

横手 堯彦 長尾 好浩 布川 未加

徳島赤十字病院 放射線科部

要 旨

目 的：2020年に医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）より診断参考レベル（以下、DRLs2020）が発表された。当院では被ばく管理システムを導入し、すべてのモダリティの被ばく線量を管理しているが、DRLs2020を参考に被ばく線量の検証を行うことが必要である。本研究の目的は、当院の一般撮影の入射表面線量を測定し、DRL2020や被ばく管理ソフトで採用されているNDD法との比較を行い、現状把握することである。

結 果：すべての部位でDRLs2020より低い被ばく線量で検査が実施されていた。NDD法では実際の線量より過小評価されていることがわかった。

まとめ：すべての部位でDRLs2020より低くなったが、画質が担保されているか注意が必要である。今後、装置の更新や撮影条件の変更があった際には画質、線量を再度測定し検証する必要がある。NDD法では実際より過小評価されているため、それを考慮したうえで患者に説明する必要がある。

キーワード：一般撮影, DRLs2020, NDD法

1. はじめに

現在、放射線医療は広く利用され、無くてはならないものとなっている。しかし世界的にCT装置やPET装置などは増加しており、医療被ばくの増加が懸念されていると同時に放射線防護の取り組みが重要であると認識されている。国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection:ICRP）は、医療被ばくの防護に関して診断参考レベル（Diagnostic Reference Level:DRL）を国や地域ごとに決定して線量の最適化を図るべきとしている¹⁾。我が国では、2015年に放射線被ばく最適化の線質指標として、診断参考レベル（Diagnostic Reference Levels 2015 :DRLs2015）が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）より公表された。その後、2019年3月の診療用放射線に係る安全管理体制についての医療法施行規則の改正によって、DRLs2015は医療被ばくの線量管理の中で重要な指標のひとつとなった。そして2020年7月にDRLs2015が改訂され、診断参考レベル

（Diagnostic Reference Levels 2020 :DRLs2020）が公表された²⁾。また2020年4月より医療法施行規則の施行によって、放射線を使用する検査の線量管理を行い、診療実施後に患者から説明を求められた場合、検査の最適化や被ばく線量など説明し対応をすることが必要とされるようになった³⁾。その説明をするためのツールとして、当院では2017年に導入した線量管理システムを利用している。その線量管理システムにおける一般撮影の線量はNumerical Dose Determination（NDD）法により算出している。本研究では、当院の一般撮影の撮影条件を基に測定した入射表面線量と、DRLs2020や被ばく管理システムで採用されているNDD法との比較を行い、現状把握することを目的とした。

2. 方 法

2-1 使用機器

当院の一般撮影検査室は4部屋あるが、すべての部屋に島津製作所社製のRAD speed Pro（固有ろ過2.8mm Al当量、公称焦点サイズ：0.6mm, 1.2mm）

が導入されている。Flat Panel Detector (FPD) は富士フィルムメディカル社製のCALNEO HC SQとCARNEO Smart Cを使用した。半価層の測定にトーレック社製のRaySafe Xiを使用した。空気カーマの測定にはRadcal社製のAccu-Proを使用した。検出器は電離箱線量計MODEL10X6-6を使用した。線量管理システムはキュアホープ社製のDose Managerを使用した。

2-2 半価層および入射表面線量の測定

一般撮影領域のDRLs2020を表1に示す。一般撮影領域のDRLの決定は、日本医学放射線学会認定放射線科専門医修練機関863施設を対象にした調査結果から75パーセントイルを求め決定されている。また、線質指標としては入射表面線量が採用されている。そのため、DRLs2020と比較を行うために、当院の入射表面線量を測定した。対象部位はDRLs2020で設定されている14部位である。

14部位で使用している各管電圧の実効エネルギーと校正定数を求めるために、半価層測定を行った。測定はX線管焦点-線量計間距離 (Focus Chamber Distance:FCD) を150cmとし、散乱X線の混入が最小となるように、X線照射野を測定面で検出器より大きい10×10cmに絞った。

入射表面線量の測定は「診断X線領域における吸

収線量の標準測定法」を参考に行った⁴⁾。FCDは100cmとし、線量計から壁までの距離は150cm以上とした。入射表面線量は、半価層と照射野より求めた後方散乱係数 (Back Scatter Factor:BSF)、焦点皮膚間距離 (Focus Skin Distance:FSD)、FCD、を用いて以下の式で求めた。

$$D=M \times BSF \times K \times \left(\frac{FCD}{FSD}\right)^2$$

Dは入射表面線量、Kは校正定数、Mは線量計の指示値 (空気カーマ) を示す。

測定は撮影室①、撮影室②、撮影室③、撮影室④の4部屋で行い、すべての撮影室の平均値を当院の入射表面線量とした。当院の撮影条件を表2に示す。胸部正面 (100kV以上) にのみ0.3mmの銅フィルターを付加している。また、胸部正面 (100kV未満) と頸椎正面では富士フィルムメディカル社の仮想グリッド技術であるVirtual Grid (VG) を使用している。照射野と体厚についてはDRLs2015で設定されているものとした。14部位のうち10部位は当院で登録されているプリセットの設定撮影条件が中央値となるためそのまま用いた。残りの胸部、腹部、胸椎正面、腰椎正面の4部位は自動露出機構 (フォトタイマ) を使用しているため標準体厚の患者を放射線診療情報システム (Radiological Information System:RIS) より手動で曝射時間を抽出した。抽出期間は2019年1月から2020年6月とし、抽出方法は過去の検査で前後6カ月以内にCT (Computed Tomography) 撮影と対象部位の撮影を行っている患者から無作為に選び、Axial画像より体厚を計測、DRLs2015で規定されている各部位の標準体厚±1cmの患者とした。抽出した患者群の曝射時間の中央値を当院の代表値として使用した。患者の内訳について、胸部撮影では、男性13名、女性7名、平均年齢70.5歳 (19歳～87歳)、腹部撮影では、男性14名、女性6名、平均年齢66.5歳 (47歳～82歳)、胸椎正面撮影では、男性3名、女性12名、平均年齢76.6歳 (65歳～89歳)、腰椎正面では、男性3名、女性12名、平均年齢76.6歳 (65歳～89歳)、であった。

2-3 線量管理システムとの比較

当院では2017年に線量管理システムのDose Managerを導入した。Dose Manager内での一般撮影における被ばく線量の算出にはNDD法が採用されている。NDD法は、1986年に茨城県放射線技師会が発表した

表1 一般撮影領域のDRLs2020

撮影部位	入射表面線量 (mGy)
胸部正面 (100kV未満)	0.4
胸部正面 (100kV以上)	0.3
検診胸部正面	0.2
腹部正面臥位	2.5
乳児股関節	0.2
乳児胸部	0.2
小児胸部	0.2
頭部正面	2.5
頸椎正面	0.8
胸椎正面	3.0
胸椎側面	5.0
腰椎正面	3.5
腰椎側面	9.0
骨盤正面	2.5

表2 当院の撮影条件

撮影部位	管電圧 (kV)	管電流時間積 (mAs)	FID (cm)	照射野 (cm)		グリッド
				縦	横	
胸部正面 (100kV未満)	80	2.0	120	35	35	VG
胸部正面 (100kV以上)	120	1.8	180	35	35	+
検診胸部正面	120	1.8	180	35	35	+
腹部正面臥位	85	6.4	120	45	35	+
乳児股関節	55	3.2	120	20	15	-
乳児胸部	70	1.4	120	25	20	-
小児胸部	70	1.4	120	30	25	-
頭部正面	75	11.2	150	25	20	+
頸椎正面	70	8.0	150	15	8	VG
胸椎正面	70	17.8	150	35	10	+
胸椎側面	75	25.0	150	30	10	+
腰椎正面	75	28.8	150	30	10	+
腰椎側面	85	32.0	150	30	15	+
骨盤正面	70	14.2	120	45	35	+

もので、撮影パラメータ、すなわち、設定する管電圧、管電流時間積 (mAs) とFSDや総濾過などのパラメータを基に、患者へのX線入射点における表面線量を次式より求めることができる。

$$D=NDD-M(f) \times mAs \times \left(\frac{1}{FSD}\right)^2$$

Dは入射表面線量、NDD-M(f) は管電圧と総濾過による係数を示す。撮影管電圧とフィルターの材質、厚さに対応するNDD-M(f) をデータブックより求め、mAs、FSDを乗ずることで、入射表面線量が求められる。最後に、14部位において算出されるNDD法と測定した入射表面線量を比較した。

3. 結 果

入射表面線量とDRLs2020の比較を図1と表3に示す。14種類の撮影部位のうちすべての部位でDRLs2020よりも低い線量で撮影が行われていた。平均するとDRLs2020の30%の線量で行われていた。一番差がある部位は胸部正面(100kV以上)でDRLs2020の16%、差がない部位でも胸部正面(100kV未満)の42%で行われていた。入射表面線量とNDD法の比較を図2と表3に示す。NDD法では実際の線量より過小評価されていた。NDD法では、平均すると入射表面線量の70%の線量を算出していた。

4. 考 察

当院の入射表面線量を測定し、DRLs2020とNDD法と比較した。DRLs2020と比較し大きく下回っていた。この理由の1つにDRLs2020の調査方法が挙げられる。調査への参加施設ではComputed Radiography (CR) とDigital Radiography (DR) の割合が約1:1であるとされている²⁾。DRはCRより低線量での撮影が可能であり、CRの撮影線量の1/2から1/3程度まで線量を低減可能と報告されている^{5)・6)}。当院ではDRシステムのみでの運用なので、DRLs2020の約30%の線量という結果となり、大きく差がでたと考えられる。日本医学放射線学会修練機関(57施設)で調査された中央値との比較を表4に示す。日本医学放射線学会修練機関での調査では85%がDR装置とされている。DRの割合が増えたため当院との差は縮まったが、当院の方が低い線量であった。各部位別に比較すると、胸部正面(100kV以上)や胸椎正面などでは約1/2の線量で撮影している。胸部正面(100kV以上)では2019年に撮影条件の再検討を行い、フォトタイマの感度を良くしたためだと考えられる。しかし、乳児股関節や乳児胸部では同等の線量で撮影が行われているなど、見直しを行うべき部位も明らかになった。さらに、入射表面線量がDRLs2020以下であっても問題がないとは言えない。低すぎる線量での撮影は、

必要な診断情報が得られなければ、かえって無駄な被ばくとなる可能性が考えられるため、胸部正面（100kV以上）以外の検討していない部位では検討を行い、各科の医師と協議する必要がある。また当院では、14部位のうち胸部正面（100kV未満）と頸椎正面では実グリッドを使用しないVGがデフォルト設定になっている。VGでは、実グリッドと比較し線量を下げても同等のノイズ特性やコントラスト特性を示すため、撮影条件や部位によるが、線量を低減できる場合もある。さらに、FPDには直接変換方式と間接変換方

式が存在し、両者で画質が大きく異なる場合がある。また、間接変換方式の中でもシンチレーターにガドリニウムオキシ硫化物（GOS）とヨウ化セシウム（CsI）を使用しているタイプがあり、両者で量子検出効率（DQE）は大きく異なる。当院ではGOSと比較し高感度のCsIをすべてのFPDで採用しているため、線量の低減が可能である。

NDD法は、線量を測定することなく、簡易換算式により被ばく線量を推定できる方法としてよく用いられている。NDD法では当院の線量と比較し30%過

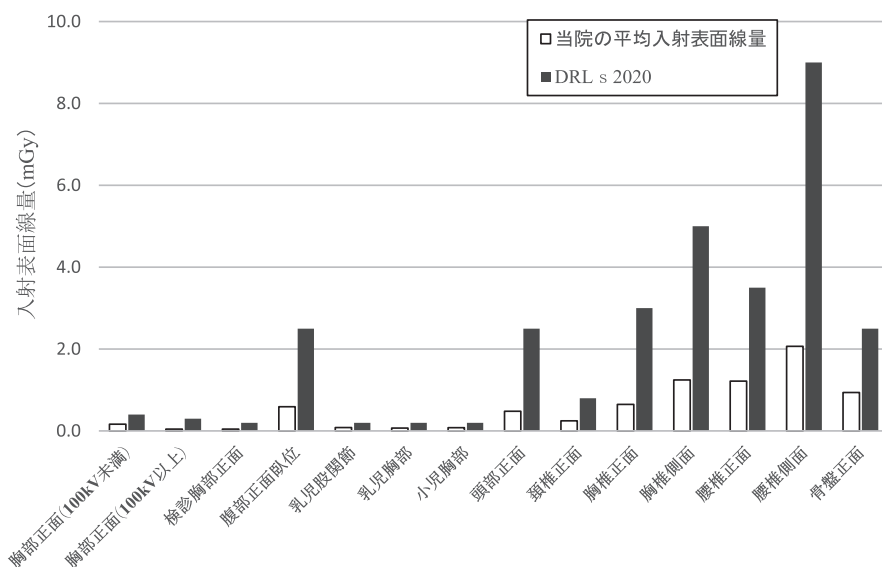


図1 当院の平均入射線量とDRLs2020の比較

表3 当院の入射表面線量とDRLs2020, NDD法との比較

撮影部位	入射表面線量 (mGy)					DRLs2020	NDD法
	測定値				平均値		
	撮影室①	撮影室②	撮影室③	撮影室④			
胸部正面 (100kV未満)	0.163	0.174	0.161	0.168	0.167	0.4	0.120
胸部正面 (100kV以上)	0.047	0.048	0.045	0.047	0.047	0.3	0.040
検診胸部正面	0.047	0.048	0.045	0.047	0.047	0.2	0.040
腹部正面臥位	0.607	0.606	0.571	0.590	0.594	2.5	0.385
乳児股関節	0.082	0.085	0.079	0.082	0.082	0.2	0.048
乳児胸部	0.072	0.074	0.067	0.070	0.071	0.2	0.056
小児胸部	0.081	0.083	0.075	0.079	0.080	0.2	0.056
頭部正面	0.485	0.487	0.470	0.479	0.480	2.5	0.288
頸椎正面	0.253	0.254	0.241	0.249	0.249	0.8	0.186
胸椎正面	0.653	0.659	0.637	0.653	0.650	3	0.464
胸椎側面	1.255	1.258	1.225	1.251	1.247	5	0.767
腰椎正面	1.227	1.231	1.199	1.219	1.219	3.5	0.753
腰椎側面	2.085	2.082	2.033	2.069	2.067	9	1.338
骨盤正面	0.945	0.956	0.924	0.938	0.941	2.5	0.628

小評価されていた。NDD法はShallow型チェンバをファントムに埋め込んで線量を測定しているが、Shallow型チェンバは後方散乱に対する感度がほとんどないため、計算結果が後方散乱を十分に反映していないと考えられる⁷⁾。例として当院の入射表面線量を求める際に使用したBSFをNDD法での算出値に乗ずると、測定した入射表面線量と同等の値になる。このように装置毎に補正係数を求め使用すると算出精度を高めることが可能である。また、NDD法は、計算式だけから線量を求めるため、実際の装置の出力（管電圧、管電流、撮影時間

等）がずれていた場合、正確な線量を求めることができない。NDD法を使用する場合、装置の出力精度を確認する必要があり、十分に管理を行っていない装置では注意が必要である。さらに、NDD法の算出値は、照射野サイズの違いには対応していない。大照射野サイズに対する表面線量が飽和していないことが確認されており、照射野サイズが異なる場合には過小評価となる。これらによりDose Managerでの算出値は過小評価され表示されるため、患者に一般撮影における被ばく線量の情報提供をする際には注意しなければならない。

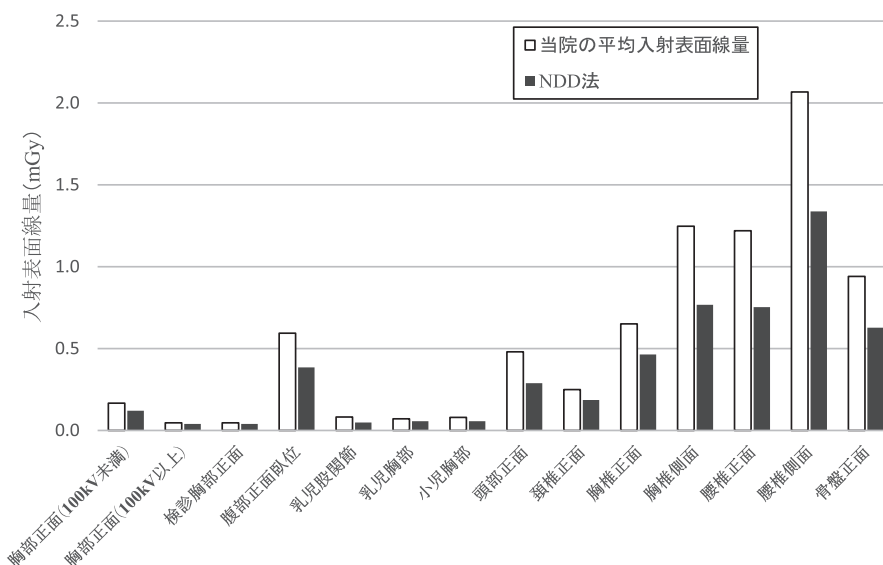


図2 当院の平均入射線量とNDD法の比較

表4 当院の入射表面線量と日本医学放射線学会修練機関（75施設）中央値の比較

撮影部位	入射表面線量 (mGy)	
	当院	日本医学放射線学会 修練機関 (75施設) 中央値
胸部正面 (100kV未満)	0.167	0.24
胸部正面 (100kV以上)	0.047	0.1
腹部正面臥位	0.594	0.93
乳児股関節	0.082	0.09
乳児胸部	0.071	0.08
小児胸部	0.080	0.1
頭部正面	0.480	0.94
頸椎正面	0.249	0.46
胸椎正面	0.650	1.35
胸椎側面	1.247	2.11
腰椎正面	1.219	1.55
腰椎側面	2.067	3.61
骨盤正面	0.941	1.17

5. おわりに

当院の入射表面線量を測定し、DRLs2020とNDD法と比較することで当院の現状を把握することができた。当院の入射表面線量はDRLs2020と比較し大きく下回っていた。NDD法では当院の入射表面線量と比較し過小評価されていた。これからも装置の更新や撮影条件の変更があった際には画質、線量を再度測定し検証するなど線量管理を行い、質の高い放射線診療を提供していきたい。

6. 利益相反

本研究に関して、開示すべき利益相反はなし。

7. 文 献

- 1) ICRP Publication 105. Radiation protection in medicine. Ann ICRP 2007 ; 37 : 1 -63
- 2) 医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) : 日本の診断参考レベル (2020年版) [internet] . http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_jp.pdf [accessed 2020-8-10]
- 3) 日本アイソトープ協会 : 医療法施行規則の一部を改正する省令 [internet] . <https://www.jastro.or.jp/medicalpersonnel/notification/syorei21.pdf> [accessed 2020- 8 -10]
- 4) 浅田恭生, 落合幸一郎, 加藤洋, 他 : 一般撮影領域の線量測定. 日本放射線技術学会, 根岸徹編「診断X線領域における吸収線量の標準測定法」, 東京 ; オーム社 2017 ; p26-40
- 5) Bacher K, Smeets P, Bonnarens 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 2003 ; 181 : 923- 9
- 6) 横井知洋, 高田忠徳, 市川勝弘 : 直接型および間接型 Flat Panel DetectorsとComputed Radiography における物理的画質評価を利用した画質同一化の試み. 日放線技会誌 2011 ; 67 : 1415-25
- 7) 江口陽一, 木村均, 土佐鉄雄, 他 : 被検者被曝線量の実用的な測定方法. 全国循環器撮影研究会誌 2000 ; 12 : 14-17

Measurement of entrance surface dose in general radiography area at our hospital

Takahiko YOKOTE, Yoshihiro NAGAO, Mika FUKAWA

Radiologic technology, Tokushima Red Cross Hospital

Purpose: The Diagnostic Reference Levels (DRLs 2020) have been published by the Medical Radiation Research Information Network (J-RIME) in 2020. We have introduced a radiation control system to control the radiation doses of all modalities used in our hospital. This study aimed to measure the entrance surface dose of general radiography in our hospital and compare the radiation doses with those calculated via the Numerical Dose Determination (NDD) method used in both DRL 2020 and exposure control software to understand the current situation.

Results: The radiation doses calculated at all sites were lower than the DRLs 2020. It was found that the NDD method underestimates the actual dose.

Conclusions: Although the entrance surface doses at all sites were lower than DRLs 2020, care should be taken to ensure that radiological image is not compromised in the attempt to reduce radiation exposure. It is necessary to re-calculate and verify the image quality and radiation dose when the equipment is updated or when the imaging conditions are changed. Moreover, it is necessary to explain to the patient that the NDD method underestimates the image quality and radiation dose.

Key words: general radiography, DRLs 2020, NDD method

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 26 : 44-50, 2021
