

医療における放射線防護

エビデンスに基づいて現場の質問に答える

第1部 医療被ばくの現状と考え方

2. 医療被ばくの現状



赤羽 恵一 (独)放射線医学総合研究所重粒子医科学センター医療放射線防護研究室

はじめに

X線発見後100年あまりの間に放射線診療技術は目覚ましく発展し、医療では高度な画像診断および放射線治療が可能になった。私たちはその恩恵を受けており、日本では非常に多くの放射線診療が行われている。そのため、他国と比べて医療被ばくが大きいことが指摘されてきた。海外でも、人工放射線による被ばくの中で占める割合が高いことから、医療被ばくを防護の重要な課題として取り組む動きが大きくなってきている。そこで、日本の医療の現状を、線量を中心に述べる。

放射線診断機器数

日本の放射線診療は、諸外国と比べて多いことが指摘されてきた。放射線診断機器、特にX線CT装置数は多く、年を追うごとに増加する傾向にある。

厚生労働省の平成20年度医療施設調査によると、放射線診療機器数は、マルチスライスCTが5960、他のCTが

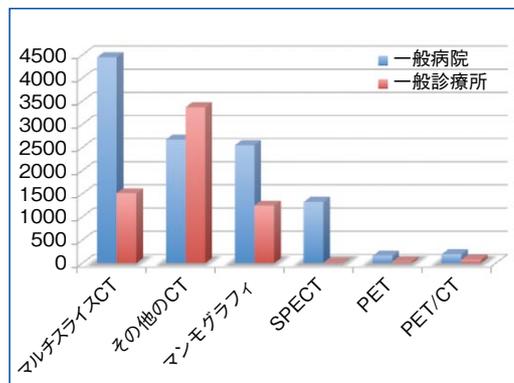


図1 放射線診療機器数 (平成20年度厚生労働省医療施設調査)

6040となっている。また、マンモグラフィは3792、SPECTが1337、PETが199、PET/CTが267である(図1)。これらの装置を用いた放射線診療を実施している施設の割合は、マルチスライスCTでは一般病院50.1%、一般診療所1.5%、その他のCTはそれぞれ、36.6%および3.4%である。マンモグラフィは32.8%と1.1%、PETは病院1.4%、PET/CTが2.1%である。ただし、これらの値は推定値であって、日本の装置および検査数を正確に把握することは現状では困難である。X線CT装置および検査数は年々増加の傾向が認められたが、近年はそれほど増加していないと推定している評価結果もある。

OECDは2009年に“OECD Health Data”を公表したが、その中に世界30か国の種々の比較データが示されている。それによると、日本の2002年における

X線CT装置数は100万人あたり92.6台で、他国に比べて非常に大きな値を示している。ちなみに、2番目のオーストラリアでも100万人あたりの推定値は2002年は34.1台、2006年は56.0台である(図2)。放射線診療機器の台数に関しては、必ずしも精度の高い統計データがあるわけではないが、既報データからは、日本は現在人口1万人あたりおよそ1台のX線CT装置があると推定される。

X線CT装置以外に、MRI装置も他の国々より人口あたりの台数が非常に多いことがOECDのデータに示されている(2002年および2005年の100万人あたり装置数がそれぞれ、35.3台および40.1台)。しかし、すべての放射線診療機器が多いわけではなく、例えば放射線治療装置は2002年および2005年でそれぞれ、100万人あたり6.6台および6.8台で、OECDの30か国の比較の中では低い方に入る。

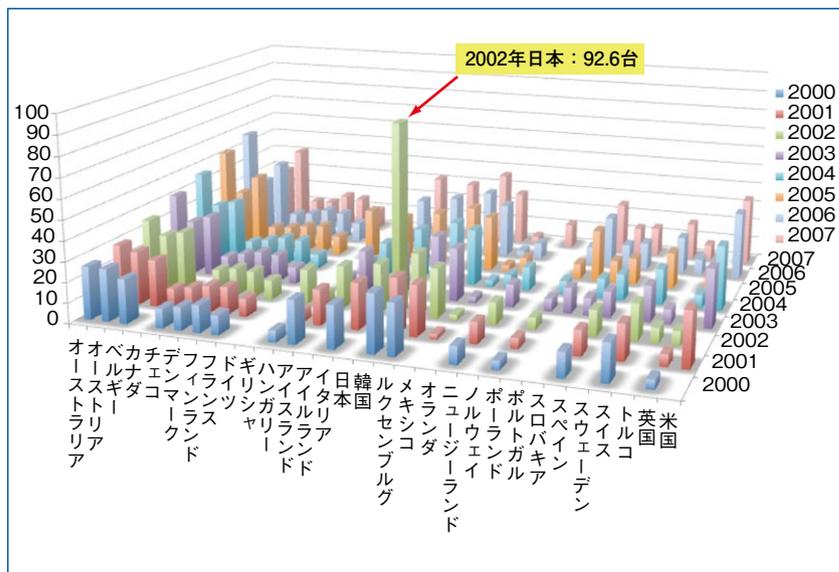


図2 人口100万人あたりX線CT装置数 (OECD Health Data 2009)

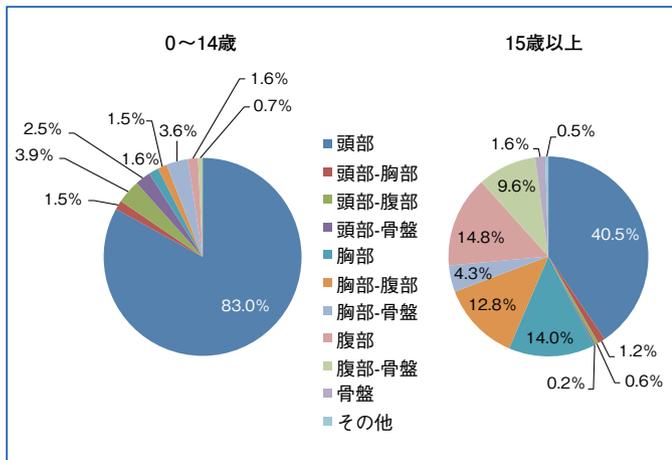


図3 X線CTの検査部位別割合 (放医研2000年実態調査データより)

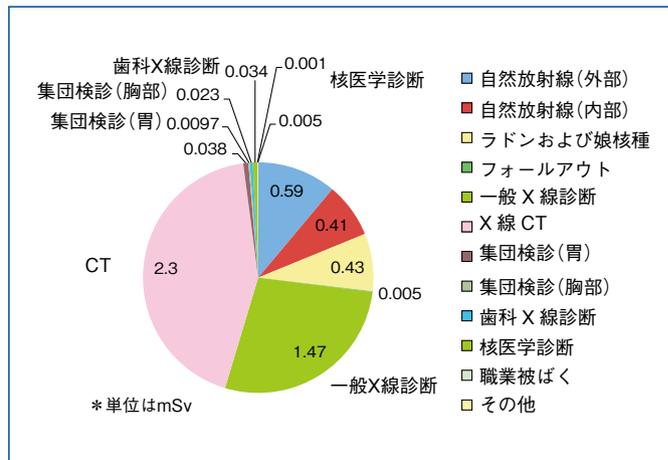


図4 日本の一人あたり年間被ばく線量の内訳

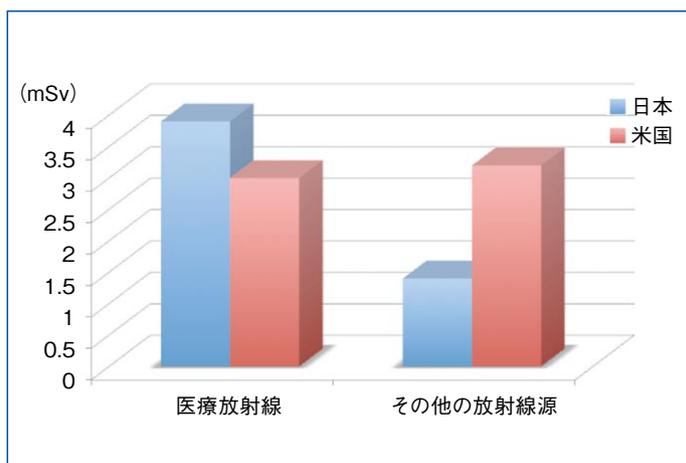


図5 被ばくに占める医療放射線の割合比較 (日本と米国)

と一般X線診断が多く、ラドン等は少ない状況である(図4)。

線量評価の精度を考慮すると、日本も米国も1人あたりの被ばく線量にはそれほど差がないが、比率として医療放射線の影響が大きいと言える(図5)。

現場における正当化と最適化の現状

個々の放射線診療の際の正当化については、実際には医師・歯科医師の経験的な判断に委ねられているのが実状である。概して適切な判断が行われていると思われるが、短時間に高画質の画像が得られるようになり、疾病やケガの見落としを防止するために安易にX線診断、特にX線CT検査が選択され、撮影範囲も広めに検査が行われる事例もあることは否めない。適切な判断が求められる。

医療の現場における最適化については、例えばX線検査では、X線発生装置の管電圧・管電流・照射野などの照射条件の設定が重要である。また、放射線診断では、最適化の過程の中で診断参考レベル(Diagnostic Reference Level: DRL)を用いるべきであると国際放射線防護委員会(ICRP)は勧告しており、IAEAはガイダンスレベルとして具体的な数値を示した。日本では日本放射線技師会がガイドラインとして、日本のデータを基に独自に設定した値を公表している。これらの線量指標は、一般的なX線撮影では入射表面線量、X線CTはCTDI、核医学は投与放射能、マ

放射線診断の頻度

日本の放射線診断の頻度は、装置数同様に高いと言える。X線CT検査について放射線医学総合研究所(放医研)が2000年に行った実態調査では、撮影部位は0～14歳の被検者では約83%が頭部の検査である。15歳以上でも頭部検査は全体の約40.5%を占め、腹部14.8%、胸部14.0%と続く(図3)。米国の“NCRP REPORT No.160”によると、2006年の米国におけるX線CT検査でも、頭部検査が単独部位としては一番多いことが示されている。同REPORTでは、1993～2006年までのX線CT検査数が漸増している経時的推移のデータもあり、2005年における検査数は5760万件である。科研費甲斐班の推定では、日本のCT検査数は2005年

で約2700万件と、米国の約半分程度となっている。

全被ばくにおける医療被ばくの割合

“NCRP PEPOR T No.160”では、米国民が1年間に受ける放射線被ばくの線量は、1人あたり6.2mSvと評価されている。そのうち、最も高い割合を占めているのはラドンとトリウムである(全体の37%:約2.3mSv)。医療被ばくは、CTが24%(約1.5mSv)、核医学が12%(約0.74mSv)、IVRが7%(約0.43mSv)、X線撮影・透視が5%(約0.31mSv)となっている。

一方、日本は、1人あたりの被ばく線量が約5.3mSv/年で、CTが約2.3mSv、一般X線診断が1.47mSv、ラドンおよび娘核種が0.43mSvと、米国よりもCT

2. 医療被ばくの現状

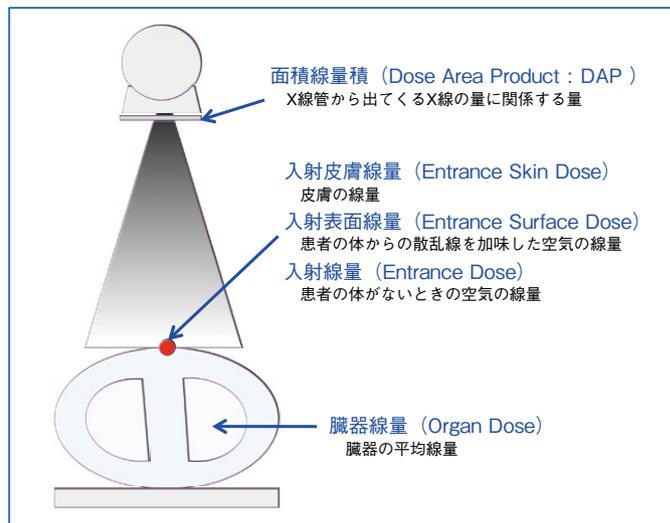


図6 X線診断における被ばくを表す指標の例

ンモグラフィは乳腺線量などである。海外ではDRLを医療被ばく防護の手法として採用している国々もあるが、日本ではまだ規制に取り入れられていない。DRLを用いるためには、医療施設で実際に行われている放射線診断の線量を測定あるいは計算で評価する必要がある。DRLと比較して線量が高い場合には、線量低減の可能性を検討することになる。

医療被ばくの線量

1. 医療被ばくの線量指標

「医療被ばく」と一口に言っても、歯科撮影のような低い線量レベルから、IVRや放射線治療のように高い線量レベルまで、多岐にわたっている。また、線量を表す指標にも多くの種類があり(臓器吸収線量、等価線量、実効線量、入射表面線量、皮膚線量、CTDI、DLP、乳腺線量など)、これまでに数多くの線量評価データが報告されている。

臓器吸収線量は、放射線のリスク評価の基本となる線量である。等価線量・実効線量は、放射線の種類による影響の違いと、臓器による放射線感受性の違いを考慮した線量で、防護のために用いられる。また、対象が医療放射線のみで、診断参考レベルとしても用いられている指標では、入射表面線量(Entrance Surface Dose : ESD)、CTDI(CT Dose Index)などがある。入射表面線量は患者の放射線入射表面における空気の吸収線量だが、患者の皮膚の線量を表す入射皮膚線量(Entrance Skin

Dose)と混同される場合があるので注意が必要である(図6)。

CTDIは、体幹部では直径32cm、頭部は16cmの円柱形PMMA(アクリル)ファントムの中心における空気吸収線量で示される指標で、ファントム辺縁部の線量を考慮して加重和を取ったCTDI_w、CTDI_wをピッチファクタ(1回転あたりのテーブル移動量/ビーム幅)で割ったCTDI_{vol}など、複数の種類がある。スキャン範囲により被ばくが異なることから、CTDI_{vol}にスキャン長を乗じた値が長さ線量積(Dose Length Product : DLP)である。

ほかにも、X線管球から出てくるX線の線量を表す指標に面積線量積(Dose Area Product : DAP)がある。異なる種類の放射線診療の線量を比較するために、指標として実効線量(単位はmSv : ミリシーベルト)が用いられる。

医療被ばく線量の具体的な値に関して、さまざまなデータが報告されている。しかし、同一種類の放射線診療でも、国、地域、病院、装置、放射線診療従事者の違いにより、線量にも大きな差が存在している。そのため、1つの数値で示されている被ばく線量は、あくまでも平均値あるいは代表値であることを理解した上で用いる必要がある。国連科学委員会(UNSCEAR)は数年に一度、世界各国に対し放射線に関する調査を行い、その結果をまとめて報告書として総会に報告している。近いうちに最新の報告書が出される予定になっているが、既存の最

近の報告書は2000年に出されたものになる。

2. 胸部撮影

胸部撮影では、“UNSCEAR 2000年報告書”に19か国の平均値(実効線量)として0.14mSv、日本は0.057mSvというデータが示されている。診断参考レベル(入射表面線量)は、IAEAガイダンスレベルが0.4mGy、日本放射線技師会ガイドラインが0.3mGyである。

3. 上部消化管検査

上部消化管検査では、“UNSCEAR 2000年報告書”で19か国平均(実効線量)が3.6mSv、日本が3.33mSvで、診断参考レベル(入射表面線量)は日本放射線技師会ガイドラインで直接が100mGy、間接が50mGyである。

4. X線CT撮影

CT撮影は、UNSCEARに日本を含めた9か国のデータが頭部、胸部、腹部検査に対する実効線量として報告されており、それぞれ0.8~5.0mSv、4.6~20.5mSv、6~27.4mSvとなっている。放医研では人体を高度に模擬した物理ファントムと線量計素子を用いた臓器線量測定を行い、頭部、胸部、腹部-骨盤検査でそれぞれ1.0~2.1mSv、5.1~15.5mSv、7.6~21.9mSvという値を得ている。診断参考レベルは頭部と腹部検査に対するCTDIの値として、IAEAガイダンスレベルが50mGyおよび25mGy、日本放射線技師会ガイドラインが65mGyおよび20mGyである。

5. 核医学検査

核医学では、“UNSCEAR 2000年報告書”に9か国平均として、腎臓、骨、心臓血管、甲状腺摂取の実効線量が1.5mSv、4.5mSv、8mSv、15mSvと示されている。日本核医学会・日本核医学技術学会・日本アイソトープ協会が作成した『核医学検査Q & A』には1回あたり1~15mSvと紹介されている。診断参考レベルは、IAEA、技師会とも、核種・放射性医薬品ごとに投与量の値が個別に示されている。PET検査はUNSCEARが2~10mSv、日本核医学会・日本アイソトープ協会の『PET検査Q & A』は¹⁸F-FDG検査で3.5mSvとしている。

6. 乳房撮影

乳房撮影は、乳腺線量としてUNSCEAR

表1 各放射線診療の診断参考レベルと被ばく線量

検査の種類	診断参考レベル			被ばく線量	
	IAEA ガイダンスレベル	日本放射線技師会 ガイドライン	線量の種類	線量	線量の種類
胸部撮影	0.4 mGy	0.3 mGy	入射表面線量	0.06 mSv 程度	実効線量
上部消化管検査		直接 100 mGy, 間接 50 mGy	入射表面線量	3 mSv 程度	実効線量
CT 撮影	頭部 50 mGy, 腹部 25 mGy	頭部 65 mGy, 腹部 20 mGy	CTDI	5 ~ 30 mSv 程度	実効線量
核医学検査	放射性医薬品ごとの値	放射性医薬品ごとの値	投与放射能	0.5 ~ 15 mSv 程度	実効線量
PET 検査	〃	〃	〃	2 ~ 10 mSv 程度	実効線量
乳房撮影	3 mGy	2 mGy	乳腺線量	2 mGy 程度	乳腺線量
透視	通常 25 mGy/分 (高レベル 100 mGy/分)	透視線量率 25 mGy/分	入射表面線量率	手技により異なる	
歯科撮影	(なし)	(なし)		2 ~ 10 μ Sv 程度	実効線量

の23か国のデータで0.23 ~ 2.71 mGy (日本1.8 mGy)、入射表面線量は17か国が5.2 ~ 11.08 mGyという数値である。放医研が4種類のデジタルマンモグラフィ装置に対して行った測定結果は、平均値が1.74 mGyであった。また、診断参考レベル(乳腺線量)は、IAEAが3 mGy、日本放射線技師会が2 mGyである。

7. IVR, 透視

IVRは、透視をしながら治療の手技も行われることから、他の診断とは異なる面を持っている。線量も、確定的影響(皮膚障害など)が問題になるほどの線量レベルに達することもまれではない。UNSCEARでは種々の手技に対する各国からのデータがまとめられているが、例えば複数の文献から、PTCAは皮膚線量が0.1 ~ 0.5 Gy、実効線量は6.9 ~ 28.9 mSv、面積線量が28.5 ~ 143 Gy \cdot cm²という値が載っている。IVRに関しては、ICRPがPublication 85「IVRにおける放射線傷害の回避」の中で、繰り返される手技は1 Gy、いかなる手技も3 Gyに近づいたり超えたりした場合には、線量を診療録に記載すべきであると勧告している。透視の線量では、診断参考レベル(入射表面線量)をIAEAが通常で25 mGy/分、高レベルが100 mGy/分としている。日本放射線技師会は25 mGy/分という値を示している。

8. 歯科撮影

歯科は、他の手技と比較し、局所の

被ばくで線量レベルも低いという特徴がある。“UNSCEAR 2000年報告書”では27か国の平均(実効線量)として、口内法が13 μ Sv(日本14 μ Sv)、パノラマ法が12 μ Sv(日本11 μ Sv)という値が載っている。放医研と日本大学が測定した結果は、口内法の皮膚線量が2.5 ~ 4 mSvという値であった。

9. 被ばく線量レベル

上記のUNSCEARや放医研の測定データなどを考慮すると、各放射線診断の被ばく線量レベルは、大まかに歯科撮影は0.01 mSv程度、胸部撮影は0.06 mSv程度、上部消化管撮影は3 mSv程度、CT撮影は0.5 ~ 数十 mSv程度、核医学検査は0.5 ~ 15 mSv程度、PET検査が2 ~ 10 mSv程度と評価されている。また、個々の臓器が受ける線量は臓器吸収線量(単位はmGy: ミリグレイ)と呼ばれ、乳房撮影では乳腺線量が2 mGy程度である。これらの数値はあくまでも目安であって、異なる数値を示しているデータ源も多々ある。実際には同一の診断でも非常に低い線量から高い線量まで10倍以上の差があることもまれではないが、被ばくのレベルを考えるのには有用である(表1)。

医療被ばくの課題

先述のとおり、医療被ばくの防護では、いかに適切に正当化・最適化を行うか、ということが重要になる。たとえ国民全体が受ける医療被ばくが大きくても、正当化・最適化が適切に行われていれば、

それは適切な医療が広く行われているという、大きなベネフィットを意味する。しかし、診断参考レベルの利用がICRPにより勧告され、具体的数値が複数の組織・機関から出されていることからわかるように、まだ改善の余地があり、不安を抱いている患者さんも多いのが現状である。正当化・最適化の判断のみならず、患者さんの不安や疑問に答えるためにも、利用している放射線診療の線量レベルを把握しておくことと、線量とリスクの関係のある程度知っておくことも大切なことである。

●参考文献

- 1) 放射線医学総合研究所 監訳: 放射線の線源と影響。原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する2000年報告書, 東京, 実業公報社, 2002.
- 2) NCRP: NCRP REPORT No.160. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, National Council on Radiation Protection and Measurements, 2009. IAEA: Safety Series No. 115. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA, Vienna, 1996.
- 3) 日本放射線技師会: 放射線量適正化のための医療被曝ガイドライン。東京, 文光堂, 2009.
- 4) 日本アイソトープ協会翻訳発行: ICRP Publication 60. 国際放射線防護委員会の1990年勧告, 東京, 丸善, 1991.
- 5) 日本アイソトープ協会翻訳発行: ICRP Publication 103. 国際放射線防護委員会の2007年勧告, 東京, 丸善, 2009.
- 6) 日本アイソトープ協会翻訳発行: ICRP Publication 85. IVRにおける放射線傷害の回避, 東京, 丸善, 2003.

●参考URL

OECDデータ <http://stats.oecd.org/Index.aspx>