

CT 線量管理のための線量管理システムの使用経験

放射線技術科 瀬戸 一誠, 多富 仁文

医療被ばくの増加が問題となる中, 医療法施行規則改正にともない 2020 年 4 月から対象医療機器による患者の医療被ばくの線量管理 / 記録が義務付けられ, 当院では線量情報を一元的に管理できる線量管理システムを導入し運用を開始した. CT 診断参考レベルが設定されている撮影部位において, 線量記録から線量解析を行い, 診断参考レベルとの比較を行った. その結果, 当院の撮影線量は診断参考レベルより低値であったが, 一部の撮影プロトコルで撮影線量と運用の改善を行った. 線量管理システムは手作業では困難な膨大なデータを扱うことが可能で, 線量記録から線量管理まで効率的に利用できる有用なシステムである.

keyword : 線量管理システム, 診断参考レベル, CT

1. はじめに

日本の医療被ばくの中では Computed Tomography (CT) 検査の占める割合はもっとも高くなっており¹⁾, かつ人口 100 万人当たりの CT 装置保有台数は世界一²⁾で, 容易に検査が実施できる環境が検査数も増加させ医療被ばく増大の要因となっている¹⁾. 日本学術会議からは, CT による被ばくを中心にした医療被ばくの低減策や医療被ばく線量の記録法や保管方法について早急に検討する必要があるとし, 診断参考レベル (Diagnostic Reference Level: DRL) を利用した検査の最適化を推奨している¹⁾. このような背景のもと, 2020 年 4 月に医療法施行規則が改正され診療用放射線の安全管理が義務付けられた.

診療用放射線の安全管理の一つとして, 対象医療機器による患者の診療医療被ばくの線量管理・記録が義務化された. 線量管理では, 線量記録から自施設の線量を調査した上で DRL と比較し, 必要に応じて診断の質を担保しつつ撮影条件などの見直しから検査の最適化を行い, 放射線診療の安全利用を推進する. 線量記録は放射線診療を受けた患者が特定でき, 全検査の線量情報を適正に検証できる様式を用いることが定められており, 専用の線量管理システムを導入

する施設が増えた. 線量管理システムは各モダリティの線量情報を一元的に管理できるシステムであり, 医療法施行規則に対応した線量記録が可能である. また, 患者単位や検査単位, 装置別, 検査期間, 撮影プロトコル別, 体重や年齢などの項目でフィルターをかけたデータが出力可能であり, 集計した結果から撮影プロトコルごとの線量分布を作成し, DRL と比較する機能を有している. 当院では CT 装置を更新した 2019 年 12 月に線量管理システムである Radamès を導入した. 今回 Radamès を用いて 2020 年に施行した CT 検査における線量記録の解析を行い, 線量管理を実施したので報告する.

2. 方 法

(1) 使用装置

CT 装置 : Aquillion ONE PRISM Edition ver.10.4
(キャノンメディカルシステムズ)

線量管理システム : Radamès ver.2.7.0.0
(アレイ株式会社)

(2) Radamès の線量情報取得

検査ごとに CT 装置から出力される Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) 規格の Radiation Dose Structure Report (RDSR) を CT 装置から Radamès に送信し線量情報を取得した. RDSR には電子カ

ルテから放射線情報システムを経由した身長や体重などを含む患者情報、撮影プロトコル名や撮影条件、線量情報が含まれている。今回の検討で使用する線量情報は、DRLに採用されている Volume CT Dose Index (CTDIvol) と Dose Length Product (DLP) を使用した。CTDIvol と DLP は規定されたファントムにおける吸収線量を表し、実際の患者被ばく線量とは異なるが被ばく線量の目安として使用されている。CTDIvol は撮影範囲内各スライスの平均線量であり、DLP は CTDIvol に撮影長を乗じた撮影範囲の合計線量である。

(3) 胸部単純 CT 撮影プロトコルにおける撮影線量の検証と Radamès による線量値集計

2020 年に胸部単純 CT 撮影プロトコルで撮影した症例を Radamès で検索し、CTDIvol と DLP の線量分布を集計した。また、RDSR のデータを CSV 形式で出力し、体重と本撮影の DLP の関係を検討した。近似曲線の 95% 予測区間から外れている症例を外れ値とし、外れ値となった原因を調査した。

(4) 成人 DRLs2020 との比較

日本の最新 DRL である DRLs2020 は、各撮影プロトコルごとに標準体格(50～70kg)の患者に対して施行された連続 30 例を集計した中央値を全国調査し、収集された調査結果の 75 パーセンタイル値(75%値)を DRL と設定している。また、DRL と自施設の線量値を比較する際は、自施設の中央値との比較を推奨している³⁾。DRLs2020 で公表されている成人の検査部位について、2020 年に当院で撮影された 50～70kg の症例を Radamès で検索し、撮影プロトコルごとに CTDIvol と DLP の中央値を当院の線量値として算出し、DRLs2020 と比較した。ただし、撮影件数が 30 件以下だった急性肺血栓塞栓症 & 深部静脈血栓症および外傷全身 CT は対象外とし、目的部位以外を同時に撮影した症例も可能な限り除外した。また、算出された当院の DLP 線量値の 2 倍以上の線量で撮影されていた症例を抽出し、撮影線量が適正であるかを検証した。

3. 結 果

(1) 胸部単純 CT 撮影プロトコルにおける撮影線量

2020 年に胸部単純 CT 撮影プロトコルで撮影していた 1,655 例を Radamès で集計し、CTDIvol と DLP の線量分布の結果を表 1 に示す。CTDIvol は本撮影のみを対象として線量分布を算出していたが、DLP は超低線量で撮影する位置決め撮影と本撮影をそれぞれ 1 検査として取り扱い、線量分布を算出していた。そのため Radamès が算出した DLP の中央値は 8.57mGy・cm であったが、本撮影のみを対象として手作業で算出した DLP の中央値は 204.7mGy・cm であった。

Radamès から出力した RDSR のデータから、体重が 0kg の 228 例、999.9kg の 5 例、体重情報のない 160 例を除外した 1,262 例の体重と本撮影の DLP の関係を図 1 に示す。体重が増加すると DLP も増加する傾向が見られた。95% 予測区間より DLP が低く外れ値となっていたのは 23 例で、そのうち 10 例は本撮影の撮影範囲不足を補うために約 10cm の短い追加撮影をした症例で、2 例は他の検査目的を達成するために撮影プロトコルを流用して規定外の撮影をしていた症例であった。また、95% 予測

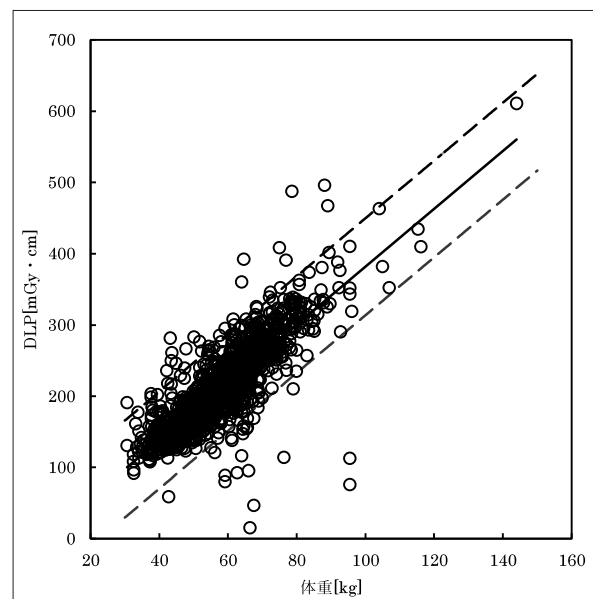


図1. 胸部単純 CT 撮影プロトコルにおける体重と DLP の関係

区間より DLP が高く外れ値となっていたのは 30 例で、そのうち高体格または腕を下げた状態で撮影していた症例が 24 例、規定外の撮影が 3 例であった。

(2) 成人 CT における DRLs2020 との比較

DRLs2020 と比較した当院の線量値を表 2 に示す。目的の撮影部位以外も同時に撮影していた頭部単純ルーチン 12 例、胸部 1 相 8 例、上腹部～骨盤部 1 相 8 例、胸部～骨盤部 1 相 13 例、冠動脈 6 例は除外して線量値を算出した。当院の線量値は、すべての撮影部位で DRLs2020 より低値であった。また、各撮影プロトコルの当院 DLP 線量値の 2 倍以上となった症例は、頭部単純ルーチン 4 症例、上腹部～骨盤 1 相 4 例、冠動脈 33 症例であった。

4. 考 察

改正医療法施行により、対象医療機器による患者の診療医療被ばくの線量記録・管理が義務化され、線量管理システムを導入する施設は増加した。線量記録のために線量管理システムの導入は必須ではないが、多数の対象医療機器の一元的な被ばく管理が可能であること、台帳や照射録などに線量値を手作業で管理することで生じうる人為的ミスの回避、線量管理に必要な膨大なデータが集計・分析可能で、検査の最適化に効率的に活用できるメリットは非常に大きいと考え、線量管理システムを導入した。

Radamès は位置決め撮影と本撮影を対象として DLP を集計し、線量分布を算出してい

表 1. Radamès で集計された胸部単純 CT プロトコールにおける線量分布

照射イベント数	CTDIvol (mGy)					DLP (mGy・cm)				
	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値
3,363	0.7	4.3	5.3	6.5	16.4	0.36	5.49	8.57	202.85	610.9

表 2. DRLs2020 と当院線量値との比較

プロトコール	症例数	CTDIvol [mGy]			DLP [mGy・cm]		
		DRL	中央値	当院	DRL	中央値	当院
頭部単純ルーチン	98	77	66.9	43.1	1,350	1,201	703.6
胸部 1 相	700	13	10.4	5.6	510	424	213.1
胸部～骨盤 1 相	625	16	13.2	6.5	1,200	945	457.1
上腹部～骨盤 1 相	360	18	13.2	6.2	880	696	303.9
肝臓ダイナミック	227	17	12.5	6.4	2,100	1,436	696.4
冠動脈	234	66	45.7	14	1,300	943	239.1

た。位置決め撮影は超低線量で撮影されるため、本撮影のみを対象とした場合と比べて、DRLs2020と比較する線量分布の中央値は低値となっていた。そのため、本撮影のみを対象とした中央値を、手作業で算出する必要があった。位置決め画像の線量情報が取得可能なCT装置の場合は、本撮影のDLPのみを対象とする、もしくは位置決め撮影と本撮影を合算したTotal DLPを採用する必要があることが判明し、装置メーカーに対応を要望した。現在はバージョンアップにより、Total DLPで集計する設定に変更された。

体重(体格)に応じて画像ノイズが一定となるよう撮影線量を調整する管電流自動調整機能により、図1のように体重増加に伴ってDLPも増加する。成人のDRLは体重50～70kgを対象としており、撮影線量が適正か検証する際に体重は重要な項目となる。胸部単純撮影の症例において、体重が明らかに誤っている症例(体重が0kgと999.9kg)と体重がわからない症例が全体の約24%を占めており、これらの症例は撮影線量評価の対象外とした。体重は電子カルテの登録値を取得している。そのため検査日と体重測定日(電子カルテ登録日)の間隔が空いていることによる数値変化や、電子カルテへの数値入力ミスなど、自施設の線量値を算出する場合には体重の精度に注意する必要がある。体重情報のない症例はどのように対応するか、今後の課題となった。

胸部単純CT撮影では5例で撮影プロトコルの規定外となる撮影が行われており、DRLs2020の検査部位でも47症例を線量値算出の対象外とした。RDSRのデータ、検査依頼内容、画像サーバーを確認する検証作業を行い、撮影プロトコルの規定外となる検査目的や造影撮影時相の追加、撮影範囲が異なる症例を同定した。時間と労力を要す検証作業が不必要となるように、事前に細分化された撮影プロトコルを作成し稼働を開始したが、装置の高性能化による多目的な検査依頼の増加、典型的な撮影では検査目的が達成できないイレギュ

ラーな症例の存在、撮影者による撮影プロトコル選択ミスなどにより、実際は規定外の撮影が実施されていた。新規撮影プロトコルを追加作成し、最適な撮影プロトコルを選択し検査に対応するよう検査担当技師に再周知した。

DRLs2020と当院の線量値を比較すると、すべての検査部位でDRLs2020よりも低値であった。X線管球や検出器の性能向上によるハードウェアによる低被ばく化⁴⁾、低被ばく撮影と高画質が期待されるDeep Learning Reconstruction^{5, 6)}画像再構成などのソフトウェアによる低被ばく化が図られており、最新のCT装置導入による低被ばく化のメリットは大きい。DRLs2020の線量調査結果の中央値よりも当院の線量値が低値であったため、診断に十分な画質が担保できているか放射線科医と検討したが、診断に問題ないとの結論が得られたため、現状の撮影線量を継続している。

各撮影プロトコルの当院DLP線量値の2倍以上で撮影されていた症例は、上腹部～骨盤部1相撮影では高体格や腕を下げた状態にて撮影した症例、冠動脈撮影では不整脈や高心拍のため撮影心拍数が多い症例で、いずれも臨床上許容される内容であった。しかし頭部単純撮影では、撮影中の体動が事前に予想される症例に対して使用している撮影プロトコルの線量が高いことがわかり、撮影線量の見直しを行った。また、撮影中に予想外な体動が生じたために、再撮影している症例が一定数いることがわかった。通常のリ構成画像に加えて体動補正画像が自動で再構成される設定を追加し、体動補正画像でも診断不能な場合のみ再撮影をする運用に変更した。

最新のDRLs 2020は8つの検査部位のみ設定されているが、CT検査では検査部位や検査目的に応じてさまざまな撮影プロトコルを使い分けており、DRLに設定されていない検査の方が多い。DRLに設定されていない検査も施行件数が多いものは調査対象とし、近隣他施設や自施設の履歴と比較することが推奨されて

いる⁷⁾。また、連続30症例による自施設線量値の算出が推奨とされているが、今回の検討のように対象症例数や期間を広げて調査することで、自施設の課題や問題点を把握することができる。手作業では現実的に困難な膨大な症例数の解析が可能であり、DRLs2020以外の多数の撮影プロトコルの集計も容易に対応可能であることから、自施設の効率的な線量管理に線量管理ソフトは有用である。今後はより効率的な線量管理ができる環境を構築し、CT検査の最適化を進めたい。

文 献

- 1) 日本学術会議臨床医学委員会 放射線・臨床検査分科会編. CT検査による医療被ばくの低減に関する提言. [引用 2021-07-07].
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t248-1.pdf>
- 2) OECD Data. Computed tomography (CT) scanners. [引用 2021-05-31].
<https://data.oecd.org/healthqt/computed-tomography-ct-scanners.htm>
- 3) 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). [引用 2021-05-31].
http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_jp.pdf
- 4) 田中敬: 技術CT, この1年の進歩—新世代 Area Detector CT『Aquilion ONETM /GENESIS Edition』最新の低被ばく・高画質性能をより多くのご施設に. 映像情報 Medical 48(10): 140-144, 2016.
- 5) Tatsugami F, Higaki T, Nakamura Y, et al.: Deep learning-based image restoration algorithm for coronary CT angiography. Eur Radiol 29(10): 5322-5329, 2019.
- 6) Singh R, Digumarthy SR, Muse VV, et al.: Image Quality and Lesion Detection on Deep Learning Reconstruction and Iterative Reconstruction of Submillisievert Chest and Abdominal CT. AJR Am J Roentgenol 214(3): 566-573, 2020.
- 7) 赤羽正章: Refresher Course 診療用放射線のための安全管理 日本の診断参考レベル 2020年改定. 画像診断 41(5): 517-521, 2021.