去する事が出来る。

15-3 受光部の材質による特性 受光部の光電流を多くしてホトマルの精度をカバーする事が考えられ、その材質として硫化系の受光部が試作され実験を試みたが、**Fig. 81** のように 電圧の上昇と共に 濃度は上昇して不適

Fig. 81. 受光部の材質による特性
(硫化系電磁開閉式)

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

Fig. 82. 受光部の材質による特性 (硫化系 SCR 式)

Fig. 83.

Fig. 84. 分割測光式ホトタイマー特性

正で、更に SCR による調整を試みたが Fig. 82 の如く依然として電圧、電流による特性が強く胸部用としては

硫化系の受光部は不利である。

15-4 分割測光式について 胸部写真は特に再現性の高い事が重要で、その為にホトタイマーが有効であるが基礎実験として水ファントム又はアクリライトのような均等なファントムを使用した場合の濃度の許容誤差は0.1附近である。分割測光式は理論的には左右の肺を別々に制御する事を目的に開発されたものでこの方式による電圧特性は Fig. 83 のように電圧による濃度差は非常に大きい。更にこれをアクリライトファントムによる厚さ特性の実験結果は Fig. 84 でかなりの濃度の違いがある。これは受光部の問題と使用するホトマルの特性や左右の蛍光量に起因する事が推測されるが、性能的に基本的な問題の再検討が必要で現状においては胸部用としては不適正である。

15-5 完全自動式について この方式は管電圧、管電流共に一定範囲内で自動的に設定する方式で一次側の抵抗を急激に変化して管電圧を上昇させ、管電流を少なくする方式で最大値までの変化する時間は6～8パルスである。この管電圧と管電流波型の一例が Fig. 85 で基礎

Fig. 85.

Fig. 86. 胸部用完全自動式ホトタイマー基礎実験 (島津山城 BII型, 日立ホトタイマー・受光部) H型 SCR 使用測定器ビシグラフ

ファントム水 13cm ファントム 7cm
島津山城 BII型, 日立ホトタイマー受光部H型 SCR使用 測定器ビシグラフ 島津山城 BII型, 日立ホトタイマー受光部H型 SCR使用 測定器ビシグラフ

Fig. 87. 胸部用完全自動式ホトタイマー波形図

実験のビシグラフは Fig. 86 のように最高電圧は 135kV であるがその間、例えば 70~120kV 等 10 数種類の実験の結果、数種に整理実用化してみた。水ファントムを使用したビシグラフによる測定の結果は Fig. 87 で動作は良好で、又蛍光量計による測定の結果は濃度的には 0.1 の範囲内にあり実用性は充分である。この方式は電圧前式式のホトタイマとしても使用出来る。

15-6 ホトタイマの濃度差 ホトタイマの濃度差を生じる原因は基礎的なものと、技術的なものがあり、基礎的なものとしては受光部の材質による電圧特性、厚さ特性、時間特性、管電流特性があるがこれらは製作者側の技術によって実用上支障のない補正が出来る。技術的なものとしては使用者側に主として問題があると考えられ、同一装置を使用しても濃度差が著しく出る場合がある。そこでこれらの技術的な濃度差を出来るだけ少なくする為に基礎的な実験を試みた。

基礎実験 1 実験法として受光部に異種吸収体がある場合にどのような濃度差が生じるかについての実験方法は Fig. 88 である。その結果は Fig. 89 の通りでパチンコ玉や、ローソク片では殆んど濃度差は生じない。しかし

Fig. 88. 濃度差実験法 (その 1)

Fig. 89. 濃度差 (1)

受光部のある面積を遮断した場合には濃度差は大きく上昇する。

基礎実験 2 前の実験とは反対に受光部に直接線が入った場合どのように濃度が変化するかの実験である。実験方法は Fig. 90 で作為的にアルミ階段を外した実験で、この実験結果は Fig. 91 に示し、この場合異種吸収体が

Fig. 90. 濃度差実験法 (その 2)

Fig. 91. 濃度差 (2)

受光部の上にある以上にその影響は大きい。したがって僅かの直射光であっても濃度の薄い写真が出来る。更に水 7 cm の水槽を加えての実験を行なったが更に濃度差は大きくなる。これは側面撮影の如く被写体の厚い場合に問題で、少しでも直接線が入ると非常な影響のある事を示している。

15-7 濃度補正について 技術的に濃度差を生じる原因として濃度が高くなる場合と濃度が薄くなる場合があり、この調整の為にホトタイマに粗調整として 1 倍、2 倍、1/2 倍の 3 段階の調整法を使用し、更に 1~11 まで 10 段階の微調整器を使用した。

15-8 調整特性曲線 水ファントムを使用し微調整タックを一段づつかえ蛍光量を測定した。単相 SCR 使用

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

の特性曲線は略々直線的に濃度補正が出来る。しかし特に濃度が薄くなる場合には直線性がなくなる。これは時間遅れによる誤差で実用上3パルス未満になるとこの現象が強くなる。

15-9 濃度過多になる場合の補正 受光部に異種吸収体がある場合の補正法について実験を試みると Fig. 92 のようになり、微調整タップによって十分に補正する事が出来る。実際には片側整形手術を実施した患者で1～2タップで実用上支障のない濃度の胸部写真が撮影出来る。

Fig. 92. 濃度補正の実験 (水槽 7cm + アルミ階段)

15-10 濃度が薄くなる場合の補正 前述とは反対に受光部より被写体が外れ、直接光が入る場合の実験で、結果は Fig. 93 の通りで、極端な場合は調整タップだけでは補正は困難で、この場合には増感紙による補正法が最も効果的である。

Fig. 93. 濃度補正の基礎実験 (その2) (水槽 7cm)

15-11 ポジショニングによる濃度差 胸部撮影の実技上濃度差を生じ易い受光部の位置的關係は正面が Fig. 94 で側面は Fig. 95 のようになるが、更に病巣、術後の場合は Fig. 96 でその中、濃度差は側面撮影時に最も起り易いので特にポジショニングには充分に注意する必要

Fig. 94. 採光窓の位置によるバラツキ

Fig. 95.

Fig. 96.

がある。撮影の実際に当ってはポジショニングの時、背面に傷のある人や、著しく体が歪んでいる人には一言何か病気をした事がありますかと尋ねる事によって、かなり濃度差を減少する事が出来るので是非実施を勧めたい。勿論受光部は何時も所定の位置づけをする事が基本である。

15-12 小括 以上単相装置のホトタイマについて知見を小括すると、

1. 単相用 ホトタイマーは SCR で精度を向上する事が出来る。
2. 線量の少ない場合の補正曲線は悪い。
3. 1 パルスの誤差は短時間撮影では誤差は大きい。
4. 分割測光式は考え方としては理想であるが精度の点で今後の装置である。
5. 濃度過多の場合の補正は簡単である。
6. 薄い場合の補正は困難で増感紙法がすぐれている。
7. ポジショニングは受光部に正しく位置をとらないと誤差は多い。
8. 完全自動式は前式も兼用出来る。

16. 3 相用 ホトタイマの諸問題

3 相12パルス装置の使用目的で TRIAC によるホトタイマの開発をした、これは SCR より小型 出来る事が特徴で受光部は H 型で Fig. 97 のようにホトマルを水平に取付けた撮影台を使用した。この試験はまず Fig. 98 のように一次側で模擬配線をして管球に負荷をかけないようにして基礎実験を試み、動作の確実な事が判明したので実用回路に直してトランスのブッシングから管球と並列にオイル抵抗器を継ぎ、オシログラフで撮影した写真が Fig. 99 である。この波形は一次側と同様に確実に線量制御が実証された。

Fig. 97. 撮影台

Fig. 98.

Fig. 99.

16-1 3 相用ホトタイマの特性 単相と同様蛍光量計を使用した特性については MGS 方式の場合が Fig. 100 で TRIAC 方式では Fig. 101 で () 内は推定時間であるがかなり精度のよい事が判明した。又補正方法に使用する

Fig. 100.

Fig. 101.

Fig. 102.

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

補正曲線は Fig. 102 の通りで短時間側になっても直線的に制御出来るのが単相との相違点である。

16-2 ホトタイマの問題点 フィルタによって線質を人為的に変えた場合どのような濃度差を生ずるかについてグリッドを使用した実験を試みると Fig. 103 のようになり Cu 0.2+AL 2 mm の 附加では約 0.1 程度の濃度の上昇になる。したがって実際に使用の時は微調整タップを一段下げた位置で使用すればよい。次にグリッドを外して実験を試みると、Fig. 104 のように電圧が低くなれば受光部の材質による吸収の影響を受け易くなるので、出来るだけ 60 kV 以上で使用した方が濃度差は少ない。又附加フィルタを使用した実験の結果は点線で、濃度がかなり上昇した特性曲線になる事が判明した。よってグリッドなしで使用する場合には特に注意が必要である。

Fig. 103. グリッド使用時におけるフィルタの特性

Fig. 104. フィルタによる特性 (No グリッド)

16-3 散乱線とホトタイマ グリッドを使用しないで散乱線を除去する場合にはグレーデル法が用いられる。この場合ホトタイマではどのように特性が変わるかについての実験結果が Fig. 105 で 15 cm と 30 cm の距離では

Fig. 105. グレーデル法におけるホトタイマ特性

濃度差は 0.1 で更に AL 2 mm のフィルタを附加すると更に濃度は上昇する。これらの事も十分に配慮する必要がある。

16-4 小括 以上を小括するに

1. 3 相用ホトタイマは TRIAC の使用により精度は安定する。
2. 補正曲線も完全に線量の少ない処まで補正出来る。
3. 附加フィルタによって特性はことなる。
4. 60 kV 未満では受光部の材質の影響を受け易い。
5. グリッドなしの場合附加フィルタにより濃度を上昇出来る。
6. グレーデル法でホトタイマの濃度は上昇する。
7. グレーデル法+フィルタで更に濃度は上昇する。
8. ホトマルの防護を完全にする必要がある。

17. 3 相装置の識別について

3 相 12 パルス装置でホトタイマを使用し水 7 cm と 13 cm のファントム、管球焦点 1.2mm で、細線法と穀物法による実験でグリッド法、グレーデル法と低濃度部については 10 円銅貨による実験を試みた。実験方法は、Fig. 106 の如く水ファントムの上に細線チャートと穀物チャートを使用し、それぞれ電圧を変えて撮影したものを肉眼的観察法において比較した。

Fig. 106. 実験方法 (イ)

17-1 グリッドなしの示現 グリッドなしの場合の示

昭和 50 年 9 月

日本放射線技術学会雑誌

現は細線法では Fig. 107 で水 7 cm では 0.15 mm, 水 13 cm では 0.2 mm で水 7 cm に比しかなりの示現の低下が認められる. この場合電圧が低い程差は少ない. 次に穀物法の結果は Fig. 108 で水 7 cm では米迄認識出来るのに対し 13 cm では小豆までである. 又アルミの 2 mm を附加した場合, 細線法は Fig. 109 で, 穀物法は Fig. 110 であるが示現は普通フィルタよりも僅かに低下の傾向で, 細線法, 穀物法共に細かい方の(±)が少なくなる.

グリッドなしの増感紙の比較

胸部の代表的増感紙 FS と LT-2 の比較した細線法が Fig. 111 で FS の方が僅かではあるが有利である. 又穀物法による増感紙の比較は Fig. 112 で FS の方が良好で特に普通フィルタに於いて著明である.

17-2 グリッド法の示現 先の実験装置で, 水槽後部にグリッドを配置して実験を行なった. その結果は細線法の場合は Fig. 113 で, 水 7 cm では電圧の低い方が示

水槽 (7cm)										
管電圧 (KV)	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
50	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
60	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
70	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+

水槽 (13cm)										
55	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+
65	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
75	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
85	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

管電流 200mA.

Fig. 107. No グリッドの示現結果 (細線法)

水槽 (7cm)					
管電圧 (KV)	粟と稗	米	小豆	大豆	大豆
50	±	+	±	±	±
60	±	+	±	±	±
70	-	±	+	±	±

水槽 (13cm)					
55	-	±	+	±	±
65	-	±	+	±	±
75	-	-	+	±	±
85	-	-	+	±	±

管電流 200mA

Fig. 108. No グリッドの示現結果 (穀物法)

水槽 (7cm)										
管電圧 (KV)	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
50	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
60	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
70	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

水槽 (13cm)										
55	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
65	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
75	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

Grid (-) 管電流 200mA

Fig. 109. フィルタ (Al 2mm) 使用時の示現 (細線法)

水槽 (7cm)					
管電圧 (KV)	粟と稗	米	小豆	大豆	アブラ豆
50	-	+	±	±	±
60	-	+	±	±	±
70	-	±	+	±	±

水槽 (13cm)					
55	-	±	+	±	±
65	-	-	+	±	±
75	-	-	±	+	±

Grid (-) 管電流 200mA

Fig. 110. フィルタ (Al 2mm) 使用時の示現 (穀物法)

管電圧 60KV 水槽 (7cm)										
増感紙	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2
普通	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
(+) 2mm Al	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

管電圧 65KV 水槽 (13cm)										
普通	FS	-	-	-	-	+	+	+	+	+
(+) 2mm Al	FS	-	-	-	-	+	+	+	+	+

管電流 200mA.

Fig. 111. 増感紙による比較 (細線法)

管電圧 60KV 水槽 (7cm)										
増感紙	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2	FS	LT-2
普通	±	+	±	±	±	±	±	±	±	±
(+) 2mm Al	-	+	±	±	±	±	±	±	±	±

管電圧 65KV 水槽 (13cm)										
普通	FS	-	±	+	±	±	±	±	±	±
(+) 2mm Al	FS	-	-	+	±	±	±	±	±	±

管電流 200mA.

Fig. 112. 増感紙による比較 (穀物法)

水槽 (7cm)										
管電圧 (KV)	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
80	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
100	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
120	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
140	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

水槽 (13cm)										
105	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
125	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
145	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

Grid 150 1% 管電流 200mA

Fig. 113. グリッド法の示現 (細線法)

水槽 (7cm)					
管電圧 (V)	粟と稗	米	小豆	大豆	アブラ豆
80	+	+	++	++	++
100	+	+	++	++	++
120	±	+	++	++	++
140	±	+	++	++	++

管電流 200mA

水槽 (13cm)					
105	±	+	++	++	++
125	±	+	++	++	++
145	±	+	++	++	++

Fig. 114. グリッド法の示現 (穀物法)

水槽 (7cm)										
管電圧 (KV)	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
80	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
100	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+
120	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+
140	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+

水槽 (13cm)										
105	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
125	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
145	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

Grid (+) 管電流 200mA

Fig. 115. フィルタ (0.2Cu+2Al) 使用時の示現 (細線法)

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

水槽 (7cm)					
管電圧 (KV)	要し標	米	小豆	大豆	うづ豆
80	+	+	++	++	++
100	±	+	++	++	++
120	±	+	++	++	++
140	±	+	++	++	++

水槽 (13cm)					
105	-	+	++	++	++
125	-	+	++	++	++
145	-	±	+	++	++

Grid(+), 管電流 200mA.

Fig. 116. フィルタ (0.2Cu+2Al) 使用時の示現 (穀物法)

管電圧 100KV. 水槽 (7cm)											
70KV	要し標	0.06	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5
普通	FS	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
	LT-2	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+

管電圧 125KV. 水槽 (13cm)											
普通	FS	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	LT-2	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+
(+)	FS	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
0.2Cu + 2Al	LT-2	-	-	-	-	±	+	+	+	+	+

管電流 200mA.

Fig. 117. グリッド使用時の増感紙による比較 (細線法)

管電圧 100KV 水槽 (7Cm)						
70KV	要し標	米	小豆	大豆	うづ豆	
普通	FS	+	+	++	++	++
	LT-2	±	+	++	++	++

管電圧 125KV 水槽 (13Cm)						
普通	FS	±	+	++	++	++
	LT-2	-	+	++	++	++
(G)	FS	-	+	++	++	++
0.2Cu + 2Al	LT-2	-	+	++	++	++

管電流 200mA.

Fig. 118. グリッド使用時の増感紙による比較 (穀物法)

現は良いが、水 13 cm ではその差は殆んどない。而し管電圧の上昇によって非常に細い細線チャートは素地黒化度に抹消される傾向にある事を周知しておくべきで、この事は試験用チャートの改善に重要な意義がある。次に穀物法の結果は Fig. 114 でグリッドなしに比較して示現はかなり向上している。また Cu 0.2 + AL 2 mm の附加フィルタの結果は細線法では Fig. 115 で水 7 cm で示現の低下は明らかで、Fig. 116 の穀物法においては水 13 cm で示現は悪くなる。

17-3 グリッド法のよる 増感紙の示現 グリッドを使用した場合の FS と LT-2 の示現を比較してみると Fig. 117 は細線法で、Fig. 118 は穀物法であるが共に FS が有利である。

17-4 グレーデル法の示現 示現について F.F.D 250 cm で実験を試みた。焦点 1.2 mm を使用し、ファントムフィルム間距離 15 cm と 30 cm におけるグレーデル法で同じような実験を行なった。実験結果は細線法で 15 cm, 30 cm 共直接法に比しかなりの示現の低下である。また穀物法で、この場合 AL 2 mm を附加したが、65 kV の場合僅かではあるが示現の向上になる。しかし一般的に同一焦点ではグレーデル法は胸部撮影法に不利な点が多い。

撮影法の相違による比較

方法	要し標	0.06	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5	要し標	米	小豆	大豆	うづ豆
NO Grid	65	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	±	+	++	++
	75	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	++	++
Grid 法	125	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	±	+	++	++	++
	145	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	±	+	++	++	++
(30cm)	90	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	±	+	++	++
グレーデル法 (250cm)	115	-	-	-	-	-	±	+	+	+	+	-	±	+	++	++

註・印は細線法の示現の相違を示す。

Fig. 119. 撮影法の相違による一例 (水槽 13cm)

Fig. 120.

に刻んである10の字をフィルム包装紙の上で反射光により肉眼的に判定した結果については水7cmがFig. 121でNoグリッドにおいては完全に識別不能であるが、グリッド法においては120kVが最も識別し易く更に3相と単相では3相の方が識別し易い。又水13cmにおいても125kV

が若干識別し易い。ここで特に銅貨部の濃度についてみると、グリッドなしの場合はグリッド法よりも濃度は上昇していても識別は出来ない。したがって低濃度部の情報量を多くして診断能をあげるためにはグリッド法が有利である。

17-6 小括 3相を主とした示現について小括してみると次のようになる。

イ) グリッドを使用しない場合

1. 水7cmと13cmを比較すると、細線法、穀物法共に13cmが示現が悪い。
2. アルミの附加フィルタで示現は僅かに低下する。
3. FSとLT-2では僅かにFSが有利である。

ロ) グリッドを使用した場合

1. 水7cmと13cmの差は比較的少ない。
2. 穀物法はグリッドなしに比較して示現は向上する。
3. グリッドなしに比較してグリッド法が水13cmで有利である。

ハ) グレーデル法では

1. 直接法に比しグレーデル法の方が示現は悪い。
2. 管電圧65kVの穀物法でアルミの2mmの附加フィルタにより僅かに示現は良くなる傾向である。
3. 以上の結果から一般的胸部撮影法においてはグレーデル法は不利である。

ニ) 低濃度部について

1. 低濃度部の10円銅貨による実験の結果グリッド法がはるかにすぐれ、黄紙上で10の字を反射光によって確認する事が出来、特に120kV附近が弁別し易

かった。

18. 被曝量の問題について

近年放射線による国民遺伝有意線量が問題になり診断においても英国では奇型児対策として妊婦の胸部X線照射の全面禁止が伝えられ、本邦においても患者被曝防護のためのX線診断として、日医検討委員会の答申が日本医事新報No.2612号に報告されている。この報告で3相電源又は3相装置を用いる事が好ましい事を報告している。そこで実際面から単相と3相12パルスについて比較検討を試みた。

18-1 単相装置による空中線量 単相装置の空中線量について、日常FS増感紙使用時の胸部撮影条件を基に測定器はコロニアル線量計を用い、測定距離は正面の場合、180cm、側面は160cmの位置で測定したその結果はTable. 15とTable. 16の通りであるが、正面の場合は大約20~80mRで、又側面の場合は140~220mRである。この測定結果から胸厚別にグリッドを使用した場合の管電圧による線量をモデル的に作図してみるとFig. 122が胸厚18cm、Fig. 123が胸厚21.5cmの場合であるが、水平に記入した線量はグリッドなしの標準撮影条

Table. 15 胸部撮影時の空中線量の一例
(単相 500MA型)

管電圧 (kV)	管電流 (mA)	時間 (s)	測定距離 (cm)	線量 (R)
55	250	0.1	180	0.022
58	250	0.1	180	0.026
63	250	0.1	180	0.03
68	250	0.1	180	0.038
73	250	0.1	180	0.042
70	200	0.1	180	0.032
73	200	0.1	180	0.034
78	200	0.1	180	0.04
83	200	0.1	180	0.046
87.5	200	0.1	160	0.06
95	200	0.1	160	0.072
102.5	200	0.1	160	0.08
110	200	0.1	160	0.047
118	100	0.1	160	0.056
125	100	0.1	160	0.06
125	50	0.1	160	0.03
130	50	0.1	160	0.034
135	50	0.1	160	0.038
135	50	0.06	160	0.021
140	50	0.06	160	0.022
145	50	0.06	160	0.024

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

Table. 16 側面撮影時の空中線量の一例
(単相 500mA型)

管電圧 (kV)	管電流 (mA)	時間 (S)	測定距離 (cm)	線量 (R)
120	100	0.2	150	0.14
130	100	0.2	150	0.17
140	100	0.2	150	0.19
145	50	0.4	150	0.22
135	100	0.2	150	0.18
140	50	0.4	150	0.20

Fig. 122. 胸厚 18cm

Fig. 123. 胸厚 21.5cm

件で装置間に多少の線量の相違はみられる。

18-2 グリッド使用時の単相装置における線量 グリッド12:1を使用してホトタイマにより可能な限り写真効果が同一になるような蛍光量を用いて水ファントムの表面における線量を極光 TLD, 線量計によって測定した。又測定線量は TLD 3 本以上の 平均値で求めた。その結果は Fig. 124 で普通フィルタ水 7 cm で 80 kV の時 56.1 mR 140 kV で 32 mR であった。Fig. 125 は水 13 cm で、銅 0.2+アルミ 2 mm の附加フィルタで 80 kV 128.8 mR, 140 kV で 81.4 mR である。又下段は 1/2 蛍光量の場合である。

18-3 単相装置による管電圧の減少率について 先の

Fig. 124. 水槽 7cm の表面における線量 (単相 Grid)

Fig. 125. 水槽 13cm の表面における線量 (単相 Grid)

Fig. 126. 水槽 7cm の表面における線量

測定値をもとに単相装置で管電圧による影響を比較した。水 7 cm の場合 80 kV を 100% とすると、普通フィルタの場合 140 kV になると約 57% である。又銅 0.2 mm + アルミ 2 mm で約 62% となる。

18-4 3 相 12 パルスによる線量 単相と同じ測定法で極

光 TLD を使用して水ファントムの表面における線量を測定した結果は Fig. 126 で水 7 cm の場合グリッド(一)では 50 kV で 84.7 mR であるが 電圧の上昇と共に、70 kV で 26.2 mR と線量は急に減少する。アルミ 2 mm の附加フィルタの使用で 50 kV は 48.3 mR, 70 kV では 22.1 mR で普通フィルタの場合に比しかなりの相違がある。又グリッド(+)では 80 kV では 99.5 mR であるがアルミ 2 mm の附加フィルタで 79 mR, 更に銅 0.2 + アルミ 2 mm の附加フィルタで 59.2 mR であった。又電圧が 140 kV の場合普通フィルタで 36.5 mR, アルミ 2 mm の附加で 31.9 mR, 銅 0.2 mm + アルミ 2 mm の附加で 24.2 mR とフィルタによる線量の減少は非常に大きい。又水 13 cm の表面における線量は Fig. 127 でグリッド

Fig. 127. 水槽 13cm の表面における線量

(一)では 65 kV で、90 mR, 85 kV で 58.9 mR である。又アルミ 2 mm の附加フィルタで 65 kV で 69.9 mR, 85 kV では 40.1 mR である。グリッド(+)の場合は 90 kV で 291 mR, 145 kV で 119.4 mR であった。次に銅 0.2 mm + アルミ 2 mm の附加で 90 kV 164.3 mR, 145 kV では 87.8 mR であった。

18-5 電圧による減少率 先の測定値をもとに表面における線量の最低電圧を 100% として電圧による比較をした。その結果水 7 cm の場合がグリッド(一)普通フィルタで 50 kV から 60 kV に電圧を上昇する事によって約 60% の表面における線量である。又グリッド(+)の場合 80 kV から 120 kV に電圧を上昇する事により普通フィルタで 47%, アルミ 2 mm 附加で 40% 銅 2 mm + アルミ 2 mm の附加で 57% となる。したがって比較的低压側ではフィルタによる減少が大きいので電圧による減少率は

Fig. 128. 1/2 螢光量における線量比較

Fig. 129. 三相12パルスと単相装置の線量比較 (水槽 7cm グリッド(一))

Fig. 130. 三相12パルスと単相の線量比較 (水槽 13cm, 普通 + Cu 0.2mm + Al 2mm)

附加フィルタの厚さが厚くなればなる程小さくなる。水 13 cm の減少率はグリッド(一)では 65 kV から 80 kV の上昇でアルミ 2 mm で略々 60%, 又グリッド(+)では 90 kV から 125 kV で約 50% である。

18-6 1/2 螢光量による線量 従来 FS 増感紙を基本にして胸部撮影を実施しているのが一般的な現状で LT-2

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

の出現により、濃度曲線からは59~63%になり、更に現像温度を低くした処理法の場合略々50%で撮影できる。そこでホットタイマを使用して水ファントムの表面における線量を測定した。その結果は Fig. 128 で水7cmと13cm でいずれもグリッドを使用したものであるが表面における線量も略々1/2である。

18-7 3相と単相の線量比較 以上の測定結果から3相と単相を一表にして水7cmを比較したものが Fig. 129 でフィルタを使用する事によって線量はかなり減少している。又水13cmの場合の比較が Fig. 130 である。この実験においては、単相よりも3相12パルスの方が線量が多い。

18-8 立証実験 次に単相と3相の線量比較実験にお

Fig. 131.

Table. 17 写真効果からみた表面に於ける線量

ホットタイマ アップ	水槽 cm	フィルタ	グリッド	管電圧 kV	線量 mR
7	13	普通	(-)	60	127.1
7	13	普通+Al 2mm	(-)	60	83.9
6	13	普通	(+)	125	130.8
5	13	普通 Cu 0.2+ Al 2mm	(+)	125	86.5

けるホットタイマの精度について、同一被写体で比較した胸部写真が Fig. 131 である。

18-9 写真効果からみた線量 胸部撮影の場合グリッド(-)とグリッド法附加フィルタの種類、管電圧等によって線量が異なるが、ホットタイマによって濃度が略々一定になるようにした水13cmの表面における線量は Table 17 で、同一被写体でも撮影手技の選択によってこのように線量は異なる。

18-10 考察 一般に理論的には3相装置の方が単相装置に比し被曝量は少ないと云われ乍ら螢光量を可能な限り一定にした、水ファントムの表面における線量は単相装置の方が少なかつ

た。

これは結果的には、

1. 3相12パルスの波型が悪い事
2. 多重ミラーの厚さが異なる事
3. 撮影台の機構が多少異なる事
4. グリッドメーカーが異なる事
5. 3相と単相の特性が異なる事
6. 装置間の螢光量特性曲線が異なる事

等に起因するものと考えられる。したがって多重のミラーの規格化、3相装置の波型の問題、電源等基礎的な問題が解決されないと装置の方式だけでは実際の被曝量軽減にはならないようである。

18-11 小括 被曝量について実際の胸部撮影条件を基礎に水ファントムを利用した測定結果を小括してみると、

1. 3相装置といえども水ファントムの表面における線量は必ずしも少なくなる。
2. 本実験においては3相12パルスに比較して単相装置の方が表面における線量は少ない。
3. 附加フィルタによりかなり線量を減少出来る。
4. 増感紙をLT-2にすると表面における線量はFSの略2/3~1/2に減少出来る。

19. 撮影体位と障害陰影

胸部撮影体位の代表的なものとして

1. 手を腰にあてる方法
2. 撮影台をだかせる方法

であるが後者は老人向体位で利用度が高い。そこでこの体位によって障害陰影の現出の調査を試みた。判定の基準は肩胛骨が肺野内にある場合は肩、鎖骨は上端が第1肋骨の内側と第4肋骨交叉点より上にある場合は位置不

Fig. 132.

Fig. 133.

障害陰影
鎖骨の位置不良

検査人員	男子 239	不良 125	104...83.2%
	女子 59	(41.9%)	21...16.8%

肩胛骨の現出能

検査人員	男子 239	出現 97	78...81%
	女子 59	(32.9%)	19...19%

Fig. 134.

障害陰影 (第2体位)
鎖骨の位置不良

検査人員	男子 122	位置不良 73	63...86%
	女子 28	(49%)	10...14%

肩胛骨の出現

検査人員	男子 122	出現 66	53...80%
	女子 28	(44%)	13...20%

Fig. 135.

鎖骨の位置不良

肩胛骨の現出能

Fig. 136

胸厚別肩胛骨現出能

胸厚別鎖骨の位置不良

Fig. 137.

良として集約した。Fig. 132 は鎖骨，肩胛骨共に良好な写真であるが Fig. 133 は不良の写真である。その結果は Fig. 134 で，手を腰に当てた場合で鎖骨位置不良は 41.9%，肺野内に肩胛骨が認められるもの 32.9% である。Fig. 135 は撮影台をだかせる方法においては鎖骨位置不良 49% 肩胛骨 44% が肺野内に認められた。次に年齢別集計が Fig. 136 で位置不良は高齢者に多い。更に Fig. 137 のように胸厚別に分類してみると肩胛骨では胸厚が厚くなると肺野内の陰影は比較的少なく，又鎖骨についても厚さによる差は比較的少ない。

Table. 18 肺野中，骨陰影の重なる割合

	骨影のない場合	骨影が一重の部分	骨影が二重の部分	骨影が三重の部分
右肺野				
肺尖及び上肺野	20.7%	42.5%	30.6%	6.2%
その他の肺野	38.1%	47.3%	14.6%	
左肺野				
肺尖及び上肺野	21.9%	44.5%	28.1%	5.5%
その他の肺野	34.2%	48.7%	17.1%	

(鶴田氏による)

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

20. 肺野における骨陰影の比率

胸部X線写真において最も問題の多い骨陰影についてみると Table. 18 のように骨と重なって陰影される部分が約60%で、この障害陰影を出来るだけ減少させる事も胸部撮影技術の重要な点である。

21. 胸部写真における読影の要点

胸部X線写真読影時どのような点について判断しているか熟知しておく必要があり、これを要約したものが Table. 19 で、これらの点が確実に分析されなければ胸部写真としては不充分である。

Table. 19 胸部写真の読影の要点

1.	骨 性 胸 部	脊椎の彎曲……臓器の偏位 胸部は左右対称的かどうか 肺尖の面積、肋骨傾斜、肋間腔
2.	横 隔 膜 陰 影	高さ、彎曲の状態、輪郭、肋骨 横隔洞
3.	中央陰影の観察	気管の位置、心臓の位置、形、 辺縁の境界
4.	肺 門 陰 影	位置、形、大きさ（特に乳幼児 は注意）
5.	肺 野	肺紋理は正常より太いか、細い か、数の増減、 細分化か、細状かどうか、じゅ ず状にみえないか 小斑点状陰影の群かどうか、局 所的に不鮮鋭でないか ときれて不連続となっていない か、走行があまり直線状でない か

22. 臨床写真について

胸部X線診断の場合臨床的に写真濃度は、どの程度が良いかはしばしば議論の別れる処であるが前述のコントラストの処でものべたように単相と3相とでは濃度特性は多少異なり、特にグリッドを使用した場合明白で、肺野の高濃度部を基準にするか、低濃度部を基準にするかでも濃度は違ってくる。今胸部写真で最も臨床医の好む濃度を一表にしたものが Table. 20 である。しかし単相に於ては高濃度部を同一にすれば低濃度部で3相よりも

Table. 20 肺野の至適濃度

1.	最 高 濃 度	1.7 ~ 1.8
2.	低 濃 度 部	0.7 ~ 0.8
3.	肺 尖	1.2 ~ 1.3
4.	肺 周 辺 部	0.7 ~ 0.8
5.	下 肺 野	1.7 ~ 1.8
6.	中央陰影部	0.2 ~ 0.3
7.	心臓陰影部	0.25 ~ 0.4

或程度濃度は上昇し、逆に低濃度部を一定にすれば高濃度部では0.1~0.2程度濃度は低くなる傾向にある。しかしいずれにしても最高濃度2以上の写真は濃度過多である。今臨床的寛容度の略々最低と最高の濃度と考えられる写真についてみると Fig. 138が至適濃度の内でも比較的高い1.8~1.9附近の写真で、Fig. 139が比較的低い方に属す1.6~1.7附近の写真である。又参考までにマイクロフォトメータによる濃度測定の一例が Fig. 140である。

Fig. 138.

三相12パルス

単 相

Fig. 139

Fig. 140.

23. 総括, 結言

胸部撮影法における現状と問題点や意見, 更に実際に直結した問題で幾何学的問題, 感光材料, 粒状性, 造影剤, 散乱線関係, 線量制御法, 被曝量等についてのべたが, 現状におけるX線写真においてその利用度は最高であるとし乍ら業務の単調性と慣習にとらわれ易く, 今日尚問題が多く残存し, 理論面と現実の間にはかなりのギャップが認められる。特に二次投入式3相12パルスの波形問題や, タイマー問題, 線量制御法の分割測光式問題被曝量等で, 元よりX線技術は理論と現実とが一致してこそ進歩する事を考えれば, これらの基本的技術問題の解決こそ急務で関係者に強く要望したい。又胸部撮影法は究極の目標達成の為に基本を忠実に守り乍ら正確なる資料と絶まざる努力によってのみ実現可能で, 一般的には被曝量減少と画質の問題は相反する関係が多く存在するので, その実際に於ては被曝量を十分に配慮し乍ら診断が最も優先すべきで胸部撮影法に於ては, 更に一段と技術の改善と画質の向上を計り, もって国民医療に貢献すべきであると考え次第です。

24. 謝 辞

日本医学会総会と時を同じく開催された第31回日本放射線技術学会総会において宿題報告の機会を与えていただいた垣鍔会長, 並びに役員諸氏に深甚なる感謝の意を捧げます。本研究実施に当り貴重な施設の使用をお許し頂いた共済組合清瀬病院長香川修事博士並びに御支援, 御協力を賜りました東芝放射線株式会社, 島津製作所, 大日本塗料株式会社, スライド作製に協力頂いたフジXレイ株式会社, 資料の提供を頂いた千代田日エイ株式会社, 東洋レントゲン株式会社, 並びにアンケートに協力頂いた会員各位に対し心から敬意と感謝の意を表します。又本研究に際し種々御理解と御便宜を頂いた府中病院長石川幸雄博士, 放射線科医長福本義明博士, 実験に協力頂いた清瀬病院五十嵐耕平主任, 鈴木澄雄, 松村潔技師, 府中病院古田豊里主任, 岩下登, 奥倉修技師外一同に対

し心から御礼を申し上げる次第です。

参考文献

- 1) 御園生圭輔著: 胸部X線写真のみかた, 結核予防会
- 2) 田坂清一著: 肺結核のX線技術の理論と実際, 医学書院.
- 3) 内藤普夫: 気管支造影法, 医学書院.
- 4) 江藤, 吉村訳: エックス線写真撮影法の実際的諸問題, 克誠堂.
- 5) 江藤外編集: 放射線医学(第1部X線による診断), 医学書院.
- 6) 横井, 福田: 人体X線撮影法, 南江堂.
- 7) 岡西順二郎: 肺結核のレントゲン鑑別診断, 南江堂.
- 8) 野辺地他: 臨床における放射線の最近の動向, 金原出版KK.
- 9) 綱川高美: 肺臓撮影条件決定の基礎, 日放技特集第1号, 531-64-72.
- 10) 中島良貞他: 肺ノ線写真撮影法, 日医放, 第1巻, 3号.
- 11) 江藤秀雄: 高圧撮影法の基礎的知識, 日放技特集, 第2号.
- 12) 菅原 努他: 高圧撮影法に関する技術的並びに臨床的問題, 日放技, 特輯, 第2号.
- 13) 竹吉千市: 胸部撮影法の検討第1報, 日放技, 第12巻, 1号.
- 14) 竹吉千市: 胸部撮影法の検討第2報, 日放技, 第13巻, 3号.
- 15) 細江謙三他: 焦点の大きさと撮影距離の解像力に及ぼす影響について, 日放技, 第14巻3号.
- 16) 草皆太平: 胸部X線撮影時の散乱線の状態について, 日放技, 第16巻, 2号.
- 17) 竹吉千市: 胸部撮影法の検討第3報, 日放技, 第17巻1号.
- 18) 細江謙三他: 撮影時における被曝線量とフィルターの関係について, 日放技, 第7巻, 1号.
- 19) 林 周二: X線写真像示現の限界, 日放技, 第17巻, 3号.
- 20) 中村 実: X線撮影における被検者の被曝量減少に関する基礎的研究, 日放技, 第17巻, 3号, 第18巻, 1号.

胸部撮影法の基礎的研究 (竹吉)

- 21) 藤沢謙三郎: X線撮影時におけるフィルムに及ぼす散乱線の影響について, 日放技, 第17巻, 4号.
- 22) 福田徹夫他: Xレイコンテスト入選胸部写真の濃度について, 日放技, 第19巻5号.
- 23) 中村 実: X線写真の画質に及ぼす因子の研究, 日放技, 第20巻, 4号.
- 24) 笹沢輝昭: 胸部写真の調査と濃度に関する研究, 日放技, 第28回総会抄録.
- 25) 大塚昭義: 3相12パルス装置のX線出力, 日放技, 第28回総会抄録.
- 26) 野崎秀英: 過去半世紀レ線の発達, さくらXレイ研究2号, 1950-11.
- 27) 高野正雄: X線写真像の画質評価法と要因の解析その1, 1973, No.101.
- 28) 高野正雄: X線写真像の画質評価法と要因の解析その2, 1974, No.102.
- 29) 高野他: Radiograph における Graininess と sharpness の検討, 日放技, 第29回総会抄録.
- 30) C. Clark.: Positionig in Radiography.
(線量制御法関係については文献省略)