

一般撮影におけるローカル診断参考レベル (DRLs) としての労災DRLsとベンチマークドーズ (BDs) の提案

Proposal for Rosai Diagnostic Reference Levels (DRLs) as Local DRLs and Benchmark Doses (BDs) in General Radiography

福田 智哉¹⁾, 渡邊 浩²⁾, 佐藤 努³⁾, 宮副 浩司⁴⁾, 阿部 猛⁵⁾, 佐野 美也子³⁾

1) 独立行政法人労働者安全機構 熊本労災病院 中央放射線部 診療放射線技師 2) 群馬バース大学健康科学部放射線学科 教授
3) 独立行政法人労働者安全機構 横浜労災病院 中央放射線部 診療放射線技師
4) 独立行政法人労働者安全機構 九州労災病院 中央放射線部 診療放射線技師
5) 独立行政法人労働者安全機構 新潟労災病院 中央放射線部 診療放射線技師

Key words: diagnostic reference level, benchmark dose, general radiography, medical exposure

【Abstract】

The goal of this research was to create the most appropriate index dose for optimizing protection against medical exposure in General Radiography. We distributed questionnaires to 34 Rosai hospitals nationwide. The investigation period was from June 2016 to September 2016. The investigated regions were 18 regions in general radiography. The response rate was 91%. Survey results were significantly lower than nationwide survey results (2011) in all regions ($p < 0.01$) (e.g., mean (\pm standard deviation) entrance surface dose in the adult chest was 0.19 ± 0.09 mGy with results from this survey and 0.27 ± 0.35 mGy with nationwide survey results). Entrance surface dose was also significantly lower with a flat panel detector than with computed radiography in 9 regions in results from this survey. Based on these results, we propose Rosai diagnostic reference levels (DRLs) as local DRLs and benchmark doses (BDs).

【要旨】

われわれの目的は、一般撮影の医療被ばくに対する防護の最適化のために、最も適切な線量指標を作成することである。われわれは全国の34の労災病院に調査票を送付した。調査期間は2016年6月から9月までである。調査部位は一般撮影の18部位である。回答率は91%であった。本調査結果は全国調査結果(2011)よりも全ての部位で線量が低かった($p < 0.01$) (例えば成人胸部正面の平均入射表面線量(\pm 標準偏差)は本調査結果が 0.19 ± 0.09 mGyで全国調査結果が 0.27 ± 0.35 mGy)。また本調査結果の9部位ではcomputed radiographyの線量よりもflat panel detectorの線量の方が低かった。われわれは本調査結果に基づいて、ローカルDRLsとしての診断参考レベル(diagnostic reference levels, DRLs)とベンチマークドーズ(benchmark doses, BDs)を提案する。

緒言

放射線検査により患者が受ける放射線被ばく(医療被ばく)線量の最適化は世界的な課題であり、国

Tomoya Fukuda¹⁾, Hiroshi Watanabe²⁾,
Tsutomu Sato³⁾, Kouji Miyazoe⁴⁾, Takeshi Abe⁵⁾,
Miyako Sano³⁾

- 1) Department of Radiological Technology, Japan Organization of Occupational Health and Safety Kumamoto Rosai Hospital, Radiological technologist
- 2) School of Radiological Science, Faculty of Health Science, Gunma Paz University, Professor
- 3) Department of Radiological Technology, Japan Organization of Occupational Health and Safety Yokohama Rosai Hospital, Radiological technologist
- 4) Department of Radiological Technology, Japan Organization of Occupational Health and Safety Kyushu Rosai Hospital, Radiological technologist
- 5) Department of Radiological Technology, Japan Organization of Occupational Health and Safety Niigata Rosai Hospital, Radiological technologist

Received January 7, 2019; accepted August 30, 2019

際放射線防護委員会(international committee of radiological protection, ICRP)や国際原子力機関(international atomic energy agency, IAEA)は医療被ばくの最適化のツールとして診断参考レベル(Diagnostic reference levels, DRLs)を推奨した^{1, 2)}。また医療被ばくの最適化は放射線検査に携わる診療放射線技師にとっても長年の課題であり、公益社団法人日本診療放射線技師会は医療被ばくの最適化に向けて線量低減目標値を2000年に作成し³⁾、2006年に改訂している⁴⁾。しかしながら、放射線検査の一つである一般撮影の受光媒体がフィルムスクリーン系からcomputed radiography (CR)やflat panel detector (FPD)のデジタル装置に変遷するにつれて、撮影線量が増大していると指摘されている⁵⁾。そのような状況の中、2010年に医療被ばく研究情報ネットワーク(japan network for research and information on medical exposure, J-RIME)が発足され、2015年にはわが国で最初のDRLs(以下、Japan DRLs)が策定、公開された⁶⁾。

一般撮影において、2015年に実施された渡邊ら⁷⁾に

よる神奈川県調査（以下、神奈川県調査結果）では、成人胸部正面、成人腹部正面および乳幼児胸部正面の3部位だけではあるものの、Japan DRLs策定の基になった浅田ら⁸⁾による2011年の全国調査結果（以下、全国調査結果）よりも一般撮影の線量は最適化されていることが示された。また渡邊ら⁷⁾は、Japan DRLsはCRとFPDが混在した調査結果を基に策定されているため防護の最適化の指標として課題があり、線量に差が生じる装置ごとのCRとFPDに分けたベンチマークドーズ (benchmark doses, BDs) を提案し、DRLsとBDsの併用を提案した。しかしながら、渡邊ら⁷⁾の調査は上記3部位以外の部位についてはBDsが示されていない。

全国の労災病院に勤務する診療放射線技師で組織した全国労災病院機構技師会（以下、労災機構技師会）においても医療被ばくの防護の最適化に関する活動を行っており、日本職業・災害医学会の第62回大会（2014年、神戸市）においてシンポジウム「医療被ばくを考える」を組むことにより、労災病院全体としての医療被ばくにおける防護の最適化活動の必要性の再確認と取り組みを求めた。また2014年から2016年にかけて労災機構技師会と各地域の労災病院が連携して、一般撮影の線量評価と各施設の比較を行うなどの医療被ばくの防護の最適化の活動を行ってきた。従って全国の労災病院の一般撮影における線量は全国調査結果よりも最適化されている可能性がある。

そこでわれわれは、さらなる医療被ばくの防護の最適化に向けて適切な線量指標を作成すべく、全国の労災病院における一般撮影の線量調査を行ったので報告する。

1. 対象および方法

1-1 対象

対象は全国34施設の労災病院である。

1-2 方法

1-2-1 調査方法および調査部位

一般撮影のJapan DRLsは18部位で示されているため、2016年6月から9月まで、労災機構技師会の学術部より全国の労災病院に依頼し、Japan DRLsと同様の18部位の患者の個人情報を含まない撮影条件のみ（管電圧、管電流×撮影時間（mAs）、焦点-患者皮膚間距離、総ろ過、ターゲット角度）のアンケート調査を行った。調査票は労災機構技師会学術部より全国の労災病院の中央放射線部長宛てに電子メールで送

信し、電子メールで回収した。なお、撮影条件については平均的な患者の撮影条件として回答を求めたが、その際に手法や患者の年齢・性別・身長・体重については求めなかった。

1-2-2 入射表面線量（ESD）の算定

一般撮影の線量指標は一般的に使用される入射表面線量（entrance surface dose, ESD）とし、撮影条件からESDを求める方法はPCXMC ver.2.0^{9, 10)}を用いた。なお、PCXMCには調査して得られた撮影条件を入力してESDを求めた。また後方散乱係数は1.4を用いた。2015年のJ-RIMEによるわが国で初めてのDRLsの報告書には、DRLs運用時の線量算定方法の一つとして紹介されている⁶⁾。

1-3 統計解析

統計解析は福井¹¹⁾のCollege Analysis Ver.6.6を使用した。正規分布している場合は等分散であればt検定を、等分散でなければWelchのt検定を、正規分布でなければWilcoxonの順位和検定を用いた。

2. 結果

アンケート回答数ならびに回答率は、34施設中31施設で91%であった。

一般撮影18部位ごとの平均値、第一四分位点線量、第二四分位点線量（中央値）、第三四分位点線量、最小値、最大値、標準偏差（standard deviation, SD）、最大値/最小値比、変動係数（coefficient of variation, CV）をTable 1に示す。平均ESDおよびSDは、頭部正面が 1.37 ± 0.53 mGy、胸部正面が 0.19 ± 0.09 mGy、腰椎側面が 6.63 ± 3.47 mGy、骨盤正面が 1.56 ± 0.89 mGy、小児胸部正面が 0.13 ± 0.06 mGy、乳幼児胸部正面が 0.10 ± 0.05 mGy、乳幼児股関節が 0.11 ± 0.06 mGyなどであった。

またCRとFPDに分けた受光媒体別の結果をTable 2に示す。頭部正面のCRが 1.53 ± 0.42 mGy、FPDが 1.08 ± 0.54 mGy、胸部正面のCRが 0.21 ± 0.11 mGy、FPDが 0.16 ± 0.05 mGy、腰椎側面のCRが 8.37 ± 3.51 mGy、FPDが 4.79 ± 2.34 mGy、骨盤正面のCRが 1.97 ± 0.93 mGy、FPDが 1.12 ± 0.61 mGy、小児胸部正面のCRが 0.14 ± 0.07 mGy、FPDが 0.12 ± 0.05 mGy、乳幼児胸部正面のCRが 0.09 ± 0.07 mGy、FPDが 0.11 ± 0.04 mGy、乳幼児股関節のCRが 0.11 ± 0.04 mGy、FPDが 0.12 ± 0.08 mGyなどであった。

Table 1 Rosai hospital group survey results (2016) on entrance surface dose (ESD) in general radiography

Regions	Number of facilities	Mean (mGy)	Standard deviation	Coefficient of variation	25 percent tile dose (mGy)	Median (mGy)	75 percent tile dose (mGy)	Minimum dose (mGy)	Maximum dose (mGy)	Ratio of maximum dose/minimum dose
Skull	31	1.37	0.53	0.39	0.93	1.30	1.80	0.28	2.26	8.1
Lateral of the Skull	31	1.11	0.42	0.38	0.81	1.15	1.37	0.33	2.20	6.7
Cervical spine	31	0.50	0.18	0.37	0.39	0.47	0.61	0.16	0.88	5.5
Thoracic spine	31	1.82	0.89	0.49	1.18	1.65	2.52	0.47	3.38	7.2
Lateral of the thoracic spine	31	3.63	1.99	0.55	2.05	3.55	4.59	0.70	8.58	12.3
Chest P → A	31	0.19	0.09	0.46	0.13	0.15	0.24	0.09	0.53	5.9
Abdomen	31	1.45	0.89	0.61	0.86	1.15	1.97	0.22	3.66	16.6
Lumbar spine	31	2.41	1.23	0.51	1.41	2.18	3.21	0.47	5.17	11.0
Lateral of the lumbar spine	31	6.63	3.47	0.52	4.13	5.59	8.60	1.81	16.53	9.1
Pelvis	31	1.56	0.89	0.57	1.02	1.40	2.04	0.38	4.50	11.8
Femur	31	0.97	0.47	0.49	0.63	0.92	1.19	0.20	2.09	10.5
Ankle joint	31	0.14	0.05	0.39	0.11	0.12	0.15	0.05	0.27	5.4
Forearm	30	0.11	0.05	0.42	0.06	0.11	0.13	0.04	0.19	4.8
Guthmann	13	2.19	2.07	0.94	0.79	1.37	2.73	0.47	6.70	14.3
Martius	13	2.06	1.42	0.69	1.14	1.86	2.73	0.29	5.50	19.0
Infant chest	20	0.10	0.05	0.50	0.07	0.10	0.14	0.02	0.20	10.0
Child chest	23	0.13	0.06	0.45	0.08	0.12	0.17	0.05	0.29	5.8
Infant hip joint	23	0.11	0.06	0.54	0.06	0.10	0.14	0.03	0.28	9.3

Table 2 Entrance surface dose (ESD) for each image receptor in general radiography

Regions	Image receptor	Number of Facilities	Tube voltage (kV)	Standard deviation	Mean (mGy)	Standard deviation	test results	p value
Skull	CR ^a	18	73	3.5	1.53	0.42	*	0.017
	FPD ^b	13	75	3.4	1.08	0.54		
Lateral of the Skull	CR ^a	18	71	3.1	1.26	0.24	*	0.038
	FPD ^b	13	74	3.6	0.90	0.51		
Cervical spine	CR ^a	17	74	3.2	0.57	0.15	*	0.017
	FPD ^b	14	73	3.8	0.41	0.19		
Thoracic spine	CR ^a	16	74	3.2	2.38	0.75	**	<0.001
	FPD ^b	15	73	3.5	1.21	0.57		
Lateral of the thoracic spine	CR ^a	16	79	6.4	4.74	1.95	**	<0.001
	FPD ^b	15	82	14.2	2.44	1.20		
Chest P → A	CR ^a	15	120	10.2	0.21	0.11	NS	0.136
	FPD ^b	16	121	10.6	0.16	0.05		
Abdomen	CR ^a	15	77	5.9	1.84	1.04	*	0.016
	FPD ^b	16	79	8.6	1.04	0.44		
Lumbar spine	CR ^a	16	74	2.8	3.18	1.10	**	<0.0001
	FPD ^b	15	74	5.1	1.60	0.74		
Lateral of the lumbar spine	CR ^a	16	85	3.6	8.37	3.51	**	<0.01
	FPD ^b	15	83	4.8	4.79	2.34		
Pelvis	CR ^a	16	71	4.5	1.97	0.93	**	<0.01
	FPD ^b	15	73	3.4	1.12	0.61		
Femur	CR ^a	19	71	4.5	1.06	0.53	NS	0.225
	FPD ^b	12	69	6.3	0.84	0.34		
Ankle joint	CR ^a	21	53	3.5	0.13	0.05	NS	0.641
	FPD ^b	10	53	3.0	0.14	0.06		
Forearm	CR ^a	21	51	3.5	0.12	0.05	NS	0.119
	FPD ^b	10	55	8.2	0.09	0.04		
Guthmann	CR ^a	5	101	17.2	3.81	2.61	NS	0.121
	FPD ^b	8	116	10.7	1.20	0.65		
Martius	CR ^a	5	99	19.7	2.91	1.58	NS	0.092
	FPD ^b	8	111	17.5	1.49	1.09		
Infant chest	CR ^a	9	61	12.6	0.09	0.07	NS	0.457
	FPD ^b	11	72	23.9	0.11	0.04		
Child chest	CR ^a	11	80	23.0	0.14	0.07	NS	0.457
	FPD ^b	12	90	22.1	0.12	0.05		
Infant hip joint	CR ^a	13	57	5.8	0.11	0.04	NS	0.737
	FPD ^b	10	55	4.1	0.12	0.08		

a : Computed radiography (CR)

b : Flat panel detector (FPD)

NS : No significant

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

3. 考 察

3-1 全国調査結果との比較

本調査結果と全国調査結果との比較を Table 3 に示す。18 部位全てにおいて全国調査結果に比べて有意に本調査結果が低くなった ($p < 0.01$)。全国調査結果では成人胸部正面と腰椎側面のみ CR と FPD 別の線量が示されている。この 2 部位について本調査結果と比較した (Table 4)。成人胸部正面の CR だけが本調査結果が全国調査結果よりも低くなった ($p < 0.05$) が他は有意差がなかった。FPD は CR に比べて DQE が高く¹²⁾、線量を 2 分の 1 から 3 分の 1 に低減できるとき

れている^{13~15)}。全国調査結果の FPD の割合は成人胸部正面で 17%、腰椎側面で 14% で、本調査の FPD の割合は成人胸部正面で 52%、腰椎側面で 48% である。渡邊ら⁷⁾も、神奈川県 の線量が全国調査結果よりも有意に線量が低いのは FPD の普及率が一因と述べており、また腰椎側面の同じ受光媒体の中での有意差がなかったことも踏まえると、本調査結果が全国調査結果よりも低くなったのは FPD の普及率の差が一因と考えられた。しかしながら、FPD と CR の DQE に差がない低線量の部位で本調査結果と全国調査結果に有意差があったことは、防護の最適化状況の差も要因の一つと考えられた。

Table 3 Comparison of Rosai hospital group survey results (2016) and nationwide survey results (2011) in general radiography

Regions	Survey type	Number of Facilities	Mean (mGy)	Standard deviation	Test results
Skull	Nationwide ^a	666	2.09	1.45	**
	Rosai ^b	31	1.37	0.53	
Lateral of the Skull	Nationwide ^a	661	1.61	1.06	**
	Rosai ^b	31	1.11	0.42	
Cervical spine	Nationwide ^a	670	0.79	0.59	**
	Rosai ^b	31	0.50	0.18	
Thoracic spine	Nationwide ^a	657	2.68	1.75	**
	Rosai ^b	31	1.82	0.89	
Lateral of the thoracic spine	Nationwide ^a	652	4.84	4.49	**
	Rosai ^b	31	3.63	1.99	
Chest P → A	Nationwide ^a	724	0.27	0.35	**
	Rosai ^b	31	0.19	0.09	
Abdomen	Nationwide ^a	692	2.52	2.18	**
	Rosai ^b	31	1.45	0.89	
Lumbar spine	Nationwide ^a	671	3.52	2.42	**
	Rosai ^b	31	2.41	1.23	
Lateral of the lumbar spine	Nationwide ^a	668	9.21	5.58	**
	Rosai ^b	31	6.63	3.47	
Pelvis	Nationwide ^a	668	2.47	1.48	**
	Rosai ^b	31	1.56	0.89	
Femur	Nationwide ^a	660	1.58	1.06	**
	Rosai ^b	31	0.97	0.47	
Ankle joint	Nationwide ^a	667	0.20	0.21	**
	Rosai ^b	31	0.14	0.05	
Forearm	Nationwide ^a	665	0.14	0.14	**
	Rosai ^b	30	0.11	0.05	
Guthmann	Nationwide ^a	315	4.99	4.78	**
	Rosai ^b	13	2.19	2.07	
Martius	Nationwide ^a	293	5.56	4.70	**
	Rosai ^b	13	2.06	1.42	
Infant chest	Nationwide ^a	440	0.14	0.16	**
	Rosai ^b	20	0.10	0.05	
Child chest	Nationwide ^a	463	0.20	0.42	**
	Rosai ^b	23	0.13	0.06	
Infant hip joint	Nationwide ^a	442	0.20	0.59	**
	Rosai ^b	23	0.11	0.06	

a : Nationwide survey results (2011)
b : Rosai hospital group survey results (2016)

NS : No significant
* : $p < 0.05$
** : $p < 0.01$

Table 4 Comparison of Rosai hospital group survey results (2016) and nationwide survey results (2011) for each image receptor in general radiography

Regions	Image receptor	Survey type	Number of Facilities	Mean (mGy)	Standard deviation	Test results	p value
Chest P → A	CR ^a	Nationwide ^c	555	0.29	0.35	*	0.024
		Rosai ^d	15	0.21	0.11		
	FPD ^b	Nationwide ^c	123	0.20	0.23	NS	0.106
		Rosai ^d	16	0.16	0.05		
Lateral of the lumbar spine	CR ^a	Nationwide ^c	532	9.75	5.75	NS	0.16
		Rosai ^d	16	8.37	3.51		
	FPD ^b	Nationwide ^c	94	6.01	3.76	NS	0.23
		Rosai ^d	15	4.79	2.34		

a : Computed radiography (CR)

b : Flat panel detector (FPD)

c : Nationwide survey results (2011)

d : Rosai hospital group survey results (2016)

NS : No significant

* : $p < 0.05$

3-2 CRとFPDとの比較

本調査結果のCRならびにFPD別の比較結果 (Table 2) を見ると、18部位中9部位でFPDの方が線量が有意に低くなった。有意に低くならなかった大腿骨・足関節・乳幼児胸部正面・小児胸部正面・乳幼児股関節は、大腿骨を除いて線量の少ない部位である。これらの4部位が有意にならなかったのは、線量が低い場合はCRに比べてFPDのDQEが高くならない特性のため¹²⁾によるものと考えられた。

またCRとFPDの両方のCVが0.5を超えたのはグースマン法とマルチウス法だけであった。これらは胎児も被ばくする撮影部位であるため、各施設で線量

の最適化に努めている部位である。この撮影部位で線量のバラツキが大きかったのは、低線量で撮影できている施設とできていない施設のバラツキが大きいことを反映していると推察する。

3-3 神奈川県調査結果との比較

本調査結果と神奈川県調査結果の比較をTable 5に示した。参考までに全国調査結果も加えている。なお、全国調査結果は成人腹部正面と乳幼児胸部正面についてはCRとFPD別の線量が示されていない。

本調査結果と神奈川県調査結果を比較した結果、3部位全てで有意差はなかった。

Table 5 Comparison of Rosai hospital group survey results (2016), Kanagawa prefecture survey results (2015) and nationwide survey results (2011) for each image receptor in general radiography

Regions	Image receptor	Survey type	Number of Facilities	Mean (mGy)	Standard deviation	Test results	p value
Chest P → A	CR ^a	Nationwide ^c	555	0.29	0.35	NS	0.34
		Kanagawa ^d	47	0.24	0.10		
		Rosai ^e	15	0.21	0.11		
	FPD ^b	Nationwide ^c	123	0.20	0.23	NS	1.00
		Kanagawa ^d	48	0.16	0.06		
		Rosai ^e	16	0.16	0.05		
Overall	Nationwide ^c	724	0.27	0.35	NS	0.62	
	Kanagawa ^d	96	0.20	0.10			
	Rosai ^e	31	0.19	0.09			
Abdomen	CR ^a	Nationwide ^c	—	—	—	NS	0.43
		Kanagawa ^d	44	1.60	0.70		
		Rosai ^e	15	1.84	1.04		
	FPD ^b	Nationwide ^c	—	—	—	NS	0.34
		Kanagawa ^d	44	1.20	0.60		
		Rosai ^e	16	1.04	0.44		
Overall	Nationwide ^c	692	2.52	2.18	NS	0.75	
	Kanagawa ^d	89	1.40	0.70			
	Rosai ^e	31	1.45	0.89			

Regions	Image receptor	Survey type	Number of Facilities	Mean (mGy)	Standard deviation	Test results	p value
Infant chest	CR ^a	Nationwide ^c	—	—	—	NS	0.28
		Kanagawa ^d	18	0.12	0.06		
		Rosai ^e	9	0.09	0.07		
	FPD ^b	Nationwide ^c	—	—	—	NS	0.25
		Kanagawa ^d	30	0.09	0.05		
		Rosai ^e	11	0.11	0.04		
	Overall	Nationwide ^c	440	0.14	0.16	NS	1.00
		Kanagawa ^d	48	0.10	0.06		
		Rosai ^e	20	0.10	0.05		

a : Computed radiography (CR)

b : Flat panel detector (FPD)

c : Nationwide survey results (2011)

d : Kanagawa prefecture survey results (2015)

e : Rosai hospital group survey results (2016)

NS : No significant

* : $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

3-4 労災病院 DRLs (Rosai DRLs) と BDs の提案と必要性

本調査結果の第三四分位点線量とそれを丸めたローカル DRLs (以下, Local DRLs) として労災病院 DRLs (以下, Rosai DRLs^a) を Table 6 に示す。また CR と FPD 別の BDs も一緒に示した。

考察 3-1 で示したように本調査結果は全国調査結果に比べて低い線量になっており、それを反映して胸椎正面、足関節および小児胸部正面以外の 15 部位では、Rosai DRLs は Japan DRLs に比べて低い線量を提案することができた。労災病院は全国全体に比べると経営母体の一つのため緊密な連携が可能であり、また顔の見える最適化活動が可能である。また「緒言」で述べたように、これまでの活動により防護の最適化も進んでいるとともに、最適化意識の浸透により CR から FPD への転換を早期に実現することが期待できるかもしれない。Japan DRLs は調査当時の状況を反映し、CR と FPD を含む一般撮影全体の線量指標として有用である。しかし、FPD が普及した最新の DRLs である Rosai DRLs も、労災病院間ひいては全国での防護の最適化を進める上では有効と考えられる。また CR と FPD の BDs が一緒の値になった部位は足関節・前腕・乳幼児胸部正面・小児胸部正面・乳幼児股関節の 5 部位であった。いずれも線量が低い部位である。しかしながら、他の 13 部位では CR と FPD の BDs が異なっている。特に胸椎正面・胸椎側面・腹部正面・腰椎正面・腰椎側面・骨盤・大腿骨・グースマン法・マルチウス法の 9 部位では、CR の BDs が FPD の BDs の 1.5 倍以上の線量になった。また胸椎正面・腰椎正面・腰椎側面・骨盤・大腿骨・グースマン法・マルチウス法の 7 部位の DRLs は、FPD の BDs の 1.5 倍以上に

なった。FPD の BDs と CR の BDs の間の線量の施設や Rosai DRLs と FPD の BDs の間の線量の施設は、現在の DRLs だけの考え方であれば直ちに線量の最適化について検討する必要がある施設には該当しないことになる。しかし、FPD という DQE が高い受光媒体(装置・技術)を使っているにもかかわらず、線量と画質の検討が十分ではなく野放図に高い撮影条件(線量)を決定している可能性のある施設に必要な警告を発しないばかりか、直ちに検討しなくてもよいという誤ったメッセージを伝えている可能性がある。BDs はこれらの施設にも最適化の検討を促すことができる。従って防護の最適化の線量指標として BDs も有用であると考えられた。

ただし、BDs を有意差がある部位だけで示すのか、あるいは有意差があるかどうかにかかわらず全ての部位で示すのかを議論する必要がある。本研究では、CR の BDs と FPD の BDs が同じであることを確認することも有用であると考えられるので、18 部位全てで BDs を提案する。

3-5 線量指標作成のための調査範囲

FPD と CR を合わせた場合の本調査結果は全国調査結果よりも有意に低くなった。神奈川県調査結果も同様であった。2 つの調査結果は小さな地域やグループで調査した結果は全国調査結果よりも低くなる傾向があることを示している。小さな地域やグループの場合、緊密な最適化活動や調査が実施できる。従って最適化活動が進展しやすい環境にあると考えられる。このような小さな地域やグループでは全国平均よりも線量が少なくなる可能性があり、Japan DRLs と小さな地域やグループごとの Local DRLs を併せて使う方が適切

Table 6 75th percentile dose, rosai diagnostic reference levels (DRLs) and benchmark doses (BDs) for each image receptor in general radiography

Regions	Image receptor	75th percentile dose (mGy)	Rosai DRLs ^a (mGy) BDs ^b : CR (mGy) BDs ^b : FPD (mGy)	Japan DRLs ^a (mGy)
Skull	Overall	1.80	2	3
	CR ^c	1.87	2	—
	FPD ^d	1.41	1.5	—
Lateral of the Skull	Overall	1.37	1.5	2
	CR ^c	1.45	1.5	—
	FPD ^d	1.16	1.2	—
Cervical spine	Overall	0.61	0.7	0.9
	CR ^c	0.68	0.7	—
	FPD ^d	0.49	0.5	—
Thoracic spine	Overall	2.52	3	3
	CR ^c	3.20	4	—
	FPD ^d	1.36	1.5	—
Lateral of the thoracic spine	Overall	4.59	5	6
	CR ^c	6.41	7	—
	FPD ^d	3.55	4	—
Chest P → A	Overall	0.24	0.25	0.3
	CR ^c	0.25	0.25	—
	FPD ^d	0.21	0.2	—
Abdomen	Overall	1.97	2	3
	CR ^c	2.79	3	—
	FPD ^d	1.38	1.5	—
Lumbar spine	Overall	3.21	3.5	4
	CR ^c	4.06	4.5	—
	FPD ^d	1.97	2	—
Lateral of the lumbar spine	Overall	8.60	9	11
	CR ^c	9.97	10	—
	FPD ^d	5.39	6	—
Pelvis	Overall	2.04	2.5	3
	CR ^c	2.33	2.5	—
	FPD ^d	1.41	1.5	—
Femur	Overall	1.19	1.5	2
	CR ^c	1.60	2	—
	FPD ^d	1.08	1	—
Ankle joint	Overall	0.15	0.2	0.2
	CR ^c	0.16	0.2	—
	FPD ^d	0.16	0.2	—
Forearm	Overall	0.13	0.15	0.2
	CR ^c	0.15	0.15	—
	FPD ^d	0.13	0.15	—
Guthmann	Overall	2.73	3	6
	CR ^c	6.57	7	—
	FPD ^d	1.71	2	—
Martius	Overall	2.73	3	7
	CR ^c	4.27	5	—
	FPD ^d	1.94	2	—
Infant chest	Overall	0.14	0.15	0.2
	CR ^c	0.15	0.15	—
	FPD ^d	0.12	0.15	—
Child chest	Overall	0.17	0.2	0.2
	CR ^c	0.19	0.2	—
	FPD ^d	0.17	0.2	—
Infant hip joint	Overall	0.14	0.15	0.2
	CR ^c	0.14	0.15	—
	FPD ^d	0.20	0.15	—

a : Diagnostic reference levels (DRLs)

b : Benchmark doses (BDs)

c : Computed radiography (CR)

d : Flat panel detector (FPD)

と考えられる。少なくとも現在のJapan DRLsはCRが主体のデータから導出されたものであり、FPDの普及状況に合わせた線量指標を選択することも有用と考えられた。

4. 結 論

全国の労災病院における放射線検査の一つである一般撮影の線量の調査を行った。

労災病院の線量は全国調査結果よりも最適化されていることが分かった。これはFPDの普及率と最適化状況の差であると考えられた。

本調査結果に基づいてLocal DRLsとしてのRosai DRLsとBDsを提案する。DRLsが設定されている18部位全てのBDsを提案したのは本稿が初めてである。FPDが普及した最新のDRLsであるRosai DRLsと装置・技術別の指標線量であるBDsは、労災病院間については全国での防護の最適化を進める上では有用であると考えられた。

5. 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、多大なご協力を賜りました労災機構技師会の学術部、被ばく管理班の班長はじめ班員の皆さま、および各施設で線量評価に当たっていただいた関係諸氏に深謝致します。

また本研究は労災機構技師会の学術活動の一環として行った。

6. 利益相反

本研究に利益相反はありません。

表の説明

Table 1	労災病院における一般撮影の入射表面線量の調査結果
Table 2	一般撮影における受光媒体別の入射表面線量
Table 3	全国調査結果(2011)と労災病院調査結果(2016)の比較
Table 4	受光媒体別の全国調査結果(2011)と労災病院調査結果(2016)の比較
Table 5	受光媒体別の全国調査結果(2011)、神奈川県調査結果(2015)と労災病院調査結果(2016)の比較
Table 6	一般撮影における受光媒体別の75%タイル線量、診断参考レベルとベンチマークドーズ

参考文献

- 1) 日本アイソトープ協会 訳：医学における放射線の防護と安全 (ICRP Publ.73), 丸善, 1997 (東京).
- 2) International Atomic Energy Agency (IAEA) : International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Series No.115, 1996.
- 3) 日本放射線技師会：患者さんのための「医療被ばくガイドライン (低減目標値)」。日放技誌, 47 (10), 1694-1750, 2000.
- 4) 日本放射線技師会：放射線診療における線量低減目標値—医療被ばくガイドライン。文光堂, 2006.
- 5) 鈴木昇一：日本における放射線診療で患者が受ける線量の実態調査の動向。保健物理, 48 (1), 48-56, 2013.
- 6) 医療被ばく研究情報ネットワーク：最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定, 2015. <http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf> (Accessed 2018.11.13.).
- 7) 渡邊 浩, 他：一般撮影の医療被ばくの防護を最適化するためのベンチマークドーズ (BD) の提案。日放技学誌, 74 (5), 443-451, 2018.
- 8) 浅田恭生, 他：X線診断時における患者が受ける線量の調査研究 (2011) による線量評価。日放技学誌, 69 (4), 371-379, 2013.
- 9) Tapiovaara M, Siiskonen T: PCXMC: a monte carlo program for calculating patient doses in medical X-ray examinations. 2nd ed, Helsinki, The British Institute of Radiology, 2008.
- 10) 前川昌之：一般撮影における被ばく線量推定ソフトPCXMCについて。放射線計測分科会誌, 13 (2), 6-9, 2005.
- 11) 福井正康：College Analysis. <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/analysis.html> (Accessed 2018.11.05.).
- 12) 岸本健治：一般撮影におけるフラットパネルディテクタの評価。日放技学誌, 58 (4), 455-461, 2002.
- 13) 國友博史, 他：低線量域におけるDigital Radiographyの物理的画質特性の検討。日放技学誌, 68 (8), 961-969, 2012.
- 14) Bacher K, et al.: Dose reduction in patients undergoing chest imaging: digital amorphous silicon flat-panel detector radiography versus conventional film-screen radiography and phosphor-based computed radiography. AJR Am J Roentgenol, 181 (4), 923-929, 2003.
- 15) 横井知洋, 他：直接型および間接型Flat Panel DetectorsとComputed Tomographyにおける物理的画質評価を利用した画質同一化の試み。日放技学誌, 67 (11), 1415-1425, 2011.