科研直読式ポケット線量計によるX線装置エネルギーの検討

国立松戸療養所 (所長 近藤通六)

喜 多 義 雄

(論文受付 昭和33年8月4日)

EXAMINATION OF ENERGY OF X-RAY APPARATUS WITH A POCKET CHAMBER DEvised BY THE INSTITUTE OF SCIENTIFIC MEASUREMENTS

By YOSHIO KITA

Matsudo National Sanatorium.

(Director : MICHIROKU KONDO)

(Article recieved : August 4, 1958)

Summary

X-ray apparatus is generally operated from control panel with the various measurements. None of them, however, is completely accurate and the peculiarities of each apparatus cause an error when the voltage is changed. Therefore, the author measured radiant energy directly with a pocket chamber; when compared with the results of indirect measuring, the difference was definite and this direct method gave a more accurate count of radiant energy.

結 言

X線照射線量の式は臨床的に $E=K \cdot 1V^2Z/D^2 \cdot T$ となりこの式を使ってわれわれは日常装置を作動させている。しかしこの式の通りにX線装置からエネルギーを放射しているか否かは甚だ疑問である。何故ならばX線装置の出力はその機器に加えられた入力電圧、計器類の精密度並びに装置の新、旧、設備の良否などに深く関係するからである。

そこで私は装置の出力を総合的に検討するために線量計を用い曝射線量が制御卓子上の諸計器と如何なる関係にあるかを研究した。

なお実験の本装置は昭和17年製でその後数回修理を加えているので、最新式の装置よりみれば甚だ旧型に属し精度は多少危ぶまれるが、現在なお主要装置として活動しているのでその特性を検討した。

実 験 寸 法

使用X線装置。後藤風雲堂ツートヘリオポス 500MA型、管球 SDR-6kW、科研ポケット型線量計 No. 530630。管球焦点～線量計間距離 175cm、床上 150cm、照射野の直径 11.5cm、長さ 16cm、電源電圧の昇降には出力 15

kVA Auto Transformer. を使用した。

曝射線量の測定は3回でその平均値をとった。

実験成績並びに考察

1) 各管電圧におけるX線管加熱電圧の変化と曝射線量の関係

SDR 6kW 管球の加熱電圧を 60, 65, 70, 75V と変えて各管電圧時の曝射線量を測定すると、どの管電圧でも加熱電圧 70V までは MAS メーターの指示及び線量は共に増加する。75V になると MAS の増大に反し曝射線量は逆に減少する。しかしいずれの管電圧においても線

XI									
管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ケイロソ ン 加 熱 電 圧 V	曝射線量 R	日 風	長 引	平 均	電 圧
49	0.1	60	14	75	-10	19	9		
50.5	•	•	13	•		28	•	9	0.36 3.24
50.5	•	•	•	•		37	•		
51	•	65	20	•		50	13		
50.5	•	•	18	•		60	10	12	0.36 4.32
50.5	•	•	20	•		73	13		
•	•	70	30	•		87	14		
•	•	•	31	•		100	13	14	0.36 5.04
51	•	•	•	•		115	15		
•	•	75	40	•		126	11		
50	•	•	41	•		138	12	11	0.36 3.96
50.5	•	•	39	•		148	10		

量曲線は山形になり 70V 付近で最高の[X]線量を示している。

2) 各管電圧における曝射時間の変化と曝射線量の関係

X2

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィロ ン加熱電圧 V	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
60	0.1	60	14	75	-12	26	14			
59	•	•	13	•		40	14	13.7	0.36	4.94
60	•	•	14	•		57	13			
60.5	•	65	20	•	-132	156	24			
59.5	•	•	•	•		177	19	20	0.36	7.2
60	•	•	21	•	-12	30	18			
59.5	•	70	31	•		52	22			
•	•	•	•	•		74	•	22	0.36	7.92
•	•	•	•	•		96	•			
•	•	75	36	•		114	18			
•	•	•	39	•		132	•	18.7	0.36	6.73
61	•	•	40	•		152	20			

X4

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィロ ン加熱電圧 V	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
79	0.1	60	16	75	-8	37	29			
•	•	•	•	•		68	31	30.7	0.38	11.66
•	•	•	•	•		100	32			
•	•	65	27	•		147	47			
•	•	•	25	•		190	43	44.3	0.38	16.83
82	•	•	•	•	-7	50	•			
81.5	•	70	35	•		98	48			
81	•	•	•	•		150	52	47.5	0.38	18.05
78.5	•	•	32	•	-10	53	43			
81.5	•	75	44	•		90	37			
81	•	•	42	•		122	32	34.6	0.38	13.08
•	•	•	46	•		157	35			

T1

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
102	49.5	0.1	70	29	-10	20	10			
•	•	•	•	•		30	•	10	0.36	3.6
98	•	•	•	•		40	•			
•	49	0.2	•	43		57	17			
•	•	•	•	44		74	•	17.5	0.36	6.3
97	50.5	•	•	•		93	19			
•	50	0.3	•	62		122	29			
100	•	•	•	•		150	28	29	0.36	10.4
•	50.5	•	•	58		180	30			

T2

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
101	60	0.1	70	27	-17	24	15			
•	•	•	•	•		42	18	17	0.36	6.14
•	•	•	•	•		60	•			
•	•	0.2	•	45		93	33			
•	•	•	•	46		130	43	36	0.36	12.9
•	•	•	•	•		163	33			
•	•	0.3	•	62	-10	55	45			
•	•	•	•	•		104	49	48	0.36	17.5
•	•	•	•	•		154	50			

X3

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィロ ン加熱電圧 V	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
69	0.1	60	13	75	-120	144	24			
69.5	•	•	14	•		169	25	23	0.36	8.3
69	•	•	12	•		190	21			
70.5	•	65	22	•	-10	45	35			
70	•	•	22.5	•		77	32	33	0.36	11.9
69.5	•	•	21	•		110	33			
70.5	•	70	28	•		146	36			
70	•	•	29	•		180	34	34	0.36	13.24
71	•	•	28	•	-8	40	32			
68.5	•	75	37	•		67	27			
•	•	•	34	•		90	23	27	0.36	9.7
69	•	•	•	•		120	30			

X線管加熱電圧対
管電圧線量曲線

T3

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
98	69.5	0.1	70	33	-57	94	37			
100	70	•	•	29		130	36	34	0.36	12.2
97	69.5	•	•	28		160	30			
99	70.5	0.2	•	43	-5	54	49			
100	70	•	•	46		107	53	52	0.36	18.7
•	•	•	•	43		160	•			
98	69.5	0.3	•	60	-13	82	69			
•	•	•	•	64		160	78	73	0.36	26.25
99	70	•	•	63	-12	84	72			

T4

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	目標値	目盛	差引	平均	修正率	Mf
99	81.5	0.1	70	28	-85	133	48			
97	80.5	•	•	27		177	44	46	0.38	17.4
100	80	•	•	29	-9	54	45			
101	•	0.2	•	44		128	74			
•	•	•	•	43		200	72	73	0.38	27.7
•	80.5	•	•	44	-6	78	72			
•	•	0.3	•	61		180	110			
•	•	•	•	60	-6	108	102	105	0.38	40
•	•	•	•	62	-6	110	104			

電源電圧を100Vに保ち上記の実験よりX線管加熱電圧を70V一定にし、各管電圧において、時間を0.1, 0.2, 0.3秒と変えて曝射線量を測定した。管電圧50kVp及び60kVpまでは曝射時間に比例して線量は増加するが、70kVp並びに80kVpでは時間を0.1秒から3倍の0.3秒に延しても線量はほぼ2倍にしか増加していない。

3) 電源電圧の変動が曝射線量の増減に及ぼす影響

X線装置の入力電圧を80Vより107Vまで変えてX

線管加熱電圧70V、整流管加熱電圧75V、管電圧75kVp曝射時間を0.1及び0.2秒にして線量を測定すると電源電圧の上昇にともないMASが僅かに変化するが線量は大巾に増加する。図表中破線で示すのは管電圧60kVpの線量である。

T5

電源電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛校正	目盛	差引	平均	校正率	Mr
99	90	0.1	70	28	-10	64	54			
・	・	・	・	27		117	53	55	0.4	22
98	・	・	・	30		174	57			
99	91	0.2	・	40	-9	87	78			
100	・	・	・	・		173	86	81	0.4	324
・	・	・	・	・	-10	89	79			

K2

電源電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛校正	目盛	差引	平均	校正率	Mr
80	69.5	0.2	70	49	-47	87	40			
・	・	・	・	48		128	41	41	0.36	14.8
・	・	・	・	50		170	42			
89	70	・	・	52	-22	67	45			
・	・	・	・	54		114	47	45	0.36	16.2
・	69.5	・	・	52		163	49			
101	・	・	・	54	-18	67	・			
・	71	・	・	50		124	57	53	0.36	19.3
102	69	・	・	53		177	53			
106	70	・	・	55	-20	74	54			
・	・	・	・	・		134	60	57.2	0.36	20.6
・	・	・	・	・		192	58			

管電圧対時間線量曲線 T6

電源電圧対管電圧線量曲線 K5

n1

電源電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛校正	目盛	差引	平均	校正率	Mr
80	70	0.1	70	31	-20	42	22			
・	・	・	・	・		67	25	24	0.36	8.65
・	・	・	・	32		92	・			
89	70.5	・	・	・		122	30			
90	71	・	・	35		154	32	30.3	0.36	10.9
91	70.5	・	・	・		183	29			
98	69.5	・	・	・	-13	44	31			
100	70	・	・	・		78	34	33	0.36	11.9
・	・	・	・	34		112	・			
107	71	・	・	37		153	41			
108	・	・	・	34		190	37	37.3	0.36	13.4
107	・	・	・	・	-13	47	34			

A1

電源電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛校正	目盛	差引	平均	校正率	Mr
80	70	0.1	60	16	-10	35	25			
・	・	・	・	15		53	18	21	0.36	7.56
・	・	・	・	・		73	20			
81	・	・	65	23		100	27			
・	・	・	・	25		126	26	27	0.36	9.7
・	・	・	・	・		154	28			
・	・	・	70	32	-37	60	23			
・	71	・	・	・		84	24	23	0.36	8.37
・	70.5	・	・	29		106	22			
82	72	・	75	39		122	16			
・	71	・	・	38		137	15	15.3	0.36	5.5
・	70.5	・	・	40		152	・			

4) 電源電圧の変動がX線管出力に及ぼす影響

X線管出力が電源電圧の変動に伴う変化して来る。すなわち電源電圧を80, 90, 100Vにして曝射時間0.1秒管電圧70kVp 整流管加熱電圧を75VとしX線管加熱電圧を変化させると、電圧100Vのとき曝射線量は正常な形を表わすが、電源が90V並びに80Vに降ると曝射線量の最高値がX線管加熱電圧65V付近に移ってゆく。すなわちMASの増加は必ずしも線量の増加を意味しない。

A2

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛値	目盛	差引	平均	校正率	Mr
90	70	0.1	60	16	-18	42	24			
•	70.5	•	•	•	68	26	24.6	0.36	8.85	
89	69.5	•	•	14	92	24				
91	•	•	65	23	123	31				
88	70	•	•	22	154	•	31.3	0.36	11.2	
89	•	•	•	24	186	32				
91	69	•	70	32	-10	34	24			
•	•	•	•	30	60	26	26.6	0.36	9.6	
92	69.5	•	•	32	90	30				
•	69	•	75	40	112	22				
•	•	•	•	•	136	24	21.6	0.36	7.78	
•	•	•	•	38	155	19				

A3

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛値	目盛	差引	平均	校正率	Mr
102	69	0.1	60	14	-13	36	23			
101	71	•	•	15	63	27	25	0.36	9	
•	70.5	•	•	•	88	25				
100	•	•	65	22	124	36				
•	70	•	•	23	158	34	34	0.36	12.2	
•	70.5	•	•	22	190	32				
•	71	•	70	30	-11	44	33			
101	•	•	•	31	80	36	35.7	0.36	12.9	
•	•	•	•	32	118	38				
100	70.5	•	75	42	147	29				
•	•	•	•	•	175	28	27.7	0.36	10	
•	•	•	•	41	-8	34	26			

電源電圧対
X線管加熱電圧線量曲線

5) 整流管の加熱電圧がX線管の出力に及ぼす影響

X線管の出力は整流管の能率に関係することは当然考えねばならぬ。

そこで私は整流管加熱電圧とX線管出力との関係を実験した。先ず管電圧70kVp 曝射時間0.1秒整流管加熱電圧を70, 75, 80Vと変えてみると、整流管電圧70VにおいてはX線管出力は甚だしく低下する。75, 80Vでは正常の線量曲線を示している。

6) アルミニウムフィルターによる線量の減弱を検討

近時高圧撮影に準ずる方法として、アルミニウムフィルターを使用して異なる線質で撮影する方法が試みられ

L1

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛値	目盛	差引	平均	校正率	Mr
70	70	0.1	60	16	-16	38	22			
•	•	•	•	15	61	23	22.7	0.36	8.1	
•	•	•	•	14	84	23				
•	•	•	65	25	114	30				
•	•	•	•	•	144	30	30.3	0.36	10.9	
•	•	•	•	24	175	31				
•	•	•	70	33	-16	36	20			
•	•	•	•	•	57	21	21.3	0.36	7.7	
•	•	•	•	•	80	23				
•	•	•	75	40	90	10				
•	•	•	•	•	98	8	9.3	0.36	3.35	
•	•	•	•	•	108	10				

L2

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛値	目盛	差引	平均	校正率	Mr
75	70	0.1	60	13	-7	30	23			
•	•	•	•	14	52	22	23	0.36	8.3	
•	69.5	•	•	15	76	24				
•	69	•	65	22	105	29				
•	•	•	•	•	136	31	30	0.36	10.8	
•	•	•	•	23	166	30				
•	•	•	70	32	-11	42	31			
•	•	•	•	33	72	30	30.3	0.36	10.9	
•	70	•	•	32	102	•				
•	69	•	75	42	-10	32	22			
•	•	•	•	•	54	•	22.3	0.36	8.02	
•	71	•	•	•	77	23				

L3

管電圧 V	管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	ポケット線量計					
					目盛値	目盛	差引	平均	校正率	Mr
80	70	0.1	60	15	-15	38	23			
•	•	•	•	•	62	24	24	0.36	8.65	
•	•	•	•	•	87	25				
•	•	•	65	22	118	31				
•	•	•	•	21	148	30	31	0.36	11.2	
•	•	•	•	23	180	32				
•	•	•	70	30	-18	50	•			
•	70.5	•	•	32	82	•	33	0.36	11.8	
•	•	•	•	•	117	35				
•	70	•	75	42	146	29				
•	•	•	•	43	176	30	29	0.36	10.45	
•	•	•	•	44	-12	40	28			

整流管加熱電圧対
X線管加熱電圧線量曲線

F3

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィルタ AL %	ポケット線量計					
					目盛値	目盛差引	平均	校正率	MR	
69	0.1	70	36	0	-5	45	40			
・	・	・	35	・		88	43	43	0.36	15.45
・	・	・	・	・		134	46			
69.5	・	・	32	0.5		165	31			
・	・	・	35	・		197	32	323	0.36	11.62
71	・	・	・	・	-7	41	34			
69.5	・	・	32	1.5		60	19			
71	・	・	36	・		85	25	213	0.36	7.7
69	・	・	35	・		105	20			
69.5	・	・	34	3.0		120	15			
・	・	・	36	・		132	12	13.3	0.36	4.8
・	・	・	35	・		145	13			

F4

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィルタ AL	ポケット線量計					
				%	目盛値	目盛差引	平均	校正率	Mr	
80	0.1	70	32	0	-14	72	58			
•	•	•	34	•		132	60	58.7	0.38	22.3
80.5	•	•	33	•		194	58			
81.5	•	•	31	0.5	-5	53	48			
81	•	•	32	•		100	47	49	0.38	18.6
•	•	•	•	•		152	52			
82	•	•	31	1.5	-76	112	36			
81	•	•	33	•		145	33	35	0.38	13.3
•	•	•	31	•		180	35			
•	•	•	29	3.0	-13	32	19			
•	•	•	32	•		54	22	21	0.38	8.0
•	•	•	31	•		76	•			

F1

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィルタ AL %	ポ ケ ャ ッ ト 線 量 計					
					目盛値	目盛差引	平均	校正率	MR	
50	0.1	70	34	0	-67	82	15			
49.5	•	•	35	•		98	16	16.3	0.36	5.87
•	•	•	33	•		116	18			
49	•	•	34	0.5		127	11			
49.5	•	•	33	•		140	13	11.3	0.36	4.07
49	•	•	•	•		150	10			
•	•	•	30	1.5		156	6			
•	•	•	32	•		163	7	6.6	0.36	2.36
•	•	•	•	•		170	•			
•	•	•	•	3.0		173	3			
•	•	•	33	•		175	2	2.3	0.36	0.83
49.5	•	•	32	•		177	•			

F2

管電圧 KVP	時間 SEC	X線管 加熱電圧 V	MAS	フィルタ AL %	ポケット線量計					
					目盛値	目盛差引	平均	校正率	MR	
60.5	0.1	70	34	0	-7	33	26			
•	•	•	33	•		60	27	28.3	0.36	10.2
•	•	•	36	•		92	32			
•	•	•	35	0.5		114	22			
•	•	•	31	•		134	20	21.6	0.36	7.78
•	•	•	34	•		157	23			
61	•	•	35	1.5		170	13			
•	•	•	•	•		184	14	12.6	0.36	4.54
60.5	•	•	30	•	-34	45	11			
•	•	•	34	3.0		52	7			
•	•	•	35	•		60	8	7.0	0.36	2.52
61	•	•	•	•		66	6			

ている。われわれの使用する装置がいくらの線量を曝射しているかは本実験で詳らになったので。さらに本測定値にアルミニウムフィルターを併用しその線量の減弱を実験した。no filter, 0.5, 1.5, 3.0% とフィルターの厚さを増してゆくと線量は図表の通り減弱する。

故に私は胸部撮影条件(胸厚 18cm 72kVp 距離 175cm 極光 FS 時間 0.1 秒 フィルター Al 0.5% 線量 12.8

mr) より線量を換算して、如何なる管電圧においてもまた、厚さ 1~3% のフィルターを使用して、異なった線質の撮影も試みることができる結果を得た。

科研直読式ポケット線量計の簡易な 目盛試験法

P1									
管電圧	時間	MAS	照射回数	ポケット線量計					
KVP	SEC		N	目盛値	目盛	校正率	校正率	校正率	校正率
EC	6.1	6.5	1	0	13	13	0.36	4.76	
・	・	・	2		30	17	・	6.2	
・	・	・	3		44	14	・	5.05	
・	・	7.0	4		60	16	・	5.75	
・	・	6.5	5		78	18	・	6.5	
・	・	・	6		94	16	・	5.75	
・	・	・	7		110	・	・	・	
・	・	・	8		130	20	・	7.2	
・	・	6.0	9		144	14	・	5.05	
・	・	6.5	10		162	12	・	4.32	
・	・	・	11		180	18	・	6.5	
・	・	・	12		195	15	・	5.4	

日立製作所
X線装置
DR-10/2S
巨峰 FPM
117 CM
東芝
トモグラフ
M50A-2型

本線量計は放射線障害を防止することを目的に作製されたので本実験の目的には精密度などで問題がない訳ではない。しかし私が長年使用しても自然漏洩が極めて少

なく、また手許にこれに変わりうる優秀な測定器がないので使用した。

本線量計の目盛は、直接 mr で示され最大 200mr までの積算が可能である。mr の校正は付属の校正率表より算出した。

線量計は平等目盛であるが各目盛が X 線曝射に対し均等を示すかを実験した結果、その目盛が 60kVp においてはほぼ均等であると思われる。

なお線量計の X 線入射方向は水平方向とした。

結 言

本測定より MAS メーターに付属せる亜酸化銅整流器の性能の劣化とタイマーの誤差を発見した。

また電圧の変動により装置の性能が変わることも理解できた。

以上 X 線装置には X 線管電圧図表よりも適切に性能を示す曝射線量曲線が作られれば、各種の装置でも同一線量で撮影し、同一黒化度の写真が得られるのではあるまいか。また撮影条件表に空中線量を示す mr が記載されるならばこれを完全に利用することができる。

なおこのような測定には標準線量計で計測して、線量曲線を作製すれば各装置の性能、新、旧、大、小、装置の比較、故障の有無などを簡易に検し得て利用度はさらに高く装置には不可欠となるであろうと信じます。

最後に本論文のため御助言を賜りました後藤風雲堂榎本計重氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 二宮、田中、片山：日放技誌第11巻第1号（昭30）
- 二宮：日放技誌特集第1号（昭31）
- 駒井、深津、小野：日放技誌特輯第2号（昭32）