The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	全背柱撮影法に関する研究
Author(s)	梅沢, 利二
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(5), p. 972-983
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19593
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

全背柱撮影法に関する研究

北海道大学医学部放射線医学教室（主任　若林勝教授）
梅　沢　利　二

（昭和35年4月8日受付）

目　次

1. 緒　論
2. フィルター法，露出時間法及び増感紙法の比較検討
3. 背柱各部計測値の検討
4. 露出比の決定
5. フィルター及び露出時間制御板の設計
6. 坐高の大小と撮影距離
7. フィルター法に於ける線質の変化
8. 撮影の実際
9. 幾何学的鮮鋭度及び拡大率
10. 被写体の性腺被曝線量
11. 結　論

1. 緒　論

近年全背柱を一枚のフイルム上に撮影することが，背柱を構成する各部分の器質的異常，背柱としての機能の異常又は運動時の背柱相互間の比較的移動状態の検索或いは病的背柱の状態，たとえば病的側弯，前後弯の検討等に欠くべからざることゝなつて来た．しかし全背柱を一回のX線照射によつて均一な黒化度のX線写眞とすることには種々な難点がある．このためにはフイルターを用い各部位の入射線量を調節する方法（フイルター法）各部位によつて露出時間を調節する方法（露出時間法）及び各部位で増感紙の感度の異るものを組合せる方法（増感紙法）の三つの方法が考えられ，諸外国[3)4)5)]及び我が国[6)]でも夫々研究が進められている．しかし何れも露出比の決定の困難，手技の難しさのため一般に実用化されるに至つていない．本研究はこれらの難点の解明と共に，全背柱同時撮影法の実用化を目的とした．上記三方法の比較検討の上，フイルター及び露出制御板（シヤツター）を設計し，フイルター法及び直線運動式露出時間制御法を実用化するに至つた．

2. フイルター法，露出時間法及び増感紙法の比較検討

人体の全身X線写眞の撮影は古くは1896年 Zehnder 教授により，又1900年には Boas 氏によつて行われた事が報告されている[1)]．これらは何れも各部位毎に数枚又は数十枚の写眞がとられ，組合されたものであつた．しかし1934年にR. Janker 教授[1)]が鉛板を積み人体各部の露出を調整することにより一度に全身写眞を撮ることに成功した．又1932年には W. Jaeger 氏[2)]によつて全背柱の撮影が行われた．Jaeger 氏は材質は不明であるが wedel blende なるものを用い黒化の均等化をはかつている．

しかし，その技術は克明に報告されておらず，近年の診断，治療のために役立つ写眞を得ることは困難で，最近に至り再びこの撮影法の検討が要求されるに至つた．

全背柱撮影に当つては次の諸条件が満されねばならない．

1）頭部及び骨盤を含め全背柱を一枚のフイルム上に同時に撮影されること．しかも均等な黒化度のフイルムが得られること．

2）立位で撮影し得ること．

3）各部位の拡大率が等しく，歪みのないこと．従つて放射線束が水平で平行であること．

4）鮮鋭度のよいこと．

これらの条件のうち1)は特殊なカセッテの製作と黒化均等化の方法の確立によつて達成せられる．2)は撮影時の人体固定を適当にすることによつて達成され，3)の条件は出来るだけX線管球と被写体との距離を大きくすることにより可能であ

るが，X線装置の容量により限界がある．又4)の条件は固定を良く行うこと，被写体とX線管焦点間の距離を大とし，フイルムと被写体間の距離を小とすること，及び焦点の大きさが小なるX線管を用いることにより達成せられる．これらの諸条件のうち最も難しいのは第一の条件である．この条件の達成のためにフイルター法，露出時間法及び増感紙法が研究されて来たのであるが，この三法には夫々利点と欠点がある．

A．フイルター法

この方法はX線管球と被写体との間に金属製フイルターを置いて各部位の露出を適正にする方法である．どの部位をどの位の厚さのフイルターにすればよいか，又全背柱を幾つに区分してフイルターを作るべきかゞ先づ問題となる．現在迄に発表されている文献にはその根拠が報告されていない．又外国人に合せたフイルターを日本人に適用しても黒化は均一化されない．1956年に W. Leger 氏[3] はアルミニウムと銅の板を組合せたフイルターを使用して実験を試みているが，そのフイルターを作つた根拠については何も発表されていない．又この方法によれば厚いフイルターを通つたX線は線質が硬くなるので，線量が適正露出であるように設計されたフイルターを使うと，厚いフイルターを使つた部位の黒化は幾分大となり，黒化の均等性が破れる欠点がある．しかし線質の硬くなる事を考慮し，フイルターの厚さを補正すれば黒化はかなり均一化されるので，この欠点は重大な難点ではない．

このフイルター法は全背柱の長さの長短に対し，X線管の焦点と被写体間の距離を変えることにより，一箇のフイルターを用いて撮影しうる可能性がある．（これ迄の発表文献ではこの点についてはふれておらず，全部距離を一定にして各種のフイルターを作つているようである．）但しこれは人間の背柱各部分は全背柱の中で一定の比率をもつているであろうという推定のもとに云えることである．

この点については検討した結果，この推定の妥当性が裏づけられた．この身長の大小に対し融通性があることが，フイルター法の最大の利点と云える．しかしこの方法では身長の大小によつて各部位の拡大率及び歪みが異なり，身長の小なる程その差が大きくなる欠点がある．一方，距離を一定とした場合には被写体の坐高に相当したフイルターを用いねばならず，フイルターの種類を多くせねばならず繁雑である．その上，坐高の大なる場合程，X線束の水平且平行性が失われる．距離を移動させる方法では，このX線束の方向は常に同一であるので，この点からも距離一定の方法より有利と考えられる．

B．露出時間法

この方法は1956年に A. Edinger 氏[4] によつて考案発表された．フイルター法ではフイルター通過後に線質が変り，黒化均等性が破れる欠点があるので，これを除く目的で試みられた方法である．Edinger 氏は各部位の露出を適正にするため，方形の窓の開いた鉛板で前面が塞がれたツーブスをつくり，その前で円形の露出時間制御板（鉛板）を回転し，方形窓よりの各部の露出時間を制限する方法を用いている．同氏は種々な形で遮光段数の異なる遮光回転板を用いて撮影を試みているが，何れについても設計方針や寸法が示されていない．又回転遮光板の回転速度とX線放射時間との関係やリレー回路等が複雑化される等の難点がある．しかし．この方法はフイルター法と同様に一枚の遮光板で身長の大小に拘らず融通性をもたし得る点や，線質の変化なく線量比から容易に遮光板を作りうるので，現在の処では最良の方法であると考えられる．

C．増感紙法

この方法は各部位で増感紙の感度を変えて組合せ，一つのカセッテを作り撮影する方法で，1954年に Buchholz 氏[5] が試みた方法である．この方法は先づ第一人体の大小によりカセッテの融通性がない欠点がある．従つて等身大のカセッテを何枚か用意せねばならない．次に各部位で増感率が異なるので，各部の境界の感度を滑らかに変える事が困難であるから，その継ぎ目が出て来る欠点がある．又感度の相違は鮮鋭度の相異を来たす

のが必然的である．この方法はこれらの欠点のため利用し難い．

以上の考察より，最も簡単で，製作が容易で実施が容易なのは，フイルター法で，次で露出時間法で，増感紙法が最も難点があると云えよう．従って著者はフイルター法と露出時間法について検討した．しかし，何れの方法についても各部位の露出比の決定法とフイルター及び遮光板の設計法が全背柱撮影法の成功を左右するので先づこの点について検討せねばならない．

3.　背柱各部計測値の検討

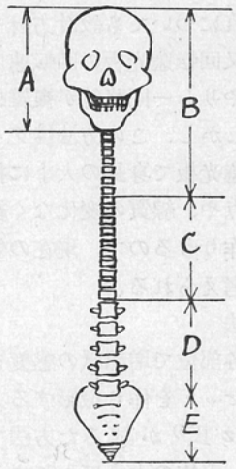
露出比決定，露出均等化フィルター及び遮光板作製の基礎とするため，日本人に於ける頭部を含む全背柱及び各部分の計測値が必要であつた．

それ故，第1図の如く背柱各部を頭部，頚椎部胸椎部腰椎部及び仙骨部に分け，その長さ，巾(左右径及び厚さ（前後径）を測定することゝした．

夫々の測定区間は次の如くした．

この測定は本学整形外科教室にお願し，その測定資料を整理した．

第　1　図



	A	B	C	D	E
長さ	頭頂 顎隆起	頭頂 第3胸椎	第3胸椎 第12胸椎	第12胸椎 第5腰椎	坐高 —（B＋C＋D）
巾	右頭頂結節 左頭頂結節	第6頚椎位	乳頭位	第3腰椎位	大転子間
厚さ	眉間 外後頭結節	第6頚椎位	乳頭位	第3腰椎位	恥骨上縁 中仙骨稜中位

本学整形外科教室の測定資料は，被測定者は男子210名，女子180名で，年令は6才より30才に亘り外見上背柱に変形を認めず，既往歴に背柱及び他の骨系統に異常を認めぬものゝみを選んで作られた．著者はこれによつて正常人に於ける背柱各部位の長さ，巾及び厚さの比率を求めるため，計測値を年令に関係なく男女を別々にし，坐高によつて区分し，数値を整理した．各区分の人数は30人とした．

この区分は坐高範囲を各々5cm毎に区分し，女子は60.0cmより89.9cmまでに6区分，男子は60.0cmより94.9cmまで7区分に別けられ，各区分に於ける各部の長さ，巾及び厚さの平均値を求めた．第1表，第2表及び第3表はこの値を示したものである．何れの表に於ても各区分の平均値は平均坐高の増加に伴い増加している．第1表，第2表及び第3表に表示した各部の長さ，巾及び厚さの計測値の平均値を各区分の平均坐高値で除した値，即ち坐高対比値は第4表の如くなる．この坐高対比値は男女間に差がない上に各区分間でも大差が見られず，略ゝ一定値を示している．これら

第1表　長さの計測値

		坐高範囲	人数	平均坐高	A	B	C	D	E
男子	1	600～649	30	63.6	18.9	25.2	16.8	7.3	13.0
	2	650～699	〃	66.7	19.6	25.9	17.9	7.5	14.9
	3	700～749	〃	72.5	20.2	27.1	18.9	8.6	17.2
	4	750～799	〃	76.9	20.3	27.9	20.9	9.4	17.9
	5	800～849	〃	82.5	21.3	29.4	22.6	9.0	20.6
	6	850～899	〃	87.4	21.8	30.9	24.1	11.1	20.6
	7	900～949	〃	91.6	22.5	32.7	26.3	12.1	20.0
女子	1	600～649	〃	63.8	20.2	25.6	16.8	7.2	14.0
	2	650～699	〃	67.5	20.0	26.6	17.5	7.3	15.9
	3	700～749	〃	72.7	20.0	27.3	18.9	8.5	17.6
	4	750～799	〃	77.3	20.3	28.8	20.3	9.1	18.5
	5	800～849	〃	82.4	20.1	28.8	21.7	9.5	20.7
	6	850～899	〃	86.8	21.0	30.0	25.7	10.2	21.1

第2表　厚さの計測値

		平均坐高	A	B	C	D	E
男子	1	63.6	17.0	7.2	13.9	13.6	12.2
	2	66.7	16.9	7.4	13.7	13.1	12.7
	3	72.5	17.3	7.6	14.7	14.2	14.1
	4	76.9	17.4	8.4	15.3	14.7	14.4
	5	82.5	17.5	8.9	16.2	15.3	16.3
	6	87.4	17.8	10.1	17.7	16.9	18.6
	7	91.6	18.6	10.5	18.1	17.1	18.7
女子	1	63.8	16.7	7.0	12.9	12.7	12.9
	2	67.5	16.8	7.3	13.1	13.4	13.5
	3	72.7	17.2	7.9	14.4	14.2	14.7
	4	77.3	17.1	8.1	15.0	14.4	16.2
	5	82.4	16.8	8.5	15.9	15.4	17.0
	6	86.8	17.4	9.3	17.4	16.3	18.7

第3表　巾の計測値

		平均坐高	A	B	C	D	E
男子	1	63.6	14.3	8.5	19.8	16.9	19.7
	2	66.7	14.6	8.1	19.7	17.4	19.9
	3	72.5	14.8	9.0	22.9	18.7	22.5
	4	76.9	14.8	9.4	23.9	20.0	24.1
	5	82.5	14.7	10.4	26.5	21.7	26.7
	6	87.4	15.2	10.8	29.1	23.5	29.3
	7	91.6	15.3	11.3	29.9	25.3	30.4
女子	1	63.8	14.1	7.9	19.9	16.8	19.4
	2	67.5	14.3	8.1	20.7	16.7	20.4
	3	72.7	14.2	8.6	22.2	17.8	22.5
	4	77.3	14.5	9.2	24.0	19.8	24.4
	5	82.4	14.1	9.8	24.7	20.6	25.7
	6	86.8	14.7	9.9	27.2	22.5	29.1

第4表　坐高対比値

		長さ					厚み					巾				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
男子	1	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	2	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	4	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	5	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	6	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	7	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
女子	1	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	2	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	4	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	5	0.2	0.4	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
	6	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
平均		0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3

の値の各部の比率を求めると，

長さでは

A：B：C：D：E＝3：4：3：1：2

厚さでは

A：B：C：D：E＝2：1：2：2：2

巾では

A：B：C：D：E＝2：1：3：3：3

となる．

この比は正常人の全背柱撮影に於て重要な意味をもち，フィルター及び露出制御遮光板の設計又は露出比の決定の可能性を暗示している．

長さの比が一定である事は正常人は一枚のフィルター又は遮光板により，撮影距離を変える事によつて可能であることを裏づけるものである．

厚さ及び巾の比の一定である事は前後方向及び側面方向の露出比は一定値となる事を暗示しているものであるが，但しこの比が露出比を示すものではない．

4.　露出比の決定

撮影は前後方向と側面方向とより行うので，そ

の場合の露出線量を算出し，露出比を求めねばならない．標準露出表[7]を見ると両方向とも，夫々の部位で管電圧，管電流及び時間が異つている．従つて，これを或る一つの管電圧の下での条件に換算せねばならない．一定管電圧の下では線量の比較は mA 秒の比較を行えば露出比の決定のために支障を生じない．日本には各部位の寸法と管電圧，mA 秒を標準化した表がないので米軍の標準表[8]を用い，これを綱川氏係数撮影法[9]によつて，一定管電圧，一定撮影距離の下での mAs を算定する事とした．

著者はX線発生装置の容量を考慮し，撮影距離 100cmとし，増感紙HSを用い，前後方向は 75kVp，側面方向は 85kVpで撮影することゝして，第2表及び第3表に於ける計測値に対応する mAs を算出した．これらの値を第5表及び第6表に示した．

今頚椎部の露出量を1として各部位の露出比をとると，第7表，第8表の如くなる．第7表は前後方向の撮影時のもので，性別及び坐高に拘らず

第5表　前後方向撮影各部位露出量 (mA-s)
75 kVp, F.P.D: 100cm

		A	B	C	D	E
男子	1	97.0	27.2	33.8	52.4	20.6
	2	97.0	27.2	33.8	45.6	23.6
	3	97.0	30.4	38.4	52.4	53.0
	4	97.0	30.4	38.4	57.8	53.0
	5	110.0	34.4	43.6	57.8	68.0
	6	110.0	38.0	55.2	72.2	95.0
	7	121.6	42.4	55.2	72.2	95.0
女子	1	97.0	27.2	30.0	45.6	23.6
	2	97.0	27.2	30.0	45.6	53.0
	3	97.0	30.4	33.8	52.4	60.0
	4	97.0	30.4	38.4	52.4	68.0
	5	97.0	34.4	43.6	57.8	75.8
	6	97.0	34.4	48.8	65.4	95.0

増感紙HS：フイルム：Yタイプ

第6表　側面方向撮影露出量 (mA-s)
85, kVp, F.P.D: 100cm

		A	B	C	D	E
男子	1	36.4	22.8	72.0	204.0	240.0
	2	41.2	20.6	72.0	204.0	240.0
	3	41.2	22.8	103.2	228.0	344.0
	4	〃	22.8	114.0	284.0	380.0
	5	〃	25.4	182.8	354.0	608.0
	6	〃	32.6	228.0	516.0	760.0
	7	〃	32.6	254.0	570.0	848.0
女子	1	36.4	20.6	72.0	204.0	212.0
	2	〃	20.6	81.6	204.0	240.0
	3	〃	22.8	91.0	228.0	344.0
	4	41.2	22.8	104.0	284.0	380.0
	5	36.4	25.4	127.0	318.0	472.0
	6	41.2	25.4	182.8	250.0	760.0

増感紙：HS，フイルム：Yタイプ

第7表　前後方向露出比

		A	B	C	D	E
男子	1	3.7	1	1	1.7	1.5
	2	3.7	1	1	1.7	1.7
	3	3.2	1	1	1.7	1.7
	4	3.2	1	1.3	1.7	1.7
	5	3.2	1	1.3	1.7	2.0
	6	2.9	1	1.6	1.9	2.5
	7	2.9	1	1.2	1.9	2.2
女子	1	3.7	1	1.2	1.7	1.7
	2	3.7	1	1.3	1.7	2.0
	3	3.2	1	1.3	1.9	2.0
	4	3.2	1	1.3	1.7	2.2
	5	2.8	1	1.5	1.9	2.2
	6	2.8	1	1.3	1.7	2.8
平均		3.3	1	1.3	1.8	2.2

第8表　側面方向露出比

		A	B	C	D	E
男子	1	1.6	1	3.2	9.0	10.5
	2	2.0	1	3.5	10.0	11.6
	3	1.8	1	4.5	10.0	15.0
	4	1.8	1	5.0	12.5	16.7
	5	1.6	1	7.2	13.9	23.9
	6	1.3	1	7.0	15.8	23.3
	7	1.3	1	7.8	17.5	23.3
女子	1	1.8	1	3.5	10.0	10.0
	2	1.8	1	4.0	10.0	11.6
	3	1.6	1	4.0	10.0	15.0
	4	1.8	1	5.0	12.5	16.7
	5	1.4	1	5.0	12.5	18.6
	6	1.6	1	7.2	15.3	29.8
平均		1.7	1	5.4	12.2	17.4

略ゝ一定の値を示している．その平均値の整数比を求めると

頭部：頚椎部：胸椎部：腰椎部：仙骨部
＝3：1：1：2：2

となる．

第8表は側面方向撮影時のもので，坐高の各群に於て露出比は幾分の変動を示しているが，各部位ともその最大値が最小値の 2.5倍よりも小さい値でフイルムの寛容度内にある．この平均値を求め四捨五入して整数値とし，比を求めると

頭部：頚椎部：胸椎部：腰椎部：仙骨部
＝2：1：5：13：16　　となる．

この結果より，全背柱の同時撮影は各部位の長さの比が前述の計測値に近い者は身長の大小，性別に拘らず，前後方向及び側面方向各々一枚のフイルター又は露出時間制御板によつて撮影し得ることゝなる．

5. フイルター及び露出時間制御板の設計

必要な露出を得るためには，先に算出した各部位間の露出比を実現するように適当な金属を組合せた不均一フイルターによりX線を吸収し減弱する方法と，露出比に一致するように露出時間を制御する遮光板（シヤッター）を用いる方法が考察された．

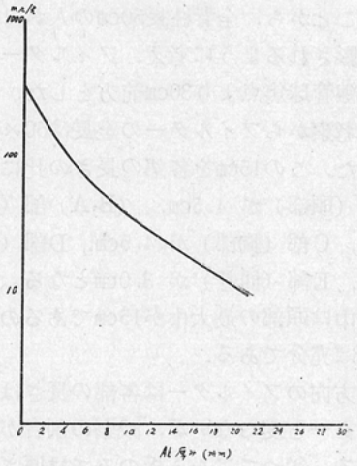
(a) フイルターの設計

撮影に使用する電圧はX線発生装置の容量及び透過性を考慮して，前後方向撮影管電圧 75kVp，側面方向撮影管電圧85kVp としたので，フイルターはアルミ板と銅板を組合せて作製することゝした．先づ75kVp 及び85kVp のX線によつて，アルミ板と銅板の吸収曲線を求めた．この曲線は第2図及び第3図に示されている．この曲線より適当な露出が得られるアルミ板及び銅板の厚さを決定した．

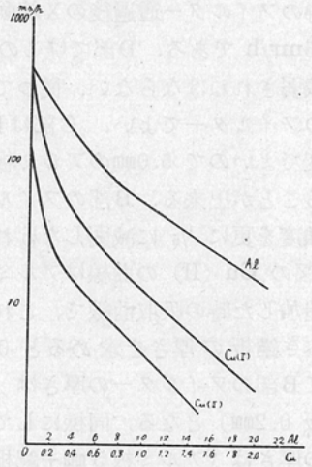
前述の第7，第8表の露出比より考察すると，透過X線強度と入射X線強度との比が次表の如くなるように作製すればよいことゝなる．

	A：	B：	C：	D：	E
前後方向X線強度の比	1：	$^1/_3$：	$^1/_3$：	$^2/_3$：	$^2/_3$
側面方向X線強度の比	$^2/_{16}$：	$^1/_{16}$：	$^5/_{16}$：	$^{13}/_{16}$：	1
各部位の長さの比	3：	1：	3：	1：	2

第2図　アルミニウムの75kVp の吸収曲線



第3図　アルミニウム及び銅の85kVp に於ける吸収曲線



従つて前後方向のフイルターは第2図により，アルミ板のみで作製される．今A部のフイルターの厚さを 0.5mmとすると，これを通過したX線強度は 275mr/h である．B部ではこのX線強度の $^1/_3$ でよいので，X線強度が，275/3≒92mr/h となるアルミ板の厚さを求めれば 4.4mmとなる．これがB部のフイルターの厚さである．C部もこの厚さでよいことゝなる．D及びE部はA部のX線強度の $^2/_3$ でよいから，X線強度が 275×$^2/_3$≒184 mr/h となるアルミ板の厚さは 1.7mmとなる．各部位の長さは，前述の露出比が距離 100cmで算出

されていること，及び撮影距離は 100cm 以上としたいことから，全背柱長50cmの人が 100cmの距離で撮影されるように考え，フイルターの取付位置をX線管球焦点より30cm前方とした．従つて幾何学的考察からフイルターの全長は$50\times{}^{30}/_{100}=15$cmとした．この15cmを各部の長さの比に分割するとA部（頭部）が 4.5cm，（B-A）部（頸部）が 1.5cm，C部（胸部）が 4.5cm，D部（腰椎）が 1.5cm，E部（仙骨）が 3.0cmとなる．尚フイルターの巾は頭部の最大巾が15cmであるので，5cmとすれば充分である．

側面方向のフイルターは各部の長さは前後方向フイルターと変らないが，減弱の割合が大分異なつている．従つてアルミ板のみでは厚さが大きくなるので銅板と組合せて前述の比を得ることゝした．E部のフイルターを 0.5mmのアルミ板とすると，この時のフイルター通過後のX線強度は第三図より 385mr/h である．D部ではこの$^{13}/_{16}$のX線強度に減弱されねばならない．従つて 1.2mmのアルミ板のフイルターでよい．C部はE部の$^{5}/_{16}$のX線強度でよいので 5.0mmのアルミ板にて所要の比を得ることが出来る．B部のフイルターはC部のX線強度を更に$^{1}/_{5}$に減弱しなければならない．第三図の Cu (II) の曲線はアルミ板 5.0mmに銅板を追加した時の吸収曲線で，これよりB部に追加すべき銅板の厚さを求めると 0.2mmとなる．従つてB部のフイルターの厚さは（アルミ板5mm＋銅板 0.2mm）となる．同様にしてA部のフイルターの厚さは（アルミ板5mm＋銅板 0.1mm）となる．フイルターを図示すれば第4図の如くなる．（A）は前後方向撮影用フイルターで，（B）は側面方向撮影用フイルターである．

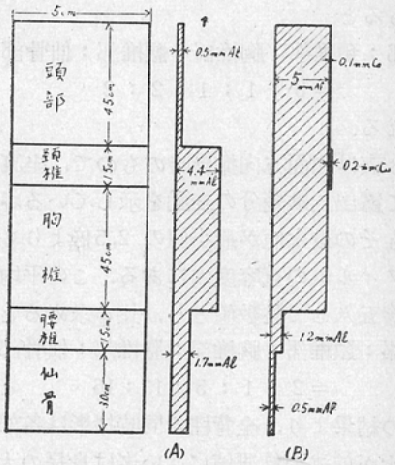
(b) 露出制御シヤッターの設計

光学写眞機の焦点面シヤッターの原理を応用し，鉛製のシヤッターを，ツーブスに固定した方形窓の開いている鉛板の前で，直線的に，X線管の中心軸と平行に運動させる方法を用いた．第5図はシヤッター法の原理図で（イ）がツーブスに固定された鉛板で，（ロ）がシヤッターであり，Ⅰ及びⅡ部以外は鉛である．（ロ）が左方に等速度でうごき，Ⅱの左端が（イ）の方形窓の右端に達するとX線が放射されⅡの右端が（イ）の窓を通過した時にX線放射が止まるように継電器が用いられた．今（ロ）のⅠ部とⅡ部の巾がP及びQであつて，QがPの2倍ある時には，（ロ）板が等速で運動する時はⅡ部はⅠ部の2倍の時間だけ，X線が放射される事になる．この原理を利用し，露出比に相当して（ロ）板に窓を作つた．これが第6図に示されている．（A）は前後方向のシヤッターで（B）は側面方向のシヤッターである．撮影時の相対的位置関係はフイルター法の場合と同様にして設計した．従つて窓の全長は15cmとし，これを長さの比に各部に分割した．

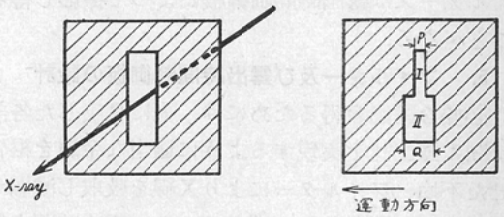
窓の巾は次の如くにした．固定方形窓も全長15cmとし，巾は5cmとした．

	A	B	C	D	E
前後方向	6cm	2cm	2cm	4cm	4cm
側面方向	0.75cm	0.38cm	1.88cm	4.88cm	6cm

第4図　フイルター

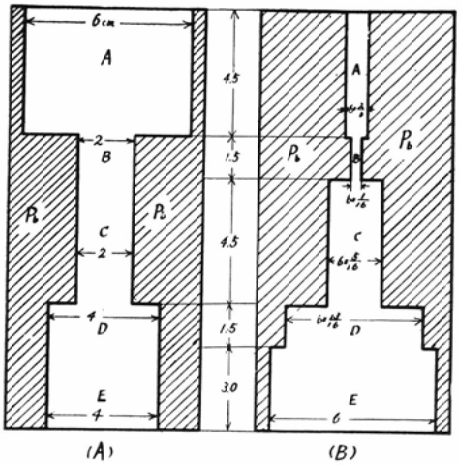


第5図　シヤッター法原理図

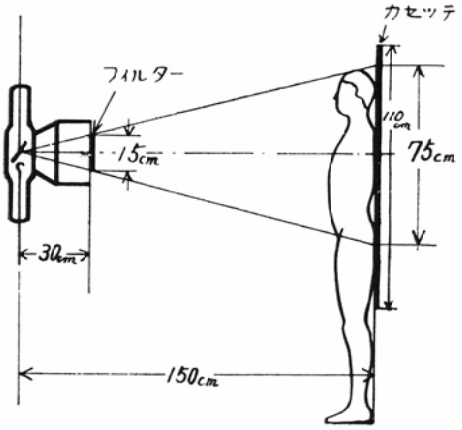


（イ）　（ロ）

第9図　露出制禦シャッター



第8図　相対的位置関係

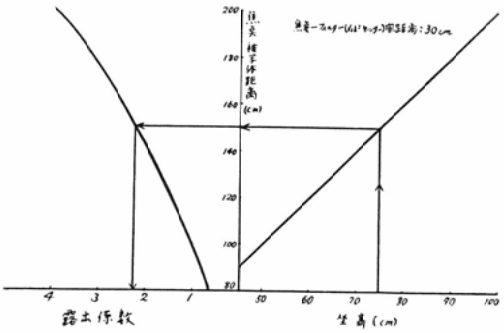


6.　坐高の大小と撮影距離

フィルター及びシャッターの設計は，坐高50cmの人について撮影距離 100cmとして行つたので，これより坐高の高い人については撮影距離を大きくせねばならない．従つて露出量も増さねばならない．それ故綱川氏計数係撮影法にもとづき露出係数を求めた．これらの関係を第7図に示した．その算定の一例を矢印により示した．従つて坐高が測定されると撮影距離及び露出係数がこの図より直ちに決定される．

撮影の際のX線管球，フィルター（又はシャッター），被写体及びフィルムの相対的位置関係は坐高75cmの人の場合には第8図の如くにし撮影を行う．

第7図　坐高対露出係数表



7.　フイルター法に於ける線質の変化

フイルター法の最大の欠点はフイルターへの入射X線の線質が，フイルター透過後に変化し，フイルム黒化に対するX線の感度が高くなる事である．この線質の変化の程度を検討した．神戸工業DR-3型線量率計を用いて半価層を測定し，実効電圧を図表[13]より求めた．その結果は次の如くである．

管電圧	フイルター厚	半価層	実効電圧
75 kVp	0 mm（入射X線）	2.1mmAl	29kV
	0.5mmAl	2.3mmAl	31
	1.7mmAl	2.7mmAl	34
	4.4mmAl	3.6mmAl	40
85 kVp	0 mm（入射X線）	2.4mmAl	32
	1.2mmAl	2.7mmAl	34
	5mmAl＋0.1mmCu	0.12mmCu	44
	5mmAl＋0.2mmCu	0.27mmCu	50

前後方向は75kVp に対するもので，側面方向のものは85kVp に対するものである．この結果からみると，前後方向では約10kV の変化範囲があり，側面方向では約20kV の変化範囲がある．吸収による減弱のみを考慮して設計したフイルターでは，厚いフイルターの部位の黒化が，他の部位の黒化より強く現われる結果となるのは，この線質の硬化が，増感紙とフイルムの組合せ系の感度を高めるためである[10)11)12)]．

8. 撮影の実際

試作したフイルター及びシヤッターを使用し，全背柱の前後方向及び側面方向の撮影を行つた．用いたX線発生装置は東芝 KXO-8，500mA 型で，実効焦点の大きさが5㎜×5㎜の固定焦点X線管を用いた．カセッテは巾が55㎝，長さ 115㎝のものを試作し用いた．又増感紙は50㎝の巾で110㎝の長さのHS極光増感紙を用いた．又フイルムはサクラ・ロールフイルムを用いた．散乱線除去のためのリスホルムブレンデはカセッテ同大のものが製作困難のため，四つ切のメタルリスホルムブレンデ三枚を継ぎ合せて使用した．

先づ標準条件の設定を行つた．坐高90㎝の大人を 180㎝の距離で撮影した．同一坐高の人でも胸厚の大小により差があるが，前後方向での撮影は75kVp，120mAs（300mA，0.4秒）が胸厚20㎝の場合の標準である．又側面方向の撮影では同上の人の場合では85kVp，900mAs（100mA，3秒3回）が標準である．この条件を標準とし撮影距離の長短により前述の露出係数を乗じ，所要のmAs を求めて撮影すると，診断に充分役立つ全背柱X線写眞が，一枚のフイルム上に同程度の黒化で得られた．著者の設計したフイルター及びシヤッターは正常人の計測に基づいて作製されたものであるが，軽度の側弯症や後弯症の背柱の撮影にも充分役立つた．これらの実例は附図Ⅰに示した．

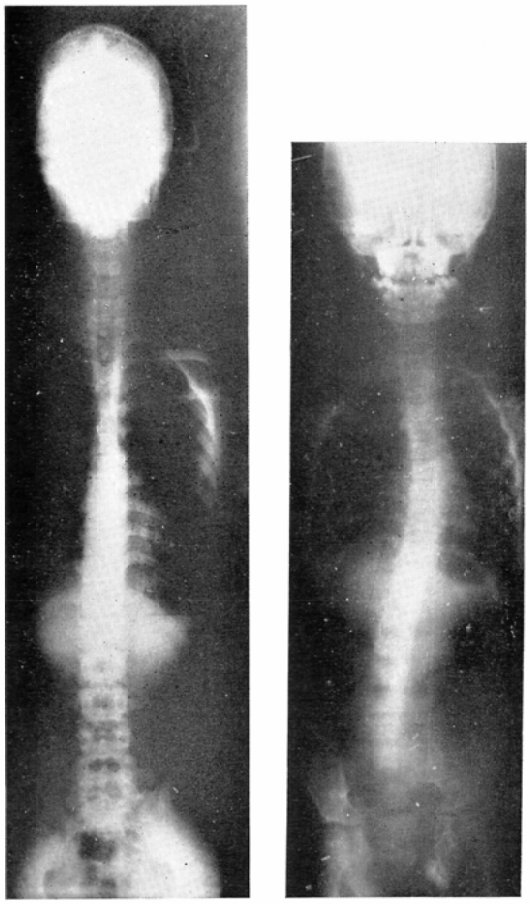
側面方向の撮影は時間が長く必要なので，被写体の固定には特に注意が必要である．著者はリーダー氏撮影台に固定帯によつて被写体を頭部，胸部及び腰部の三箇処を固定して撮影を行つた．

9. 幾何学的鮮鋭度及び拡大率

従来発表された研究[4)5)] に於ては撮影距離を3mとし，X線の水平，平行化をはかつているが，著者は2m前後で撮影を行つた．これはX線発生装置及びX線管容量の制限上止むを得ず行つたのである．今X線管焦点と背柱までの距離を a，背柱とフイルム間の距離を b とし，実効焦点の大きさを f とすれば，幾何学的半影の大きさ H は

$$H = f \times b/a$$

附　図　1



で表わされる．著者の撮影法に於けるHの大きさを各部位の中心について求めてみると下の如くなる．

撮影距離	頸　椎	胸　椎	腰　椎
120㎝	0.21㎜	0.16㎜	0.21㎜
150㎝	0.17	0.13	0.17
180㎝	0.20	0.14	0.20

診断上の許容しうる半影の大きさは 0.3㎜とされている．上記の値は何れもこれより大きいものはないので，2m前後の撮影でも被写体の固定を適切にし，更に小さい焦点のX線管を用いれば，診断には役立つ写眞がとれることゝなる．

又拡大率が各部位で異るであろうことが考えられるので，撮影距離との関係で求めて見た．そ

撮影距離	頸　椎	胸　椎	腰　椎
120cm	1.042	1.032	1.042
150cm	1.034	1.026	1.034
180cm	1.040	1.028	1.040

の値は上記の如くである.

上記の結果から拡大率は撮影距離及び撮影部位に拘らず略々一定と見做し得る. 極端な後弯症の人の場合の外は拡大率は大きな問題とならないと思われる.

然しX線像の歪からすれば, 撮影距離は3m以上が望ましい.

10. 被写体の性腺被曝X線量

全背柱撮影法は一般の撮影より電圧が高く, 更に mAs の値が大きい. 従つて被写体の被曝量が大分大きいであろうと考えられる. 近時人間の生殖腺被曝量が問題視されているのでこの点について検討する必要がある. 前記の線量率計を用い, 男子については透視条件での測定値より算定し, 女子については腹部皮膚線量より推定した.

前後方向の撮影の場合には

撮影距離	mAs	男子1回の生殖腺被曝	女子1回の生殖腺被曝
120cm	60	62.4mr	12.0mr
150cm	85	88.4mr	23.2mr
180cm	120	124.8mr	40.5mr

となつた. これらの値は胸部や胃部の撮影時の被曝量より遙かに大きいが, 股関節の撮影時よりは少し小さい値である. しかし日本に於けるX線診断による生殖腺線量の1年間1人あたりの値は10～30mr とされているので, 全背柱X線写眞を1回とることは, 日本のこの平均値に達してしまう. 従つて余り回を重ねる事は好ましいことでないと思われる. 特にこの撮影法では他の撮影時のように生殖腺を鉛ゴム等で覆うことが出来ないので, 回数を出来る丈少くすることが望ましい. 又この線量を減ずるためには更に電圧を高くして, 高圧撮影法を応用するのも一方法と考えられるが, 今後の問題である.

11 結　論

全背柱を一度に一枚のフイルムに, しかも黒化度を均一にして撮影するための方法としてフイルター法及びシャッター法を用いて実用化するに至る迄の諸問題及び実用上の諸問題について検討した.

1) 健康な日本人に於ける背柱各部の計測値を整理した結果は背柱各部の長さ, 厚さ及び巾の坐高に対する比は, 性別及び年令に関係せずに, 略々一定の値であつた.

2) 背柱各部の厚さ及び巾の計測値から, 各部位の前後方向及び側面方向の露出量を計算し, 頚椎部位の露出量に対する比を求めた. 前後方向撮影時の各部位の露出比は性別, 坐高の大小に拘らず略々一定値を示した. 側面方向の露出比は坐高について変動があるが, フイルムの寛容度以内の変化量であつた.

3) 背柱各部の長さの比及び露出比より, フイルター及びシャッターの設計を考察し, その設計法を明確になし得た. 設計法に従い不均一フイルター及び直線運動式シャッターを設計試作した.

4) 一枚のフイルター及びシャッターで, 身長の大小に拘らず撮影出来る様に, 距離変化法を採用した.

5) 実際に患者に応用したが, 軽度の症状の全背柱撮影は可能であつた.

6) 鮮鋭度, 拡大率及び生殖腺被曝X線量の検討を行つた. 生殖腺線量がかなり大きいが, その他の点では実用上問題とならないとの結論を得た.

(擱筆するに当り種々御教示戴いた徳島大学河村文夫教授, 北大整形外科島啓吾教授, 松野誠夫助教授に深甚なる感謝を捧げます.

増感紙を御寄贈いたゞきました大日本塗料大谷信吉工場長に厚く御礼申し上げます. 又種々御協力下さった教室員各位並びに外来レントゲン室の各位に感謝します.)

文　献

1) R. Janker: Roentgen-Ganzaufnahmen des Menschen. Leipzig (1934). — 2) W. Jaeger: Roentgenpraxis, 3, 380 (1931). W. Jaeger: Roentgenpraxis, 4, 193 (1932). —3) W. Leger: Z. Orthop., 88, 145 (1956). —4) A. Edinger: Fortschr. Roentgenstr., 14, 365 (1956). —5) W. Buchholz: Z. Orthop., 84, 206 (1954). —6) 小

森等：北海道整形災害外科雑誌，3 (2)，1 (昭32). —7) 樋口：レントゲン手技，金原出版社，東京 (昭33). —8) War Department: Military Roentgenology, New York (1948). —9) 綱川：さくら X-ray 写真研究，No. 2 (1950). —10) 滝沢：極光 X-ray, No. 8, 20 (1955). —11) A. Bierman: Acta radiol., 35, 22 (1951). —12) O. Mattson: Practical Photographic Problems in Radiography., Stockholm (1955). —13) 平沢：東芝X線資料，No. 19 (昭31).

Studies on whole spine radiography

By

Toshiji Umezawa

Department of Radiology, School of Medicine, Hokkaido University

(Director: Prof. M. Wakabayashi)

Recently whole spine radiographs, photographed at homogeneous density on a film, have come to play an important part in the organic and functional diagnosis of the spine, and also in the studies of scoliosis and kyphosis. In other countries reports have been published on some methods of whole spine radiography. But those method are not clear as to the principle of the design. More-over, because of difference in the construction of the body those works can not be applied to the people in this country. Therefore fundamental and practical studies were undertaken on whole spine radiography by filter method and exposure time method. In order to make clear the matter of the principle of filter and shutter design the writer treated numerically the measured value of length, thickness and width in several sections (head, neck, chest, abdomen and hip) of the normal human body of 300 men and women from 6 to 30 years old. On the basis of the results the radiographic exposure was decided at the several sections. Thus. filter and shutter were designed to achieve the optimum exposure ratio in order to obtain a whole spine radiograph of equalized density.

Then an experimental filter and shutter were prepared, and whole spine radiographs were made. The sharpness and magnification of radiographic images were next studied togethere with the gonad doses. The following conclusions were reached,

1) The ratio of the length, thickness and width of several sections of the spine to the sitting-height was nearly constant without relation to sex, age or sitting-height.

2) The ratio of the exposure doses of the head, chest, abdomen and hip to the exposure dose of the neck were nearly constant without relation to sex or sitting-height in the anteroposterior and lateral direction radiographs.

3) The principle of the design of the filter and shutter in order to equalize the film density in the several sections of the spine was established from above results. By this principle an unhomogeneous filter and a shutter of linear motion type were designed and made experimentally.

4) By the focus-film-distance changing method the whole spine radiographs were made successfully without relation to sitting-height by only one filter or shutter.

5) Though the whole spine radiographs were made by this filter or shutter, those radiographs were useful for the diagnosis of spine in cases of slight scoliosis and kyphosis.

6) The sharpness and magnification of the radiographic image photographed by this method were studied on several sections of body in relation to the focus-film distance. The results indicated that the geometric unsharpness was smaller than 0.3 mm, and the magnification factor was smaller than 1.05. The gonad doses on the whole spine radiography were about 125 mr for a man, and about 40 mr for a woman per one exposure. These values were from 1 to 10 times the gonad doses per year of Japanese by the diagnostic radiography.

Therefore, many times exposure by this method is not desirable.