
21) X線檢診時의 撮影條件과 被曝線量 評價에 대한 調査

第一聖母醫院 放射線科
金京桓·李鎮圭*

Investigation on Evaluation of Exposure Dose & Radiographic Technique for Diagnostic X-ray Examination

Jeil St. Mary's Clinic Dept. of Radiology
Kyung Hwan Kim, Jin Kyu Lee*

ABSTRACT

At the investigations with 200 institutes for analysis of factor associated with radiographic conditions reduction of patient exposure dose during X-ray diagnosis, 170 institutes or 85% answered.

For estimation of exposure dose the entrance surface doses in relation with exposure conditions at the respective radiographic conditions were measured and the average value at per exposure was calculated.

Thence, with the comparison with the factors included in reduction of doses for respective radiographic factors, the result was as follows.

1. The entrance surface dose at each radiographic position is distributed below IAEA guidance level.
2. For the standardization radiographic conditions, the program setting of the quality insurance for diagnostic X-ray equipment and image recording system was required.
3. There was no significant difference between the exposure radio at each major radiographic position in Korea and in Japan.
4. As to the dose ratio at each radiographic position for respected rectifier system of diagnostic X-ray equipment, for rectifier systems other than three-phase inverter system, it is three times of that for three-phase inverter system with rare earth intensifying screen.
5. Even for the same system, the dose ratio at each radiographic position was variable from two to five times depending on whether the rare earth intensifying screen was used or CaWO₄ intensifying screen was.
6. For the distributions of voltage and current, the deviation of each position turned out to be large. For the chest radiography, the case of high voltage using was 23.1% of total, so the increasable

of the maximal rating of diagnostic X-ray equipment was required. The distance for radiography was 100cm at all position except the chest radiography the distance of which was 180cm.

7. As to the grid, the grid ratio used in chest high voltage radiography were 10:1, 12:1, and 15:1 to 8:1, but they were not best, selections for proper ratio at each position.
8. As to the intensifying screen, the high speed intensifying screens of CaWO₄ system was 67%, the medium and slow speed intensifying screen was 11% and the rare earth intensifying was 21%.

1. 緒論

放射線을 醫療影像의 媒體로 利用한 以後 被曝線量 輕減에 對한 關心과 研究가 繼續되어왔다. 最低의 線量으로서 目的部位를 撮影하여 診斷領域이 넓은 影像을 作成한다는 것은 放射線醫師, 放射線士가 追求 해야할 最終目標이다.

그러나 X線檢査에 있어서 患者의 被曝線量 減少에는 X線 撮影裝置를 包含한 最適의 撮影技術이 導入 되지 않으면 안된다. 또한 照査野內의 生殖腺과 造血臟器는 診斷目的을 考慮해서 絶對적으로 保護되어야 한다. 이러한 것은 X線 檢査에 對한 技術이나 醫師와 放射線士가 患者의 被曝線量 減少에 關한 가장 基本的인 知識으로서 念頭해두고 生殖腺防護의 技術 開發과 適定한 X線 撮影檢査法 및 撮影條件等의 改善 이 必要한 解決 課題이다. X線이 患者의 診斷에 利用되고 있는 正當性은 成立되나 放射線 保健學的인 側 面에서 보면 診斷用 X線의 使用이 國民 全體에게 低線量의 被曝 機會를 增加시키게 된다.

따라서 患者診療時에 X線 使用 頻度의 增加와 함께 放射線 被曝의 準位도 높아지므로 X線裝置의 定格 과 精度管理, 撮影條件 및 記錄系 等の 技術的인 因子에 對하여 調査, 分析, 評價가 定期的으로 施行되어 야 한다.

IAEA(國際原子力機構)에서도 1994年의 safety series報告에서 成人에 對하여 放射線의 guidance level 을 設定하였다.⁽¹⁾ 한편 日本에서는 古賀, 折戶, 鈴木 等に 依해서 이와 같은 基準에 根據하여 醫療被曝에 影響을 주는 여러가지 因子의 現狀을 分析하고 患者被曝線量의 長期的인 推移를 定期的인 follow up study로서 報告하고 있다. 그러나 우리 나라는 아직까지 이에 대한 調査報告가 없는 現狀이다.

本 調査는 韓國에서의 診斷用放射線裝置의 類型別로 撮影條件의 現狀을 把握하고 撮影部位別로 入射表 面線量의 測定을 通해서 患者에 對하여 放射線 被曝線量의 減少要因을 分析하였으므로 報告하는 바이다.

II. 調査對象 및 方法

1. 앙케이트 調査

1995年度의 大韓放射線士協會 會員名簿에서 無作為2段抽出法에 依해 200名, 200施設을 選擇하여 앙케 이트調査를 實施하였다.⁽²⁾ 第1차 抽出法은 全國을 地方別로 醫療機關과 會員數에 比例하는 確率比例 抽出 法으로서 施行 하였다. 다음으로 等間隔抽出法에 따른 被調査者를 決定하였으며 앙케이트 設問에 對한 回答은 170個 施設에서 回答을 얻게 되어 85%의 回答率이었다.

2. 線量測定

線量測定은 調査에 對한 信賴度를 確保하기 爲하여 서울과 首都圈의 隣近地域의 綜合病院 50個 施設을 訪問하여 撮影部位別로 撮影條件에 對한 表面入射線量을 測定하였다. 調査期間은 1996년4月1일부터 7月 30日까지 4個月間 이었다.

線量測定에 使用한 線量計는 Solidose 300 (Sweden RTI社製)으로서 Solid state detector였다. 이 測定 器의 dose range는 1.5nGy~200Gy, 0.5 μ R~2300R까지이며 inaccuracy \pm 5%, random error \pm 1%로서 信賴度가 높은 것으로 認定된다. 線量測定의 方法은 X線管 焦點으로부터 100cm 距離에서 照射野 10^{cm} \times 10^{cm}로 하였다. 撮影部位別로 各各 3回以上 露出하여 入射表面線量을 測定하고 그 平均値를 算出하였다.

solid state detector의 특징은 ion chamber에 比해서 metal housing으로 保護되어 있어서 mechanical shock을 防止하므로 durability(耐久性)가 優秀하고 溫度와 壓力에 對한 補正이 不必要하며, energy dependance가 적고, back scattering에 sensitive하지 않고, bias電壓의 供給이 不必要하므로 電氣的 shock의 危險이 없다. 한편 同一한 volume의 ion chamber에 比해서 100倍 以上の 感度가 있으며, 小型, 輕量으로서 warming up time이 不必要하여 set up time이 짧고 速度調整이 불필요한 여러 가지 利點이 있다.⁽³⁾

III. 調査結果

1. 撮影部位別의 照射條件과 入射表面 線量

1) 單純 撮影

Table 1은 韓國에서의 醫療機關을 代表하는 58個 綜合病院에서 適用하고있는 患者 部位別의 1回 撮影 時의 平均 入射表面線量이다. 이 값은 患者에 對한 部位別의 被曝線量을 推定하는 指標가 될것으로 생각 된다.

四肢撮影에서는 手指, 足骨, 前腕骨, 肘關節, 上腕骨, 下腿骨, 膝關節, 大腿骨의 順序로서 線量 增加를 나타내고 있다. 가장 적은 線量인 手指 撮影時의 0.041mGy에 比해서 가장 많은 線量인 大腿 撮影時의 0.517mGy의 線量차는 0.476mGy로서 1回 撮影에서 良質의 映像 情報을 얻어야 하는 必要性이 強調된다.

이와 같은 現狀은 胸部撮影과 脊椎撮影에서도 잘 보여 주고 있다. 胸部撮影의 平均 管電壓은 P-A view 106.9kVp, lateral view 113.3kVp로 나타나 高電壓 撮影으로 나아가는 趨勢이다. 1回 撮影時의 入射 表面 線量도 最少線量인 胸部 P-A view의 0.113mGy 比해서 腰部 lateral view는 3.375mGy로서 線量차는 3.262mGy였다. 頭蓋部 撮影의 A-P view와 lateral view에서도 1.636mGy, 1.314mGy, Towne's view에서 1.811mGy, Waters view에서 2.259mGy의 平均 線量을 나타내고 있어서 脊椎撮影과 같이 1回 撮影時의 患者被曝線量은 充分히 考慮하고 檢査에 臨해야 한다는 것을 示唆하고 있다.

2) 造影 撮影

Contrast media를 利用한 造影撮影과 骨盤計測時에는 腎盂撮影에서 1.045mGy, 子宮卵管 1.224mGy, 膀胱 1.692mGy, 骨盤計測 A-P view와 lateral view는 各各 2.831mGy, 3.966mGy로 나타났다. 特히 骨盤計測

은 다른 檢査部位보다 線量의 增加가 많은 現狀으로서 X線 裝置의 性能 管理 및 記錄系의 高感度化가 充分히 考慮되어야 한다고 본다. 日本에서는 1987年에 比해 1995年 調査에서 骨盤計測正面과 側面의 線量值의 減少가 各各 50%, 79%로 報告되었다. 이는 X線 裝置의 品質保證計劃의 施行과 裝置의 交替 記錄系의 高感度化의 要因이 患者被曝線量의 減少에 크게 기여한다고 comment하고 있다.⁽⁴⁾

Table 1. 撮影部位別의 照射條件과 入射表面線量의 平均値

Table 1-a. Average radiographic condition for extremity examination

exposure factors part position	kVp	mA	sec	Entrance surface dose per radiography(mGy)	SD
Hand P - A	46.4	115.3	0.073	0.041	0.017
Forearm A - P	50.1	124.6	0.079	0.071	0.034
Humerus(A - P, lat)	55.6	116.1	0.093	0.092	0.127
Elbow A - P	52.0	117.9	0.085	0.077	0.034
Knee A - P	57.5	125.0	0.087	0.124	0.057
Femur A - P	67.6	168.7	0.143	0.517	0.483
Leg (A - P, lat)	56.7	157.3	0.108	0.101	0.043
Foot (A - P, lat)	60.0	128.1	0.084	0.055	0.020

Table 1-b. Average radiographic condition for chest and spine examination

exposure factors part position	kVp	mA	sec	Entrance surface dose per radiography (mGy)	SD
Chest P - A	106.9	246.4	0.074	0.113	0.266
Chest lateral	113.3	239.6	0.197	0.650	0.554
Ribs	75.1	244.4	0.231	0.859	0.359
Cervical spine A - P	71.6	234.0	0.125	0.624	0.297
Thoracic spine lateral	81.7	234.8	0.331	0.255	1.393
Thoracic spine A-P	73.8	232.1	0.221	1.667	1.692
Lumbar spine A - P	79.4	238.2	0.218	1.953	1.185
Lumbar spine lateral	91.3	240.2	0.584	3.375	1.556
Pelvis A - P	75.8	229.1	0.196	0.961	0.575
Chest A-P(1years ↓)	62.2	304.5	0.054	0.068	0.032
Chest A-P(7years ↓)	62.9	261.2	0.051	0.119	0.056

Table 1-c. Average radiographic condition for contrast media and pelvic metry

exposure factors part position	kVp	mA	sec	Entrance surface	
				dose per radiography (mGy)	SD
IVP	82.1	284.0	0.222	1.045	0.783
Bladder	77.4	267.6	0.215	1.692	0.656
HSG	55.0	190.0	0.123	1.224	0.546
Pelvic metry A-P	79.5	270.0	0.302	2.831	2.427
Pelvic metry Lat.	91.5	239.5	0.623	3.966	2.540

Table 1-d. Average radiographic condition for skull examination

exposure factors part position	kVp	mA	sec	Entrance surface	
				dose per radiography(mGy)	SD
Skull A - P	81.3	270.6	0.239	1.636	0.589
Skull lateral	77.4	264.7	0.213	1.314	0.488
Town's method	84.8	261.1	0.218	1.811	0.699
Water's method	84.3	261.8	0.295	2.259	0.837

2. 韓國과 日本의 醫療被曝의 現狀

IAEA는 放射線 診斷과 核醫學 診斷에 guidance level을 設定하여 이 線量限界를 Table 2와 같이 勸告하고 있다. 이 guidance level은 平均的인 크기의 成人에 對한 것으로서 臨床診療의 現場에서는 患者의 年齡과 身體의 크기를 考慮하여야 한다.⁽⁴⁾

나아가서 必要에 따라서 이 level보다 높은 線量を 認定하는 柔軟性を 融通性있게 應用한다. 또한 將來 技術進步에 따라서 修正될 可能性을 示唆하고 있다. 韓國에서 代表的인 綜合病院 4個 施設의 單相 2pulse X線 裝置, 3相 6pulse X線裝置, 3相 inverter式 X線 裝置, CR專用 3相 inverter式 X線 裝置에서의 主要 撮影部位別 data와 1995年 折戶에 의해 報告된 日本의 比較 data이다. (Table 2參照)

日本에서는 1974년부터 1979年, 1989年에 이어서 1994年의 follow up study가 進行되어 왔다. 折戶는 1987年度와 1995年度의 比較 data에서 8年間 線量減少가 顯著하다고 하였다. 韓國에서는 이와 같은 過去 調査 data가 없으므로 患者 被曝線量を 推定할 수 없으나 日本에 比해서 一部 部位에서는 2倍 以上の 線量比를 나타내기도 하고, 大體的으로는 큰 差異가 없었다. 또한 全 撮影部位에서 IAEA(international atomic energy agency)의 guidance level 以下の 線量이었다.

Table 2. 主要 撮影部位의 入射表面 線量에 對한 韓國과 日本의 比較

Part position	한국 (Korea)	일본 (Japan)	선량율(K/J) (Exposure ratio)	I A E A
Skull A-P	1.256	3.130	0.401	5.000
Skull lateral	0.927	2.610	0.355	3.000
C-spine A-P	0.625	0.480	1.302	-
T-spine A-P	1.160	1.410	0.823	7.000
L-spine A-P	1.292	1.960	0.659	10.000
L-spine lateral	2.818	2.280	1.236	30.000
Chest P-A	0.170	0.050	3.400	0.400
Chest lateral	0.521	0.230	2.265	1.500
Abdomen A-P	1.210	1.580	0.767	10.000
Pelvis A-P	1.182	0.550	2.149	10.000
Pelvicmetry A-P	1.560	0.900	1.733	-
Pelvicmetry lateral	2.912	3.520	0.827	-

3. X線 診斷裝置의 整流方式에 따른 撮影條件과 線量比

韓國에서의 X線 診斷裝置는 單相 2pulse system과 3相 6pulse system, 그리고 單相 및 3相 inverter system 등의 機種이 病院別로 多樣하게 設置되어서 使用하고 있다. 卽 保健所 및 小規模 病院에서는 單相 2pulse system, 大規模病院에서는 3相 6pulse system 및 3相 12pulse system, 單相 및 3相 inverter system이 主로 使用되고 있다. Table 3은 管電壓, 管電流, 增感紙, 格子, 焦點-film間 距離 등의 撮影裝置別 因子에 對한 分布와 相對線量比를 나타내고 있다.

1) 四肢 撮影

四肢 撮影에서의 管電壓과 管電流는 裝置의 System別로 거의 差異가 없었다. 增感紙는 單相 2pulse system과 3相 6pulse system에서 CaWO₄系 高感度 增感紙, 3相 inverter system은 稀土類增感紙, CR專用 inverter system에서는 Imaging plate(映像板)을 使用하였으며, 焦點 film間 距離는 모두 100cm였다. 入射 表面線量分布는 稀土類 增感紙 使用의 3相 inverter system을 基準하여 CaWO₄系 增感紙 使用의 單相 2pulse system에서 2.4倍, 3相 6pulse system에서 1.9倍, IP使用의 CR專用의 inverte system에서 1.8倍의 相對 線量比를 나타내므로 整流 system別, 增感紙 種類에 따라 많은 線量差異가 있다고 본다.(Table 3-a)

2) 胸部와 骨盤部

胸部 撮影에서는 單相 2pulse system에서 102kVp, 2mAs의 撮影條件으로 0.075mGy의 線量値를 보이고 있으나 3相 6pulse system 및 3相 inverter system은 90kVp, 9mAs, 73kVp, 10mAs의 低管電壓에 의해 0.194mGy, 0.150mGy의 多少 높은 線量이었다.(Table 3-b)

脊椎撮影에서도 CR専用 inverter system은 다른 system에 比해서 全體的으로 높은 線量分布를 나타내고 있다. 卽 稀土類增感紙 使用의 3相 inverter system에 대해서 CaWO₄系 增感紙使用의 3相 6pulse는 mAs의 增加에 따라서 入射表面線量値가 높은 것을 알 수 있다. 특히 胸部撮影에서는 3相 6pulse system, 3相 inverter(CR)system은 高壓撮影技術의 轉換이 要求된다. 가장 많은 撮影方式을 記述하고 있는 胸部 P-A view의 相對線量比는 3相 inverter system을 基準하여 1.0 : 0.5 : 1.29 : 1.73, 腰椎正面과 側面 撮影時에 各各 1.0 : 1.47 : 1.97 : 2.53, 1.0 : 0.66 : 1.49 : 1.56으로서 CR専用 inverter system의 被曝線量은 約 2倍로 나타나고 있다. 더우기 生殖腺의 X線被曝 低減이 要求되는 骨盤部에서도 3相 inverter system에 比해서 3相 6pulse system과 CR専用 3相 inverter system의 線量比는 各各 1 : 2.32로서 2.3倍의 被曝線量을 보여주고 있다.

3) 頭蓋部 撮影

3相 inverter system을 中心으로 比較한 結果 Table 3-C와 같다. 線量比는 頭蓋部 A-P view에서 1.0 : 2.65 : 2.39, lateral view에서 1.0 : 2.67 : 2.05, Towne's view에서 1.0 : 2.47 : 1.63으로서 稀土流增感紙 使用의 3相 inverter system에 比해 다른 system은 2倍以上의 被曝線量의 增加를 나타내고 있다.

4) 特殊 撮影

腎盂造影, 膀胱造影, 子宮卵管造影撮影에서의 線量比는 各 system別 큰差異가 없으나 骨盤計側에서는 3相 inverter system의 比較에서 A-P view, 1.0:2.70:9.74:6.40 lateral view 1.0 : 1.39 : 5.22 : 3.59로서 큰 差異를 보여주고 있다.(Table 3-d)

Table 3. X線 裝置의 整流方式에 따른 撮影條件과 線量分布

Table 3-a. Upper extremity and lower extremity

exposure factors part position	kVp				mAs				Screen				Grid
	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	
Hand P-A	41	47	40	45	4.5	4	3.2	3.2	HS	HS	R	IP	
Forearm A-P	50	53	43	47	5	5	3.2	4	HS	HS	R	IP	
Humerus(A-P, Lat)	70	57	51	50	12	5	4	5	HS	HS	R	IP	
Elbow A-P	50	55	46	50	5	5	3.2	5	HS	HS	R	IP	
Knee A-P	55	60	53	53	6.3	6	4	6.4	HS	HS	R	IP	
Femur A-P	60	70	62	70	7	8	15.75	10	HS	HS	R	IP	
Leg(A-P, Lat)		60	50	53		6	4	5		HS	R	IP	
Foot(A-P, Lat)		50	42	47		5	3.2	3.2		HS	R	IP	

* N : none grid, HS : high speed screen(CaWO₄), MS : medium speed screen, R : rare earth screen, IP : image plate
 1 ϕ 2p : single phase 2pulse generator, 3 ϕ 6p : three phase 6pulse generator
 3 ϕ Inv : three phase inverter type generator, CR Inv : three phase inverter type generator(only CR)

Table 3-b Thorax and Pelvis

exposure factors part position	kVp				mAs				Screen				Grid
	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	1 ϕ 2P	3 ϕ 6P	3 ϕ Inv	CR Inv	
Chest P-A	102	90	73	120	2	9	10	3.84	MS	HS	R	IP	8:1
Chest Lat	117	95	96	130	6.3	30	15.75	1.6	MS	HS	R	IP	8:1
Rib		70	53	70		24	30	40		HS	R	IP	8:1
Cervica spine(AP,Lat)	64	63	57	70	12	18	15.75	20	R	HS	R	IP	8:1
Thoracic spine A-P	74	74	67	75	20	24	15.75	25	R	HS	R	IP	8:1
Thoracic spine Lat	77		74	80	20		25	40	R		R	IP	8:1
Lumbar spine A-P	76	75	68	75	20	30	20	32	R	HS	R	IP	8:1
Lumbar spine Lat	92	90	80	85	20	48	30	50	R	HS	R	IP	8:1
Pelvis A-P		75	63	75		30	15.75	25		HS	R	IP	8:1
Chest P-A(7years ↓)	85	57	53	100	2.0	7.5	4	4	MS	HS	R	IP	8:1

* N : none grid, HS : high speed screen(CaWO₄), MS : medium speed screen, R : rare earth screen, IP : image plate
 1 ϕ 2p : single phase 2pulse generator, 3 ϕ 6p : three phase 6pulse generator
 3 ϕ Inv : three phase inverter type generator, CR Inv : three phase inverter type generator(only CR)

Table 3-c Cranial and Facial bone

exposure factors part position	kVp				mAs				Screen			
	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv
Skull A-P	73	75	68	75	32	30	15.75	25	HS	HS	R	IP
Skull Lat	66	70	67	75	32	24	12.5	20	HS	HS	R	IP
Town's Method	73	78	73	75	40	30	20	32	HS	HS	R	IP
Water's Method	81	80	74	75	40	30	25	32	HS	HS	R	IP

Table 3-d Special study

exposure factors part position	kVp				mAs				Screen			
	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv	1 \emptyset 2P	3 \emptyset 6P	3 \emptyset Inv	CR Inv
IVP	62	75	55	75	42	30	51.2	32	R	HS	R	IP
Bladder	86		54	75	90		51.2	25	R		R	IP
HSG	84		54	75	60		51.2	25	R		R	IP
Pelvic metry A-P	82	88	77	80	42	39	62.5	32	R	HS	R	IP
Pelvic metry Lat	88	96	85	85	60	60	160	50	R	HS	R	IP

4. 同一整流 system에서 露出因子變化에 따른 線量比

Table 4는 單相 2pulse X線攝影裝置의 代表的인 撮影條件表이다. 이와 같은 撮影條件表는 Maker에서 實驗的으로 作成하였으며 X線攝影裝置의 定格 150kvp, 500mA型을 設置 使用하고 있는 小規模病院에서 많이 使用하고 있다. 이에 대한 比較는 X線 照射線量의 再現性和 直線性이 保證된 4臺의 X線 撮影裝置를 選定하여 作成된 撮影條件表에 따라서 線量을 測定하였다.

Table 4. Maker에서 作成한 標準撮影 條件表에 依한 入射表面線量

Table 4-a. Upper extremity and lower extremity

part position	exposure factors	kVp	mAs	Grid	Entrance surface dose
					per radiography (mGy)
Hand	A-P	45	6	-	0.036
	Lat	47	6	-	0.037
Forearm	A-P	50	8	-	0.057
	Lat	52	8	-	0.072
Wrist	A-P	50	8	-	0.061
	Lat	52	8	-	0.070
Elbow	A-P	50	8	-	0.061
	Lat	52	8	-	0.063
Shoulder	A-P	70	24	+	0.491
	Lat	70	32	+	0.665
Clavicle	A-P	70	24	+	0.476
	Lat	70	32	+	0.648
Scapula	A-P	64	30	+	0.456
	Lat	70	40	+	0.771
Knee	A-P	56	12	-	0.136
	Lat	54	12	-	0.111
Femur	A-P	65	30	+	0.492
	Lat	70	30	+	0.577
Tibia	A-P	56	10	-	0.116
	Lat	54	10	-	0.095
Ankle	A-P	52	10	-	0.094
	Lat	52	8	-	0.078
Calcaneous	A-P	52	8	-	0.077
	Axial	60	10	-	0.146
Foot	A-P	52	8	-	0.074
	Oblique	54	6	-	0.070
Hip bone	A-P	70	60	+	1.217
	Lat	80	80	+	2.181
	Axial	80	80	+	2.192

※ - : none grid, + : with grid

Table 4의 撮影條件表와 附錄2의 露出因子의 變化時에 나타나는 相對線量比에서 알 수 있으나 CaWO₄ 增感紙의 使用과 稀土類增感紙 使用의 差異에서 撮影條件이 달라지는 現狀이 뚜렷하다.(附錄2參照)

同一한 整流方式의 單相 2Pulse System을 比較해보면 線量比의 差異를 알 수 있다. 上肢 및 下肢 撮影 時의 全體的인 線量比는 A system을 基準하여 A 1.0 : B 1.04 : C 1.92 D : 2.00의 相對值를 나타내고 있으므로 露出因子의 變化에 따른 線量의 差異가 크다는 것을 알 수 있다. 上肢와 下肢는 거의 格子를 使用하지 않으므로 CaWO₄ 增感紙와 稀土類 增感紙 使用에 따른 線量比의 差異가 뚜렷하게 나타난다.

胸部 P-A view에서는 A 1.0 : B 0.4 : C 2.1 : D 0.3의 相對線量比를 나타내므로 高壓 撮影과 稀土類 增感紙 使用에 따라서 約 5倍 以上の 線量減少要因이 發生하는 것을 推定할 수 있다. 小兒의 胸部 撮影에 서도 撮影條件에 의한 變化要因이 發生하고 있다.

또한 脊椎部의 lateral view는 各 system別로 A 1.0 : B 0.8 : C 1.3 : D : 2.2로서 約 2倍 以上の 線 量比를 나타내고 있으며 全体 軀幹部에서도 約 2倍에 가까운 線量比 였다. 頭蓋部의 A-P view, lateral view ,towne's view waters view에서도 相對線量比는 各各 1.0 : 1.1 : 2.3 : 2.6 으로서 露出因子에 따라 約 2倍의 線量에 露出되고 있음이 나타났다. 이와 같은 狀況은 人體의 全部位 撮影에서,同一定格의 system에서도 被曝線量의 差가 커지고 있음은 增感紙과 格子의 種別에 따라 顯著하였다.

Table 4-b. Thorax and spine

exposure factors		kVp	mAs	Grid	Entrance surface dose per radiography (mGy)
part	position				
Chest	A-P	70	12	+	0.261
	Lat	80	80	+	1.981
	Oblique	75	60	+	1.417
Sternum	A-P	70	60	+	1.276
	Lat	80	80	+	2.112
Rib	A-P	65	60	+	1.105
	Oblique	70	60	+	1.257
Cervical	A-P	70	30	+	0.595
	Lat	70	30	+	0.574
Thoracic	A-P	70	60	+	1.226
	Lat	80	120	+	3.043
	Oblique	75	80	+	1.857
Lumbar	A-P	74	60	+	1.138
	Lat	80	160	+	3.724
	Oblique	78	100	+	2.124

Table 4-c. Cranial and facial bone

exposure factors		kVp	mAs	Grid	Entrance surface dose per radiography (mGy)
Skull	A-P	70	60	+	1.262
	P-A	70	60	+	1.267
	Lat	70	50	+	1.306
Mandible	A-P	68	60	+	1.179
	Lat	65	50	+	0.886
Town's method		72	80	+	1.584
Water's method		72	80	+	1.587
Law's method		70	60	+	1.226
Nasal bone	Lat	50	5	-	0.031
Caldwell method		72	70	+	1.432
Stenver's method		70	60	+	1.221

※ - : none grid, + : with grid

Table 4-d. Special study

exposure factors		kVp	mAs	Grid	Entrance surface dose per radiography (mGy)
Abdomen	A-P	74	60	+	1.220
K · U · B	A-P	70	60	+	1.114
U · G · I	A-P	74	28	+	0.556
	Lat	80	36	+	0.957
	Oblique	76	32	+	0.738
Pelvis	A-P	70	60	+	1.102
	Lat	80	160	+	3.667

※ - : none grid, + : with grid

5. 露出因子의 分布

四肢撮影을 비롯하여 胸部, 脊椎, 頭蓋部 및 特殊撮影에 대한 露出因子의 平均値는 부록 5와 같다. 이와 같은 結果는 全國170個 施設에 대한 管電壓, 管電流, 露出時間의 分布로서 양케이트에 의한 調査이다. 四肢撮影에 있어서 管電壓은 40kVp~70kVp, 管電流는 100mA~300mA, 露出時間은 0.05sec~1.0sec까지 多様な 分布로서 偏差가 크다.

撮影距離는 모두 100cm를 使用하였다. 胸部撮影時의 管電壓은 P-A view에서 90kVp 以下の 低管電壓이 48%이며 111kVp 以上の 高管電壓 撮影은 23.1%로서 低管電壓 撮影의 現狀이 一般의이다. 小兒胸部 撮影時는 1歲 未滿에서 60kVp 以下가 81% 7歲未滿에서 70kVp 以下가 74%를 나타내고 있다.

脊椎撮影에서는 C-spine의 70kVp 以下가 73%, T-spine의 A-P view는 80kVp 以下가 82%, lateral view는 71kVp~90kVp 範圍가 88%였으며 L-spine의 A-P view에서 80kVp 以下가 74%, lateral view에서 70kVp~90kVp가 80%로 나타났다.

骨盤部는 80kVp 以下가 88%였다. 頭蓋部撮影의 경우 管電壓은 A-P view에서는 80kVp 以下가 96%, lateral view에서 66kVp~75kVp가 89%였으며, townes' view와 water's view에서는 71kVp~80kVp가 各 52%로 나타났다. 管電流는 100mA~200mA 사이가 70%를 上廻하였다.

特殊撮影에서는 IVP시의 管電壓은 71kVp~80kVp가 65%, 管電流는 100mA~200mA가 62%이며, 膀胱撮影은 管電壓 71kVp~80kVp 사이가 66%, 管電流 100mA~200mA 사이가 69%였다. 子宮卵管造影術(IVP)은 管電壓 65kVp~75kVp가 67%, 管電流 100mA~200mA가 85%를 차지하였다. 腹部單純撮影(simple abdomen)의 管電壓은 60kVp~70kVp가 50%, 76kVp~80kVp가 33%의 分布를 보이고 있으며, 管電流는 全施設에서 100mA~200mA로 나타났다. 그리고 Encephalography시의 管電壓은 A-Pview 70kVp 以下에서 29%, 80kVp 以下가 57%, lateral view는 70kVp 以下 50%, 80kVp以下 50%의 現狀이다. 管電流는 100mA~200mA 사이가 80%를 上廻하였다.

心血管造影術에서의 管電壓은 A-P view와 lateral view에서 各 80 kVp 以下가 75%로 나타났다. 骨盤計測時의 管電壓은 A-P view에서 76kVp~85kVp사이가 75%, lateral view는 81kVp~100kVp 사이가 75%였으며 管電流는 A-P view에서 200mA~300mA가 81%, lateral view는 100mA~200mA 사이가 75%를 차지하였다.

6. 格子와 增感紙의 使用 現狀

格子와 增感紙는 X線 檢査에서는 全 撮影部位에 對해 거의 必須的으로 使用하고 있는 映像媒體이다. 따라서 이와같은 映像媒體의 使用 結果에 따라 畫質의 良否와 患者被曝線量의 增減에 깊은 關聯이 있으므로 그 現狀을 把握하는 것은 대단히 重要하다고 본다.

附錄3은 對象 醫療機關 170個 施設에서의 양케트 調査 結果이다. 格子는 全 撮影部位에서 8:1의 格子를 가장 많이 使用하였으며, 成人 胸部 撮影에서도 格子比는 8:1이 67.6%이며 10:1은 17.6%, 12:1은 10%, 15:1은 4.71%에 不過 하였다. 被曝線量의 輕減을 위하여 X線 裝置의 定格 增大와 短時間 露出, 使用 管電壓에 對한 적합한 格子比의 使用 等の 問題가 提起되고 있다. 胸部高壓撮影X線裝置의 定格은 最大 管電壓 150kVp, 最大管電流 500mA 以上の 것이 勸獎된다.

이와 같은 定格의 範圍에 있는 X線 裝置는 國產 maker에 依해 製作된 製品으로서 充分한 出力을 얻을 수 있는 性能管理가 이루어져야 한다. 大部分의 放射線士들은 maker에서 設定한 格子의 信賴度에 疑問을 提起하고있는 現狀이었다. 脊椎와 骨盤部 等の 部位撮影에 比해서 더욱 低管電壓의 撮影인 四肢 撮影에서도 格子比 8:1의 使用은 畫質 管理와 線量管理를 위한 側面에서 考慮되어야 할 것으로 생각된다.

增感紙의 使用現狀에서도 全 撮影部位에서 CaWO₄系 高感度 增感紙가 60% 以上을 차지하고, 稀土類系 增感紙는 約 20%에 不過하였다.(附錄3,4參照) 이와 같은 現狀은 X線 film 使用에서도 增感紙 system과 같이 非整色性 高感度 film이 主流를 이루고 있으며 整色性 film은 增感紙의 交替와 함께 代替될 것으로 사료된다.

V. 考 察

放射線의 被曝은 恒常 危害를 同伴하고 있으므로 이에 對한 對策이 重要한 課題이다. 一般적으로 放射線에 依한 影響은 確率的 影響과 決定論的 影響으로 區分하여 說明하고 있으나 診斷用 X線 照射에 依한 危害 發生은 決定論的 影響의 比重이 크다고 볼 수 있다. 그러나 確率論的 影響에 依한 危害가 전혀 없다고 볼 수 없다. 이와 같이 診斷用 放射線에 依한 危害는 放射線을 使用하는 初期부터 發生되어 1920年代부터 本格的으로 放射線 關聯 從事者와 患者에게 照射하는 線量을 論議하게 되었다.

放射線에 依한 患者 診斷時에 患者에 對한 照射線量의 限界값은 國際放射線防禦委員會(ICRP)나 原子力 法規에서는 定하여 勸告하고 있지 않으나 國際放射線防禦委員會의 勸告案 26에서는 放射線 防禦의 基本原則인 行爲의 正當化, 防禦의 最適化 및 照射하는 線量의 最少化에 符合되는 方法을 擇하여 使用하는 것을 基本原則으로 하고 있다.

이와 같은 原則의 實現을 위해서 放射線 安全管理規則에서는 患者의 照射部位에 對한 最少 X線 照射野를 使用하도록 勸告하고 照射線量의 再現性 및 直線性 檢査등을 診斷用 放射線 裝置管理에서 強力히 要求하고 있다. 그러나 各國에서는 이와 같은 管理의 以外에도 X線 撮影檢査時에 患者의 皮膚에 入射되는 線量의 最大線量값을 勸告하고 있으며 또한 特別한 경우에는 皮膚照射線量을 測定記錄·保存하도록 規定하고 있다.

이와 같은 趨勢는 世界各國으로 擴散되어 가고 있는 것이 現實이다. 折戶는 1996年の 報告에서 放射線 被曝을 隨伴하는 것은 醫師와 放射線士에게 모든 責任이 있다고 하였다.

즉 行爲의 正當化는 診療의 現場에서는 臨床判斷에 따르며 이것은 醫師의 判斷이 重要한 役割이 되며, 防禦의 最適化는 醫師와 放射線士의 兩 職種이 重要하게 關係된다. 特히 放射線 診斷 가운데 檢査 件數가 가장 많은 單純撮影檢査는 主로 放射線士가 擔當하는 分野이며 防禦의 最適化는 반드시 이루어져야 한다. 이것은 보다 많은 情報量을 가지는 X線 映像의 作成과 被曝線量의 減少 效果등 두 가지 目的 達成에 符合되는 것이다.

우리 나라는 1986年 李의 研究報告書에서 全體人口의 48.8%가 一年에 1回의 X-線 撮影檢査를 實施하고 있으며 이 가운데서도 胸部直接撮影 및 間接撮影, 頭部·腹部·腰部, 骨盤部 等の 撮影이 全體檢査의 81.5%를 차지하고 있는 것으로 報告되었다.

이와 같은 觀點에서 본다면 放射線 檢査에서 X線 撮影檢査가 主된 檢査이므로 患者의 被曝線量 輕減은 重要한 課題이다. 이러한 課題의 接近을 위해서는 먼저 診斷用 X線 裝置의 性能管理와 影像媒體의 改良 및 撮影 條件의 標準化가 이루어져야 한다. 撮影條件의 標準化는 最小限의 線量으로서 最大의 畫質效果를 얻는 것이 目的이다. 이와 같은 努力의 한가지로서 美國에서는 이미 1947年頃부터 患者 두께를 基準으로 美國式 撮影條件表가 作成되었으며 韓國은 이 表를 中心으로 X線撮影이 施行되어 왔다.

또한 X線 撮影條件表의 作成을 위해서 Dupont社에서 代數率法의 Bit system이 開發되었으며 siemens社에서도 「Siemens」法을 開發하여 撮影條件表를 作成한바 그 原理는 Bit System法과 算出方法에 큰 差異가 없었다.⁽¹¹⁾⁽¹²⁾ 그러나 韓國에서는 單相 2pulse X線診斷裝置가 主流를 이루어 왔으므로 Maker에서 作成한 撮影條件表에 依存해 왔다. 最近에는 大學病院單位의 大型醫療施設에서는 Inverter式 X線診斷 裝置로의 機種이 바뀌고 있어서 여기에 符合되는 撮影條件의 標準化도 當面 課題이다.

本調査를 施行하면서 單位病院의 規模와 施設에 差異가 있고 X線診斷裝置의 機種과 定格의 多樣性으로 因해서 撮影條件設定의 不正確性을 認定하면서 여기서 露出되는 問題點을 把握하고 認識하는 側面을 考慮하였다. 患者에 對한 被曝線量의 測定을 위하여 該當 施設의 訪問에서는 撮影部位別로 照射線量에 對해서 放射線科醫師, 放射線士의 關心度가 깊었다. 그 理由는 再撮影時에 患者에 對해서 適切한 說明의 data가 必要하고 X線 診斷裝置의 機種과 感光媒體의 變更時에 撮影條件表 作成에 對한 基本 data確保라는 必然性에서 였다.

韓國에서의 撮影 部位別로 본 1回 撮影當의 平均照射線量은 國際原子力機構(IAEA)guidance level에 適用하고자 患者皮膚表面入射線量을 測定하였다. 全 部位別로 보면 IAEA에서 勸告하는 限界線量을 超過하는 例는 없었다. X線診斷裝置의 整流system別, 比較는 2倍以上의 線量差異를 나타내고 있다. 이와같은 現狀은 CaWO_4 系 增感紙를 使用하는 單相2pulse 整流 system에 比해서 稀土類系增感紙 사용의 3相 inverter system은 거의 1/2의 線量減少現狀을 보였다.

最近 增感紙의 種類가 多樣化되고 高感度化하여 選擇의 幅이 넓어졌으며 특히 稀土類 增感紙와 ortho type film의 combination은 CaWO_4 系 system보다 臨床에서 被曝線量은 1/2~1/3로 輕減시킨다고 하는 理論과 符合되고 있다. 그러나 高畫質 技術의 象徴인 CR專用 3相 inverter system에서는 低管電壓 撮影으로서 다른 機種 system보다 線量增加의 現狀이 顯著하였다.

이와 같은 現狀은 增感紙 代身 IP(Imaging Plate)를 使用하는 特性으로서 Sensitivity, Latitude 등의 關連 因子에 對한 改良이 課題라고 생각한다. 이에대한 研究는 高電壓·短時間 撮影技術의 改善과 IP plate의 特性, 醫師의 畫像讀影技術向上을 中心으로 繼續되고 있다. 특히 胸部撮影에서는 管電壓 120kVp 이상의 高壓撮影을 하는 施設은 23.1%에 不過하고 管電壓 90kVp 以下の 低壓撮影을 하는 施設은 48%에 이르고 있으므로 이에 對한 X線 診斷裝置의 出力定格增大와 技術의 改善이 要求되고 있다.

胸部撮影은 高壓撮影에 必要한 充分한 定格을 出力시킬 수 있는 system이어야 한다. X線診斷裝置의 出力 energy는 單相 2pulse system에 比해서 3相 12pulse 및 inverter type system에서는 同一管電壓에서 10kV 以上の 높은 energy를 發生하므로 同一管電壓으로 撮影하면 後system은 前system에 比해 被曝線量을 크게 減少시킬 수 있다. 더우기 胸部撮影에서는 다른 部位와 달라서 吸收差가 큰 肺野와 縱隔(mediastinum) 등이 包含되고 一枚의 寫眞에 全體를 苗出시키기 위해서는 高管電壓撮影의 方向으로 나아가야한다.

위에서 조사한 바에 의하면 稀土類系 增感紙 system의 高管電壓 撮影에서는 CaWO_4 系 system에 比해서 約5倍의 線量輕減要因이 있으므로 inverter式 X線診斷裝置와 稀土類 增感紙system으로서 代替가 要求된다.

古賀, 折戶는 日本의 data에서 軀幹部에서 가장 撮影 回數가 많은 胸部撮影 P-A view를 高管電壓撮影과 一般撮影으로 區分해서 施行하고 어느 경우에서도 標準感度增感紙를 使用한다고 하였다.⁽¹³⁾ 韓國은 約 60%의 施設에서 CaWO_4 系 高感度增感紙를 使用하고 標準感度增感紙의 使用은 20%에 不過하였다. 이와 같은 增感紙의 無分別한 選擇과 使用은 放射線士들의 增感紙 system 特性을 相對感度, 鮮銳度, 粒狀度, 對照度 등의 綜合的인 畫質關與因子들을 考慮하지 않고 被曝線量과 感度の 相關關係를 지나치게 執着한 要因으로 分析되어진다.

그리고 四肢撮影과 頭蓋部撮影 및 特殊撮影을 包含하여 大部分 高感度增感紙의 使用은 綜合的인 畫質을 考慮하여 向後로는 撮影部位別로 適合한 增感紙 system의 使用을 勸奨한다.

附錄 3의 格子使用의 分布에서도 나타낸 바와 같이 撮影條件과 被曝線量을 增加시키게 되나 高管電壓 撮影에서는 散亂線除去와 畫質의 向上에 有利하다. 그러나 格子使用에 依한 撮影條件의 增大와 患者의 被曝線量이 增加된다는 事實을 考慮해야한다. 本 調査에서는 管電壓에 따른 適合한 格子比의 使用보다는 低管電壓에서 比較的 格子比가 높은 8:1 格子를 使用하고 있어 露出倍數가 많아져 被曝線量이 增大되었다고 본다. 따라서 X線 撮影時에 患者의 被曝線量을 減少시키기 위해서는 X線診斷裝置와 system의 特性을 考慮하여 可能한 範圍에서 高感度增感紙의 使用과 格子比가 낮은 格子에서부터 適切한 格子比의 것을 選定해서 使用할 것이다.

우리 나라에서는 지금까지 X線撮影時에 患者의 被曝線量管理를 위한 分析 data가 不足하여 ICRP에서 報告되거나 美國의 皮膚入門線量(entrance skin exposure guides)에 限定하고 있다. 1987年度 鈴木의 報告에서는 患者被曝線量の 減少와 畫質向上을 爲하여 技術的인 問題의 解決은 映像記錄系의 新製品의 登場에 있다고 하였다.⁽¹⁴⁾ 大出力의 X線과 線質이 더욱 向上된 inverter式 X線 裝置의 開發과 普扱 그리고 CR 映像 system, CCD camera, II tube, phototimer, 稀土類系 增感紙의 凡用化를 위하여 system들의 適正한 combination과 撮影條件의 標準化가 반드시 이루어져야 한다. 特히 撮影條件의 設定을 위하여서는 各 X線診斷裝置의 同一機種과 映像媒體 (image media) system에 對한 program의 開發이다.

이와 같은 目的의 達成을 위하여 本 data는 X線診斷裝置의 system別로 標準撮影條表의 作成하였으며, 나아가 患者被曝線量の 輕減을 위한 reference data로서 活用을 期待한다. 한편 向後 定期的인 follow up study를 通하여 長期的인 變化의 推移를 追跡하고자 한다.

VI. 結 論

韓國에서의 X線 診斷時의 撮影條件 및 患者被曝線量の 輕減에 關係하는 因子의 調査 分析을 위하여 200施設에 對한 앙케트 調査에서 170施設, 85%의 回答率을 얻었다. 被曝線量の 推定을 위하여, 50施設에서 撮影部位別로 露出 條件에 對한 入射表面線量を 測定하여 1회 撮影時의 平均線量を 算出하고, 撮影 因子別로 線量 減少의 要因을 比較한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 撮影部位別의 入射表面線量은 IAEA에 guidance level 以下の 分布를 보이고 있다.
2. 撮影 條件의 標準化는 X線 診斷裝置 및 映像記錄係에 對한 品質保證計劃의 program 設定이 必要하였다.
3. 韓國과 日本의 主된 撮影部位別에 對한 線量比는 대체적으로 큰 差異가 없었다.
4. X線 診斷裝置의 整流 system 따른 撮影部位別 線量比는 稀土類 增感紙 使用의 3相 inverter system 에 比해서 其他의 整流 system에서는 約 2倍의 增加 現狀이 나타났다.
5. 同一 整流 system에서도 撮影部位別의 線量比는 稀土類 增感紙와 CaWO_4 增感紙의 使用 如否에 따라서 約 2倍~5倍의 差異로서 線量增減 現狀은 顯著하였다.

6. 管電壓과 管電流의 分布는 撮影部位別로 偏差가 크게 나타났으며 胸部撮影에서는 高電壓 撮影이 23.1%에 不過하여 X線 診斷裝置의 最大 定格의 增大가 要求되었으며, 撮影距離는 180cm의 胸部撮影을 除外하고 全 撮影部位에서 100cm로 나타났다.
7. 格子의 使用 現狀은 胸部 高壓撮影에서 10:1, 12:1, 15:1의 格子比, 其他 撮影에서는 5:1~8:1의 格子比로 나타났으나, 撮影部位別로 適正한 格子比가 選擇되지 않았다.
8. 增感紙의 使用現狀은 CaWO₄系의 高感度 增感紙가 67%, 標準感度 增感紙 및 低感度 增感紙 11%, 稀土類 增感紙는 21%로 나타났다.

〈感謝의 글〉

本 調査研究를 遂行함에 있어서 앙케트 設問紙의 作成과 X線撮影裝置의 線量測定에 協力하여 주신 各級醫療機關(大學病院, 國公立綜合病院, 法人病院, 醫院, 保健所, 保險會社, 健康診斷 Center)의 放射線關係人士 여러분에게 깊은 感謝를 드리며, 論文이 完成되기까지 아낌없는 志願과 指導를 해주신 信興大學 放射線科의 權達觀 教授님, 金興泰 教授님 資料의 調査와 處理에 獻身的으로 協力한 同僚와 후배들, 最新의 線量計測器를 提供해 주신 二來企業(株) 金世源 社長님께 深深한 感謝를 드립니다.

〈參考文獻〉

- 1) IAEA SAFETY NO, 115-1 : International Basic Safety Standards for Protection Against Ionization Radiation and for the Safety of Radiation Source, IAEA VIENNA, 1994.
- 2) 大韓放射線士協會 : 會員名簿, 大韓放射線士協會,(1995)
- 3) Solidose 300 manual 95052411. 10 : USER'S MANUAL, RTI Electronics AB, Sweden, 1995
- 4) 折戶武郎 : 我カ"國의 醫療被曝と IAEA カ"イタ"ンス しへ"ル, コニカ X-レイ寫眞研究 No, 2341 Vol. 47 No, 5 (1996)
- 5) 李海龍外 9名 : 醫療用放射線에 의한 國民危害評價에 관한 研究 國立保健院報, 32(2), 552-561, (1995)
- 6) ICRP Publ, 26 : Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, (1997)
- 7) 安商暉外 3名 : 診斷用 X線裝置에 관한 調査(III), 國立保健院報 第18卷, (1981)
- 8) ICRP : The evaluation of risk from radiation, ICRP Report 8, Pergamon Press (1977)
- 9) ICRP : Protection against ionizing radiation from external sources used in medicine, ICRP Report 33, (1982)
- 10) 李海龍外 5名 : 醫療用 放射線에 의한 國民被曝線量測定(V) 國立保健院報 第24卷, 815-830, (1987)
- 11) Dupont : Bit system의 촬영조건결정법, Dupont사
- 12) 米田功 : Bit法에 의한 實効線量當量의 推定, 日本放射線技師會 雜誌, 37(6) : 574, (1990)
- 13) 折戶武郎 : 日本에 있어서 X線診斷時의 放射線防護에 대한 現時點, 全國春季學術大會 演題集, 大韓放射線士協會 (1987)
- 14) 鈴木昇一外 6名 : X線撮影技術과 患者被曝線量의 推移, 映像情報 Medical, vol 22, No.6 (400)(1990)

附錄 1. 撮影部位別 最大・最小 撮影條件에 依한 入射表面線量

附錄 1-a. Upper extremity and lower extremity

Part position		kVp	mA	Sec	Exposure dose (mGy)
Hand P-A	Max.	54	300	0.1	0.053
	Ave.	46.4	115.3	0.073	0.041
	Min.	36	50	0.013	0.021
Forearm A-P	Max.	58	300	0.14	0.101
	Ave.	50.1	124.6	0.079	0.071
	Min.	43	50	0.016	0.030
Humerus(A-P, lat)	Max.	62	300	0.4	0.116
	Ave.	55.6	116.1	0.093	0.092
	Min.	48	50	0.012	0.041
Elbow A - P	Max.	58	300	0.14	0.112
	Ave.	50.0	117.9	0.085	0.077
	Min.	45	50	0.016	0.035
Knee A - P	Max.	64	500	0.2	0.221
	Ave.	57.5	124.0	0.087	0.012
	Min.	46	50	0.01	0.052
Femur A - P	Max.	84	500	0.4	1.594
	Ave.	67.6	168.7	0.143	0.517
	Min.	54	50	0.02	0.079
Leg (A-P, lat)	Max.	78	500	0.8	0.140
	Ave.	56.7	157.3	0.108	0.101
	Min.	45	50	0.0125	0.046
Foot (A-P, lat)	Max.	56	300	0.8	0.076
	Ave.	60.0	128.1	0.084	0.055
	Min.	40	50	0.012	0.023

附錄 1-b. Thorax and Spine

Part position		kVp	mA	Sec	Exposure dose (mGy)
Chest P - A	Max.	140	500	0.4	0.263
	Ave.	106.9	246.4	0.074	0.114
	Min.	52	50	0.008	0.037
Chest lateral	Max.	140	480	1.0	1.239
	Ave.	113.3	239.6	0.197	0.650
	Min.	70	50	0.017	0.233
Ribs	Max.	96	500	1.0	1.668
	Ave.	75.1	244.4	0.231	0.859
	Min.	53	100	0.032	0.369
Cervical spine A-P	Max.	85	500	0.8	0.907
	Ave.	71.6	234.0	0.125	0.625
	Min.	50	100	0.01	0.288
Thoracic spine A-P	Max.	90	500	1.0	4.683
	Ave.	73.8	232.1	0.221	1.667
	Min.	66	100	0.04	0.646
Thoracic spine lat.	Max.	94	500	1.0	6.334
	Ave.	81.7	234.8	0.331	2.552
	Min.	64	100	0.0125	0.286
Lumbar spine A-P	Max.	95	500	1.0	4.932
	Ave.	79.4	238.2	0.218	1.963
	Min.	64	100	0.05	0.707
Lumbar spine lat.	Max.	104	800	2.0	5.949
	Ave.	91.3	240.2	0.584	3.375
	Min.	72	100	0.1	1.680
Pelvis A - P	Max.	95	500	1.0	1.469
	Ave.	75.8	229.1	0.196	0.961
	Min.	63	100	0.004	0.050
Chest A-P (1years ↓)	Max.	78	500	0.2	0.139
	Ave.	62.1	304.5	0.054	0.068
	Min.	42	100	0.003	0.026
Chest A-P (7years ↓)	Max.	92	700	0.12	0.337
	Ave.	62.9	261.2	0.051	0.116
	Min.	46	100	0.004	0.028

附錄 1-c. Special study

Part position		kVp	mA	Sec	Exposure dose (mGy)
IVP	Max.	94	400	0.4	1.778
	Ave.	82.1	267.6	0.215	1.045
	Min.	68	100	0.015	0.296
Bladder	Max.	94	400	0.3	2.131
	Ave.	77.4	267.6	0.215	1.692
	Min.	65	100	0.02	0.577
HSG	Max.	122	300	0.25	
	Ave.	55.0	190.0	0.123	
	Min.	65	100	0.08	
Abdomen	Max.	80	300	0.25	
	Ave.	72.3	200.0	0.202	
	Min.	63	100	0.1	
Encephalography A-P	Max.	82	300	1.0	
	Ave.	76.6	214.3	0.279	
	Min.	66	100	0.1	
Encephalography lateral	Max.	80	300	0.25	
	Ave.	71.8	200.0	0.153	
	Min.	63	100	0.1	
Cerebral angiography A-P	Max.	100	400	0.2	
	Ave.	92.8	285.6	0.153	
	Min.	68	100	0.04	
Cerebral angiography lateral	Max.	92	400	0.2	
	Ave.	86.4	266.4	0.138	
	Min.	65	100	0.025	
Angio cardiography A-P	Max.	100	1200	0.2	
	Ave.	74.2	416.4	0.109	
	Min.	57	100	0.013	
Angio cardiography lateral	Max.	100	1200	0.25	
	Ave.	84.3	515.5	0.114	
	Min.	60	200	0.03	
Pelvic metery A-P	Max.	90	400	2.0	
	Ave.	79.5	279.0	0.302	
	Min.	67	200	0.036	
Pelvic metery lateral	Max.	100	400	4.0	
	Ave.	91.5	239.5	0.632	
	Min.	78	100	0.048	

附錄 1-d. Cranial and Facial bone

Part position		kVp	mA	Sec	Exposure dose (mGy)
Skull A - P	Max.	82	500	0.5	1.660
	Ave.	81.3	270.6	0.239	1.636
	Min.	63	100	0.04	0.441
Skull lateral	Max.	75	500	0.3	1.507
	Ave.	72.4	264.7	0.213	1.313
	Min.	60	100	0.04	0.411
Town's method	Max.	90	500	0.5	1.903
	Ave.	84.8	261.1	0.218	1.811
	Min.	67	100	0.04	0.401
Water's method	Max.	90	500	0.8	2.423
	Ave.	84.32	261.8	0.295	2.259
	Min.	70	100	0.08	0.583

附錄 1-e. Fluoroscopy

Part position		kVp	mA	Sec	Exposure dose (Gy)
U.G.I	Max.	85	300	0.2	
	Ave.	80.3	273.3	0.147	
	Min.	72	200	0.04	
Colon study	Max.	87	200	0.3	
	Ave.	78.6	112.5	0.22	
	Min.	72	100	0.12	

附錄 2. 單相 2pulse system에 exposure factor 變化時에 相對線量比

附錄 2-a. Upper extremity and lower extremity(Unit mGy)

part position	exposure factors		A		B		C		D	
Hand P - A	1.0	(0.019)	1.0	(0.019)	1.9	(0.036)	2.5	(0.046)		
Forearm A - P	1.0	(0.034)	0.8	(0.027)	1.7	(0.057)	2.3	(0.077)		
Humerus(A - P, lat)	1.0	(0.057)	0.6	(0.036)	1.1	(0.061)	2.3	(0.132)		
Elbow A - P	1.0	(0.050)	0.7	(0.036)	1.2	(0.061)	1.5	(0.075)		
Knee A - P	1.0	(0.071)	0.6	(0.043)	1.9	(0.136)	1.8	(0.128)		
Femur A - P	1.0	(0.174)	2.9	(0.496)	2.8	(0.492)	1.1	(0.189)		
Leg (A - P, lat)	1.0	(0.057)	0.8	(0.040)	2.0	(0.116)	2.2	(0.127)		
Foot (A - P, lat)	1.0	(0.026)	0.9	(0.024)	2.8	(0.074)	2.3	(0.059)		
relative exposure ratio	1.0		1.04		1.92		2.0			

附錄 2-b. Thorax and spine(Unit mGy)

exposure factors part position	A (CaWO ₄ screen)		B (rare earth screen)		C (CaWO ₄ screen)		D (CaWO ₄ screen)	
Chest P - A	1.0	(0.124)	0.4	(0.054)	2.1	(0.261)	0.3	(0.037)
Chest lateral	1.0	(0.490)	3.4	(1.657)	4.0	(1.981)	0.4	(0.214)
Chest P-A(~1years)	1.0	(0.027)	2.1	(0.056)			2.7	(0.072)
Chest P-A(~7years)	1.0	(0.051)	0.7	(0.035)			1.0	(0.053)
Ribs	1.0	(1.004)	0.5	(0.496)	1.1	(1.105)	0.9	(0.905)
C-spine A-P	1.0	(0.283)	1.2	(0.329)	2.1	(0.595)	3.8	(1.064)
T-spine A-P	1.0	(0.805)	0.9	(0.711)	1.5	(1.226)	2.3	(1.869)
T-spine lateral	1.0	(2.307)	0.8	(1.839)	1.3	(3.043)	2.2	(5.157)
relative exposure ratio	1.0		1.25		2.02		1.7	

A : Thoshiba DC-15KB, B : Thoshiba KOX-15R, C : HD 500-125, D : Hitachi 500-150

附錄 2-c. Cranial bone and facial bone(Unit mGy)

exposure factors part position	A		B		C		D	
Skull A - P	1.0	(0.572)	1.2	(0.698)	2.2	(1.262)	2.6	(1.513)
Skull lateral	1.0	(0.407)	1.5	(0.605)	3.2	(1.306)	3.2	(1.288)
Town's method	1.0	(0.723)	0.9	(0.685)	2.2	(1.584)	2.3	(1.697)
Water's method	1.0	(1.016)	0.96	(0.973)	1.6	(1.587)	2.1	(2.118)
relative exposure ratio	1.0		1.1		2.3		2.6	

A : Thoshiba DC-15KB, B : Thoshiba KOX-15R, C : HD 500-125, D : Hitachi 500-150

附錄 3. Status of grid

grid ratio Parts	5:1		6:1		8:1		10:1		12:1		15:1	
		%		%		%		%		%		%
Chest (adults)					115	67.6	30	17.6	17	10.0	8	4.7
Chest (~1year)			20	11.8	110	64.7	15	8.8	25	14.7		
Chest (~7year)			10	5.9	119	70.0	22	12.9	19	11.2		
Rib	2	1.2	6	3.5	149	87.6	13	7.6				
T-spine	4	2.4	7	4.1	145	85.3	14	8.2				
L-spine	3	1.8	5	2.9	155	91.2	4	2.4	3	1.8		
Pelvis	15	8.8	7	4.1	134	78.8	10	5.9	4	2.4		
Femur	32	18.8	66	38.8	72	42.4						
Hip joint(children)			34	20.0	128	85.3	8	4.7				
Abdomen			8	4.7	134	78.8	14	8.2	14	8.2		
Pelvic metery					136	80	34	20.0				

(170 facilities)

附錄 4. Status of intensifying screen

Screen		LS	MS	HS	G-3	G-4	G-8
Chest (adults)			35	100	26	9	
	%		(20.6)	(58.8)	(15.3)	(5.3)	
Chest (~1years)		17	8	102		43	
	%	(10.0)	(4.7)	(60.0)		(25.3)	
Chest (~7years)		17		110		43	
	%	(10.0)		(64.7)		(25.3)	
Rib		8	34	102		26	
	%	(4.7)	(20.0)	(60.0)		(15.3)	
T-spine			8	128		34	
	%		(4.7)	(75.3)		(20.0)	
L-spine			12	112		37	9
	%		(7.0)	(65.9)		(21.8)	(5.3)
Pelvis			16	128		26	
	%		(9.4)	(75.9)		(15.3)	
Femur			9	129		32	
	%		(5.3)	(75.9)		(18.8)	
Foot			10	134		26	
	%		(5.9)	(78.8)		(15.3)	
Hip joint (childrens)		26	9	102		33	
	%	(15.3)	(5.3)	(60.0)		(19.4)	
Abdomen		9	17	111		33	
	%	(5.3)	(10.0)	(65.3)		(19.4)	
Pelvic metry			26	101		43	
	%		(15.3)	(59.4)		(25.3)	

※ FS : fine speed screen (Cawo4)

MS : medium speed screen

HS : high speed screen

G-3 : rare earth scree

G-4 : rare earth screen

G-8 : rare earth screen