

“今こそ復習！” 主任者の基礎知識

第6回 CT検査の医療被ばく

小野 孝二

1. はじめに

日本中を駆け巡った衝撃の3.11から一年が経過した。地震や津波、原発の問題は大きな爪痕を残し、復興に向けて多くの取り組みがなされているが、今もなお社会的、経済的、心理的な問題を提示している。さて、原発事故発生当時に振り返ってみると、放射線の専門家の方々がマスコミでの解説で「直ちに健康影響の出る被ばく線量ではありません。CT検査1回と同じレベルです」と発言されていたのが皆さんの記憶に新しいのではないかと。病院に勤務する医師や放射線技師の方々から「テレビであんなことを発言されると患者さんからCT検査受けても大丈夫なの？」との質問が殺到して仕事やりにくいなあ」とか「本当のところCT検査による健康影響はどうか？」といったような内容の話を私自身幾度となく耳にする機会に遭遇した。ということで今回の主任者の基礎知識コーナーでは“CT検査の医療被ばく”にスポットをあてた。

2. CT画像診断の躍進

X線は1895年にRöntgenによって発見され、人工的に放射線が利用されるようになった直後から医療に欠かせないツールとして利用されてきた。現在では胸部X線検査などの一般撮影をはじめ、CT(Computed Tomography)やPET(Positron Emission Tomography)などの診断、X

線や粒子線を用いた治療、IVR(Interventional Radiology)など幅広い分野で利用され、その技術の発展は目覚ましい。国連科学委員会(UNSCEAR)の報告では医療被ばくの世界平均線量は増加している(図1)。2009年の米国放射線防護審議会(NCRP)では、米国民の受けるすべての放射線量の24%はCT検査から受ける被ばくと報告されており、そういった意味では今や特にCT検査は医療における画像診断に必要不可欠な検査であり、その検査数は年々増加している(図2)。背景にはCT機器の性能向上による画質や情報量の向上、撮影時間の短縮が考えられ、これはCT検出器の多列化(図3)、すなわちマルチスライスCT機器(Multi Detector Computed Tomography: MDCT)

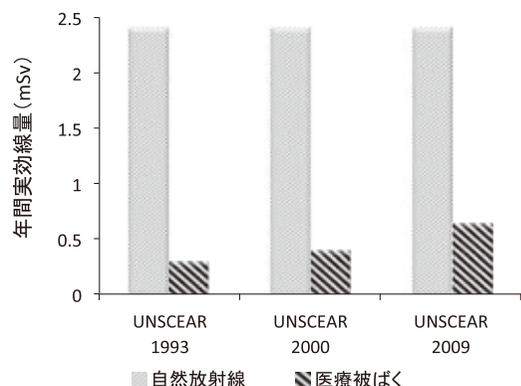


図1 世界の放射線平均線量の推移

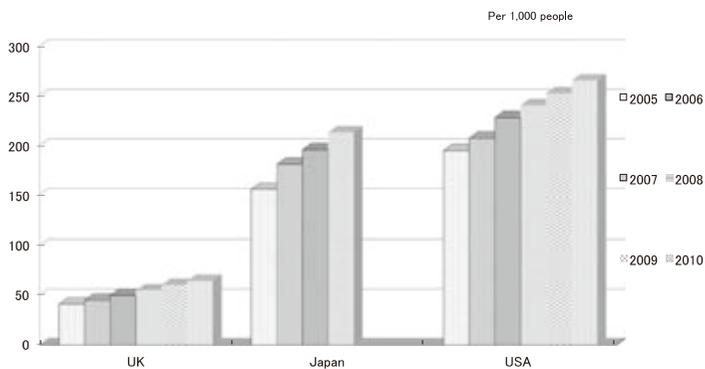


図2 米国、英国、日本のCT検査頻度の推移比較

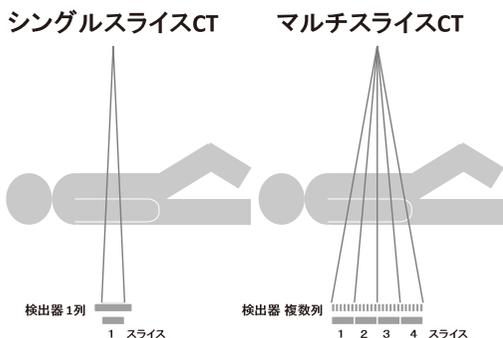


図3 CT検出器の多列化

の登場による。

検出器は列が1つの機器をシングルスライスCT、検出器が2列以上ではMDCTと呼ばれ、4列、6列、8列、10列、12列と進化し、最新の機種では128列を2基搭載したMDCTも誕生している。CT機器の性能について簡単に説明する。20年前は単純CT検査において胸部領域を検査するのに1スライスの画像を得るごとに呼吸の停止を行い、それを30回程度繰り返し、約10分程度の撮影時間を必要としていた。画像はスライスの厚さ1cm、スライスの間隔1cmで情報は現在ほど多くはなく、画質も高画質(細部まで診断できるという意味)ではなかった。現在では、例えば64列のMDCTで胸

部単純CT検査を撮影すると、その撮影時間は5~6秒で終了する。もちろん条件の設定によって撮影時間は変化するが、全身(頸部から骨盤)を撮影しても10秒程度なので、1回の呼吸で頸部から骨盤までの撮影が可能である。

また画質と線量の最適化として、CT-AEC(CT Auto Exposure Control)と呼ばれる、スキヤノグラム(撮影範囲を決める最

初の撮影)を用いて被写体のX線透過長を推定し、ユーザーが設定した画像ノイズ目標値を実現するための管電流パターンをスキャン開始前に決定する技術が活用されている。最近ではスキヤノグラムを使用せず、スキャン中の被写体データに基づいて管電流を変化させる技術も登場している。

画像のスライスの厚さは最小で0.5mm、スライス間隔も0.5mmの設定まで可能な機種もあり、多断面に再構成が可能となり、高画質を得るまでに進化している。その結果、これまで動脈カテーテル検査を行ってきた狭心症などの冠動脈検査も、腕の静脈から造影剤を注入し、非侵襲的にCT検査で数mm程度の径の冠動脈が抽出可能となり、狭心症などの症例もCT画像診断で検査されるようになってきた(図4)。

このように20年で飛躍的な躍進をとげているCTではあるが、医療被ばくの観点からみると従来の利用状況より線量は増加していると推察されている。多列化により被ばく線量は低減される反面、薄いスライスや薄い間隔で撮影すると被ばく線量は増加する。同じ部位を繰り返し撮影したり、検査部位の範囲も広がる傾向にある。例えば乳癌のフォローアップとして、年に数回、ほぼ頸部から骨盤部まで全身の造影撮

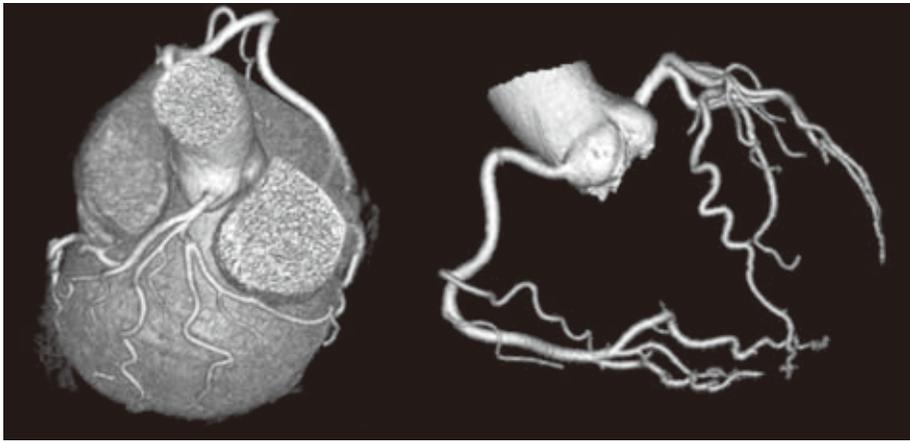


図4 冠動脈 CT 画像 (大分県立病院より提供)

影をルーチン化している施設も見られる。肝、胆、膵癌の精査又はそのフォローアップでは、1回の検査で肝臓単純1相、肝臓造影2相（造影剤のタイミングにより同じ部位を2回撮影すること）、肝臓から骨盤を1相の撮影を年に数回程度定期的に繰り返すといったことも増えている。この場合、1回の検査で肝臓は4回照射される。

3. CT 検査の被ばく線量

CT 検査による被ばくについて、個々の患者ごとに臓器吸収線量を測定することは不可能である。CT 線量は、性別及び年齢、体型によって当然推定値は異なり、使用する CT の機種、撮影条件、撮影部位や検査内容によっても異なる。したがって、国、地域、施設あるいは個人の体型により線量には大きな差が存在しているので、1つの数値で示されている被ばく線量は代表値であることを理解しておく必要がある。ここではその詳細な値についての言及は避ける。先行研究において、人体等価ファントムと線量計を用いての測定値、あるいは人体数学的モデルを利用して計算による被ばく線量の推定

を行う ImPACT、CTExpo、WAZA-ARI といったソフトを用いた結果が報告されている。これら計算ソフトでは、ユーザーが設定した機種等の撮影条件に応じて線量計算に用いられる最適なデータセットが自動的に選択される。例えば WAZA-ARI では、放射線輸送計算コード PHITS を用いた系統的な解析結果が組み込まれており、日本人の男女の成人体型を基に日本原子力研究開発機構によって作成されたボクセルファントム JM-103 及び JF-103、あるいはフロリダ大学開発による4歳児小児ファントムを改良したものをを用いた、AEC 使用時、管電流固定の双方の条件における臓器吸収線量及び実効線量の計算が可能である。詳細は今年度中に試作版が web にて公開される予定なので参照いただきたい (図5)。

一般的に、成人が CT 検査から受ける被ばくの実効線量を 5~30 mSv 程度とすると、胸部 X 線検査は 0.06 mSv 程度なので、CT 検査は胸部 X 線検査のおよそ 100~500 倍程度高い線量である (図6)。医療被ばくには線量限度は設定されていないゆえ、診断参考レベル (Diagnostic Reference Level : DRL) を設定し、ほかの施設



図5 CT線量計算システム“WAZA-ARI”

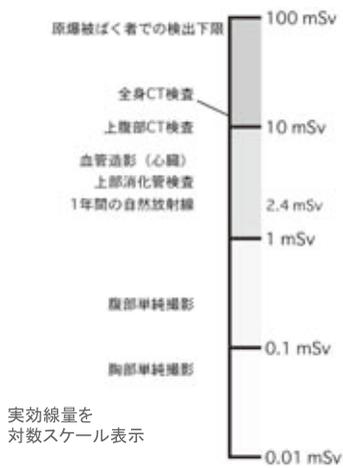


図6 放射線診断からの被ばく線量

の被ばく線量と比較することにより最適化を図ることが国際放射線防護委員会 (ICRP) により提案されている。診断参考レベルは、実際には複数の患者またはある参考とする患者に対して観察された線量分布のパーセンタイル点に基づき、値が選択される。国際原子力機関 (IAEA) のガイダンスレベルでは、CT検査による参考レベルは頭部 50 mGy、腹部 25 mGy としている。これらの値は、CT 特有な線量評価の指標

である Dose Index (CTDI) CT と Dose Length Product (DLP) に基づき、頭部では直径 16 cm、体幹部では直径 32 cm の円柱形 PMMA (アクリル) ファントムを用いて得られる。

4. おわりに

CTにおける医療被ばくを取り巻く状況の一部を紹介する。IAEAでは、国際基本安全基準 (BBS) の検討において、医療被ばくの基準を重要な課題としている。患者、特に小児の個人の被ばく線量の記録を目的とした Smart Card プロジェクトを進めている。また、世界保健機関 (WHO) は、医療被ばくの放射線安全に関するグローバルイニシアチブとして、ヨーロッパにおける小児の CT 検査の影響についての疫学研究などの結果を 2016 年までに取りまとめるとしている。米国のカリフォルニア州では、すべての CT 検査について、患者、検査単位で被ばくの記録管理を義務づける法律を定め、2012 年 7 月 1 日から施行される。この法律は、米国における CT 検査の撮影条件の設定ミスによる過剰被ばくからの健康被害が発端になっている。我が国では、福島第一原子力発電所事故からの環境の放射性汚染によって、個人レベル

主任者 コーナー

で被ばくによる健康影響を管理しなければならない状況に一部の国民はさらされている。今後、前記に加え、医療被ばくについても個人レベルで適切に管理する手法が検討されなければならない状況にある。

医療現場において、CT 機器を保有する施設の医療従事者は、検査内容に応じた被ばく線量を把握し、患者及びその家族とのリスクコミュニケーションに備えておく必要性は今後ますます重要になると考えられる。そのためには放射線影響について得られている知見を十分理解しておく必要がある。

今回は低線量被ばくによる健康影響について紹介する。

参考資料

- ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 (2007)
- National Council on Radiation Protection and Measurements, Ionizing radiation exposure of the population of the United States, Bethesda, MD : NCRP, NCRP Report No.160 (2009)
- United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, Sources of ionizing radiation, Annex A, Medical radiation exposures, New York, United Nations (2008)
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
- IAEA Radiation Protection of Patients (PROP)
https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/1_Radiology/ComputedTomography/diagnostic-reference-levels.htm
- Ono, K., Yoshitake, T., Hasegawa, T., *et al.*, Estimation of the number of CT procedures based on a nationwide survey in Japan, *Health Physics*, **100**, 491-496 (2011)
- ImPACT: ctdi tables. Impactscan.
<http://www.impactscan.org/ctditables.htm>. Accessed October 1, 2011.
- Stamm, G. and Nagel, H.D., CT-expo a novel program for dose evaluation in CT, *Rofo*, **174**(12), 1570-1576 (2002)
- Takahashi, F., Sato, K., Endo, A., *et al.*, WAZA-ARI: computational dosimetry system for X-ray CT examinations II: Development of web-based system, *Radiat Prot Dosimetry*, **146**(1-3), 241-243 (2011)
- Ban, N., Takahashi, F., Sato, K., *et al.*, Development of a web-based CT dose calculator: WAZA-ARI, *Radiat Prot Dosimetry*, **147**(1-2), 333-337 (2011)
- Ban, N., Takahashi, F., Ono, K., *et al.*, WAZA-ARI: computational dosimetry system for X-ray CT examinations II: Development of web-based system, *Radiat Prot Dosimetry*, **146**(1-3), 244-247 (2011)
- 医療放射線リスク専門研究会報告書
<http://www.jhps.or.jp/jhp/wp-content/uploads/2011/12/report2010-12.pdf#search='医療放射線リスク専門研究会報告書'>
(大分県立看護科学大学, 環境保健学研究室)