

10 モンテカルロ計算による X 線撮影時の実効線量の算出

埼玉県立小児医療センター

○榎戸 義浩 織部 祐介 小島 英之 田中 宏
藤田 茂 原田 昭夫 松田 幸広

【目的】

東日本大震災による原発事故の影響を受け X 線撮影等による医療被ばくが問題になっている。今回モンテカルロシミュレーション手法を用いて実効線量計算ソフトを使用する機会を得たので、当センターにおける小児撮影に於ける実効線量を算出したので報告する。

【方法】

1. X 線撮影のシミュレーションは PCXMC (PC program for X-ray Monte Carlo) を用い、各設定条件を入力し臓器線量から実効線量を求めた。
2. CT のシミュレーションは ImPACT CT (Imaging Performance Assessment of CT Scanners) を用い、各設定条件を入力し臓器線量から実効線量を求めた。

【結果】

表 1：胸部撮影での実効線量

撮影部位	Kvp(実効管電圧)	mAs	撮影体位	実効線量 (mSv)	実効線量比 各年齢/成人
胸部(0才)(Air Gap)	90	2.01	PA	0.01099	0.229
胸部(0才)(Air Gap)	92	4.0	RL	0.02649	0.287
胸部(0才)(Grid)	100	2.01	PA	0.01450	0.302
胸部(0才)(Grid)	100	4.0	RL	0.03260	0.354
胸部(1才)(Air Gap)	90	2.27	PA	0.00988	0.206
胸部(1才)(Air Gap)	94	4.48	RL	0.02652	0.288
胸部(1才)(Grid)	100	2.27	PA	0.01326	0.276
胸部(1才)(Grid)	100	4.48	RL	0.03111	0.337
胸部(5才)(Grid)	100	2.27	PA	0.01285	0.268
胸部(5才)(Grid)	100	5.12	RL	0.03049	0.331
胸部(10才)(Grid)	100	2.56	PA	0.01343	0.280
胸部(10才)(Grid)	100	5.76	RL	0.03137	0.340
胸部(15才)(Grid)	100	4.48	PA	0.02260	0.471
胸部(15才)(Grid)	100	8.96	RL	0.04245	0.460
胸部(成人)(Grid)	100	7.04	PA	0.04009	0.835
胸部(成人)(Grid)	100	14.40	RL	0.07144	0.775
医療被ばくマニュアルでの成人胸部正面の実効線量				0.0480	1.0
医療被ばくマニュアルでの成人胸部側面の実効線量				0.0922	1.0

当院の胸部 0 才・1 才の撮影では、Air Gap 法を用い撮影を行い、実効線量の減少に努めている。X 線管球に Al フィルター厚 3.7mm を使用し、臓器吸収線量を抑え、実効線量を低くしている。成人の標準実効線量 (医療被ばく説明マニュアルから抜粋) と当院の成人の実効線量には、1 割 7 分から 2 割 3 分の減少が見られた。

表 2：X 線透視装置での実効線量

検査項目		上部消化管		年齢		2 歳			
撮影条件				Focus-Skin Distance					
回数	Kvp	mA	msec	mas値	角度	照射野	実効線量(mSv)		
1	69	125	5.1	0.6375	0	8×16	0.003736		
2	69	125	4.6	0.575	0	8×16	0.003370		
3	67	125	4.3	0.5375	90	8×16	0.003164		
4	66	125	3.7	0.4625	90	8×16	0.002573		
5	67	125	5.3	0.6625	45L	8×16	0.002996		
6	71	125	5.7	0.7125	45R	8×16	0.003861		
7	71	125	5.7	0.7125	0	8×16	0.004641		
8	71	125	5.7	0.7125	0	16×16	0.00724		
				40.1	5.0125		0.031581		
透視条件				実効線量(mSv)					
回数	Kvp	mA	透視時間(sec)	ルス時間(ms)	ルス数(F/14)	mas値	角度	照射野	実効線量(mSv)
1	75	0.1	35	4	7.5	0.105	0	16×16	0.001032
2	75	0.1	13	4	7.5	0.039	0	8×16	0.003110
3	77	0.1	6	4	7.5	0.018	0	8×16	0.000158
4	76	0.1	20	4	7.5	0.06	90	8×16	0.000560
5	70	0.1	15	4	7.5	0.045	45L	8×16	0.000240
6	80	0.1	6	4	7.5	0.018	0	8×16	0.000181
7	82	0.1	5	4	7.5	0.015	0	8×16	0.000164
8	78	0.1	1	4	7.5	0.003	0	16×16	0.000043
				101		0.303			0.005488
				撮影+透視		実効線量(mSv)		0.037069	0.0112
				医療被ばくマニュアルでの成人上部消化管の実効線量(mSv)				3.10	1.0

上の図は島津 Safire 装置での 2 才の上部消化管検査における撮影・透視での実効線量の内訳です。Cu フィルター、0.1mA 透視、7.5Flame/sec、撮影照射野の適正化により、成人の 1.12% 程度の実効線量に抑えられていた。

表 3：CT 検査での実効線量

撮影部位	年齢	Scan Phantom	管電圧 (Kvp)	管電流 (mA)	Rotation Time(sec)	Spinal pitch	Collimation(mm)	実効線量 (mSv)	実効線量比 各年齢/文獻成人値
脳単純	未熟児	Head	120	230	1.0	1.0	12X1.2mm	2.94	1.230
脳単純	1~10歳	Head	120	300	1.0	1.0	12X1.3mm	2.63	1.096
脳単純	11歳~	Head	120	320	1.0	1.0	12X1.4mm	1.68	0.700
医療被ばくマニュアルでの脳単純成人の実効線量								2.40	1.0
胸部	0~10歳	Body	120	100	0.5	1.0	64X0.6mm	2.88	0.533
胸部	11歳~	Body	120	140	0.5	0.9	64X0.6mm	2.10	0.388
医療被ばくマニュアルでの胸部検査成人の実効線量								5.40	1.0
腹部	0~1歳	Body	80	200	0.5	1.2	64X0.6mm	1.49	0.317
腹部	1~10歳	Body	100	200	0.5	1.2	64X0.6mm	2.24	0.476
腹部	11歳~15歳	Body	100	300	0.5	0.8	64X0.6mm	1.88	0.357
腹部	15歳~	Body	120	300	0.5	0.8	64X0.6mm	2.84	0.604
医療被ばくマニュアルでの腹部検査成人の実効線量								4.70	1.0
心臓・冠動脈3D	0~5歳	Body	80	500	0.3	0.25	64X0.6mm	3.15	0.225
心臓・冠動脈3D	5~10歳	Body	100	500	0.3	0.3	64X0.6mm	5.59	0.399
心臓・冠動脈3D	11~15歳	Body	120	500	0.3	0.35	64X0.6mm	4.52	0.323
医療被ばくマニュアルでの心臓検査成人の実効線量								14.00	1.0
大血管(胸腹部)	0歳	Body	80	180	0.5	0.95	64X0.6mm	3.61	0.278
大血管(胸腹部)	1~10歳	Body	100	180	0.5	1.2	64X0.6mm	5.18	0.398
大血管(胸腹部)	11歳~15歳	Body	120	300	0.5	0.9	64X0.6mm	7.25	0.558
医療被ばくマニュアルでの大血管検査成人の実効線量								13.00	1.0

CT の実効線量は成人に比べて低いが、頭部にに関しては小児の CNR が低いため、線量の低減が出来ないので実効線量が高かった。

【考察】

小児撮影では、照射野の設定が被ばくを低減させるポイントであり、低線量で検査を行っているため、非常に小さい実効線量であることを確認した。