

<特集「画像診断を取り巻く最近の話題」>

被ばくの基礎知識

大野和子*

京都医療科学大学

Radiation-related Knowledge for Physicians

Kazuko Ohno

Kyoto Collage of Medical Science

抄 録

放射線診療は誰でも安全に安心して受けることが出来る診療であり、診療時の侵襲の少なさから今後ますますの発展が期待されている。放射線診療の責任は依頼する医師と実施する放射線科医にあり、患者を被ばくさせる正当な理由に基づいて、診断情報や治療効果を得るために最適の線量を用いて実施しなければならない。また、医師・歯科医師は人への放射線照射の決定権を付与された専門職として、当然のように生物学的な影響を含む放射線・放射線防護に関する基礎知識有すると、患者や医療スタッフから信頼される立場にある。

今後も放射線診療が安心できる医療として広く利用され続けるために不可欠な、医療放射線被ばくの基礎知識について臨床現場で活用できる形で提供する。

キーワード：医療放射線被ばく、放射線防護。

Abstract

Over the years, diagnostic radiology has been developed. There are obvious benefit for patient health. But in each radiological diagnosis, requesting clinician and radiologist must also judge the benefit/radiation risk ratio.

In this report, many basic information on radiation risks, the internal and external radiation exposure, as well as answers to frequently asked questions (e.g. pregnant patient and child patient) are provided. I hope this report would be useful for physicians of Kyoto Prefecture University of Medicine.

Key Words: Medical radiation exposure, Radiation protection.

目 的

レントゲン博士がエックス線の存在を報告し

た 1895 年の論文には妻の手の骨の画像が収載されている。これは、エックス線が医療に大きく貢献することを示唆しており、論文発表翌年

令和 2 年 1 月 6 日受付 令和 2 年 1 月 6 日受理

*連絡先 大野和子 〒622-0041 京都府南丹市園部町小山東町今北1-3

kakochan@kyoto-msc.jp

doi:10.32206/jkpum.129.02.147

にはドイツで内科医らを前にして、レントゲン博士が講演を行っている。その後放射線の医学利用は急速に進歩し続け、今日では、診断・治療のあらゆる場面で必要不可欠な存在となっている。放射線診療を行う医師も、放射線科医だけでなく、救急救命医、循環器内科・外科、脳神経外科、整形外科等に拡大している。患者を救命するための新たな技術が次々と開発されていく一方で、基本的な放射線被ばくに関する卒業教育は取り残されてきた。医療の要の一つである医療安全の見地から放射線に関する知見を医師が共有することは、今後益々放射線診療が発展するためには必要不可欠と考える。

1. 放射線はどこにあるか

地球上で人々が日常生活を営むあらゆる場所に存在する。

放射線・放射性物質は固体・液体・気体の形状で地球上のあらゆる場所に自然に存在する。例えば家の建材に含まれる砂利にはわずかにラジウムが存在し、ここから放出されるラドンガスを我々は常に呼吸に伴い体内に取り込んでいる。放射線・放射性物質が自然には存在しないと認識している人々も多いことを医師は知っておくべきである。

2. 放射線の単位

ベクレル (Bq), グレイ (Gy), シーベルト (Sv) がある。

物質が放射線を出す量、放射エネルギーには Bq、人や物に放射線を照射し吸収された量は Gy、放射線照射による人への影響を推計する実効線量には Sv を単位として用いる。

3. 医療における放射線量の計測

放射エネルギーと吸収線量を用いて定量化する。

核医学診療で利用する放射性医薬品は、数秒～数時間以内に放出する放射線量が半減するものが多い。このため、医薬品の溶液量ではなく、そこから出ている放射線量 Bq を計測して患者に投与する。エックス線や CT 撮影、また放射線治療では、診療に必要な放射線量が患者に吸収されることで、診断に適した画像を得たり、がん治療を行ったりしている。この場合は吸収線量 Gy を用いる。

4. 実効線量を患者の被ばくに用いてよいか

個々の患者に用いるべきではない。

実効線量は実測値ではないため個々の患者には用いない。国際的に認められた模擬人体への照射として推計し、検査方法の正当性（放射線影響が大きすぎないかの判断）や健康診断実施年齢（例えばマンモグラフィ健診はこの考え方に則り 30 歳以上としている）の決定など、放射線利用の事前の判断に利用する。実効線量の主たる利用目的は放射線従事者の放射線防護である。

5. 放射線の作用機序はどのようなものか

DNA の損傷作用がある。

細胞分裂段階で放射線による染色体異常が生じると、DNA に決定的な損傷が生じ細胞死に至ることがある。これは放射線治療に応用している。放射線検査で細胞死に陥るような大量の放射線は用いないが、体内の水分子が放射線分解を受けて生成したフリーラジカルにより、DNA に科学的損傷を起こすことがある。損傷の多くは一本鎖切断だが、まれには二本鎖切断も生じる。二本鎖切断は修復が複雑で誤修復となる場合が多い。ここからさらに染色体異常、遺伝子突然変異を来すと発がん第 1 プロセスに到達する。その後、放射線以外の原因も加わった何度かの突然変異を経てがんが発生すると考えられている。

6. 人への発がんのリスクは放射線で増えるか

放射線での増加は確認されている。

広島・長崎の原爆被爆者の疫学調査結果等より、200 mGy 以上では線量の増加に伴うがんの発生が確認されている。100 mGy 以下の被ばく量では、その影響が小さいために潜在的な発がん影響を検出できない。100 mGy のところに、しきいとなる値が存在するのではなく、これには、喫煙や食習慣等の発がんに関するその他の交絡因子やがんの自然発生率が影響しているためと考えられている。

7. 放射線による遺伝的影響はあるか

遺伝的影響は認められていない。

広島、長崎の原爆生存者の二世、三世を対象とした調査研究で遺伝的影響は検出されていない。

い。

8. 患者の放射線診療を決定するのは誰か

医師・歯科医師のみが決定権を持つ。

患者の放射線被ばくを正当化できる唯一の理由は、放射線診療をうけることが患者にとって、非常に大きな利益を与える（検査やIVRに伴う小さな放射線リスクの増加はあっても）との医師・歯科医師の判断の存在である。また、場合によっては超音波検査やMRI検査の方が有益な情報を得られる時もあるため、依頼を受けた放射線科専門医からこのような検査変更のアドバイスを受けた場合は柔軟に対応する必要がある。

9. 診断精度に影響なく放射線量を管理できるのか

診断に影響しない放射線量の管理は可能。

放射線量の管理は低減だけが目的では無く、適切な線量を利用することにある。放射線装置の性能を十分に理解していれば、画質を担保しながら線量を適切に低下させることができる。これには、診療放射線技師と、放射線科専門医、依頼医の協力に基づいた読影実験が基礎となる。また、依頼医と放射線科医の十分な連携により撮影範囲を絞ることが可能となり、患者被

ばく量は減少する。CTの造影検査では、目的に合った撮影プロトコールを作成することで、診断に寄与する画像のみを収集できる。

10. 妊婦への放射線診断は配慮が必要か

特別な配慮をする。

放射線診断で用いる放射線量は胎児への形態異常や精神発達遅延の影響となる量よりも少ない（図1）。しかし、リスクのあるものはできるだけ減らすとの安全の基本に則り、撮影範囲のより厳格な設定や線量の低減をする。なお、ほとんどの患者は妊婦の放射線検査は禁忌と感じているので、必要な検査の時は充分にその有用性と安全性を説明する。

11. 小児への放射線診断は配慮が必要か

特別な配慮をする。

小児のからだは成長過程のため、成人よりも数倍放射線影響を受けやすいとされている¹⁾。体格に合わせた少ない線量での適切な撮影プロトコールを準備しておく。

12. 放射線検査を行う場合の患者あたりの回数制限はあるか

回数制限はない。

放射線診療に伴う患者の被ばく線量に上限は設定されていない。放射線による多少の被ばく

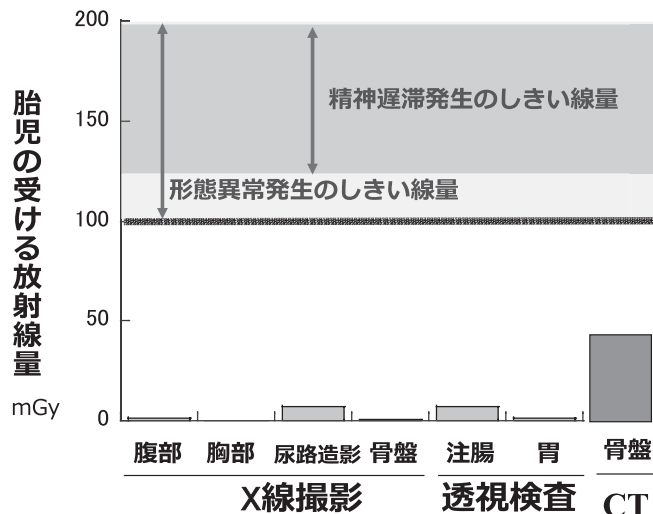


図1 妊婦にエックス線検査を実施した場合の胎児線量
しきい線量以下で検査を実施できる（しきい線量とは集団の1%に異常が出現する値）。

リスクはあるにしても、医師が必要と判断した放射線診療を中止する理由とはなり得ない。この意義を依頼医は重く受け止める必要がある。

13. ポータブル撮影で同室の患者を移動させる必要があるか
移動の必要は無い。

ポータブル撮影で利用する放射線のエネルギーであれば、2 m以上の距離を取れば問題は無い。なお、医療スタッフが撮影を受ける患者に近づいて支えるような場合は防護衣を着用する。

14. IVRの患者副作用で注意すべきこととはにか
患者の皮膚障害の発生に注意する。

IVRで用いる放射線は照射している皮膚表面の線量が最も高くなる。長時間の透視継続は、皮膚の障害をおこし潰瘍形成に陥る場合もあ

る。「IVRに伴う皮膚障害の防止に関するガイドライン」²⁾に詳細な対応方法が記載されているので参考にする。

15. 放射線従事者の被ばく低減方法はあるか
多くの低減方法がある。

被ばくの低減効果は、個人線量計を着用していれば実測値として確認できる。この装着は放射線診療従事者の基本行為であり、装着を忘れての撮影室への立ち入りはインシデントに相当する。

放射線はその発生源からの距離が2倍になると放射線量は1/4に減る。適切な距離を保つことを心がける。透視では線量率を下げることや、エックス線管を透視台の下に来るように設定することも効果が高い。図2に示す従事者防護の要点10 (IAEA作成、日本医学放射線学会が許可を得て一部改訂後翻訳)を参照する。

エックス線透視における 従事者防護の要点: 10

1 防御デバイスの使用

90% 防御能力

前合わせのプロテクターを使用すれば、前方0.25mm鉛当量、後方0.25mm鉛当量の遮蔽能力を持つ。スカートタイプのプロテクター重さを分散できる。

防護メガネ 側面まで防護可能

頭部の防護

2 時間・距離・遮蔽の3原則

短い時間で

放射線発生源からの距離を取る

遮蔽板・防護衣の活用

3 遮蔽板の利用

90% 防御能力

これらの活用により、散乱線を90%以上低減できます。

天井吊り遮蔽板 (固定型/リクライニング型)

L型遮蔽板

テーブルカーテン型

可動型の遮蔽板

X rays

シネ血管撮影時は、可動型の遮蔽板が望ましい。

4 透視の視野に手を入れないようにする

透視の中央部に手を入れることは、照射条件 (kV, mA) の増加につながり、患者とスタッフの放射線被ばくが増加します。どうしても避けることができない場合を除いては、手を入れないようにします。

5 患者に照射された線量の1~5%だけが患者を通り抜ける

X線透視 (受検側) 側に立つこと。検出側の線量は入射線量のわずか1~5%となり、そこからの散乱線も同様に減少しています。

正解 X線管球 X線管球

誤り X線管球 X線管球

6 X線管球は常にテーブルの下にあること

テーブルの上側にX線管球が位置する状態では、できる限り使用しない。アンダーチューブシステムは、散乱線の防止に効果的です。

正解 X線管球

誤り X線管球

7 個人線量計を着用する

少なくとも2つの線量計を装着すること

1個目 ▶ 胸部レベルの防護衣内側

2個目 ▶ 頸部または目のレベル

防護衣の外側で、さらに手がX線直接線の近くで作業する場合、指リング線量計の追加使用が望ましい。リアルタイム線量測定システムは、術者が手毎に線量を確認できるため、被ばくの低減に有用です。

天井吊り遮蔽板

指リング線量計

患者

X線管球

頸部または目のレベルに装着

1個目 胸部のレベルで防護衣の内側に装着

防護衣

防護用テーブルカーテン

8 放射線被ばくに関する、あなたの知識を常に更新すること

9 放射線防護上の疑問点については「放射線科専門医」へ相談する

QA

10 透視装置の品質管理を怠らず、また特性に沿った適切な使用を心がけ、安全かつ安定した性能を保つこと

患者被ばくの減少は、つねに医療従事者の被ばく軽減につながります





日本医学放射線学会
日本インターベンショナルラジオロジー学会
医療放射線防護連絡協議会

<https://www.iaea.org>

図2 エックス線透視における従事者防護の要点10

おわりに

2020年4月より改正された医療法施行規則が実施となる³⁾。ここでは患者の医療被ばく管理が強化される。各施設には医療放射線安全管理責任者の設置が義務づけられる。この責任者をリーダーとして、病院毎に放射線安全利用の指針を策定し、CTやIVRの患者線量の記録を

含む放射線診療の安全管理の推進、検査を依頼する医師も含めた教育訓練の実施、放射線診療に対する患者との情報共有の推進等を行う。医療施設一丸となった放射線診療の安全利用がさらに求められる。

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

文 献

- 1) Kotaro Ozasa, Yukiko Shimizu, Akihiko Suyama, Fumiyoshi Kasagi, Midori Soda, Eric J. Grant, Ritsu Sakata, Hiromi Sugiyama and Kazunori Kodama. Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950-2003. RAD RES, 177: 229-243, 2012. An Overview of Cancer and Noncancer Diseases
- 2) IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン <http://www.fujita-hu.ac.jp/~ssuzuki/bougo/book/ivr.pdf>
- 3) 厚生労働省令第21号 平成31年3月11日官報号外第45号 <https://kanpou.npb.go.jp/old/20190311/20190311g00045/20190311g000450006f.html>

参 考 資 料

本稿の記載内容は、放射線科専門医向けの教科書に多数記載されている事項である。個別の文献を読むよりも以下の資料のうち興味のあるもの利用を勧める。

- 1) 現代人のための放射線生物学 小松賢志 京都大学学術出版会
- 2) 看護師のための放射線科入門 大野和子 京都医療科学大学
- 3) 放射線についておはなしします (ポータルサイト) <https://radiation-protection.jp>
- 4) 放射線とあなたの患者—臨床医のためのガイダンス—ICRP Supporting Guidance 2 http://www.icrp.org/docs/SG02_Japanese.pdf

著者プロフィール



大野 和子 Kasuko Ohno

所属・職：京都医療科学大学医療科学部・教授

略 歴：1992年3月 愛知医科大学医学部大学院博士課程終了

1992年4月 愛知医科大学附属病院放射線医学教室

2006年6月～10月

2006年11月 愛知医科大学附属病院放射線医学教室

2007年4月～現職

専門分野：放射線診・医療放射線防護

最近興味のあること：女性の社会参画

- 主な業績：1. Sumi Yokoyama, K Ohno et al, Current situations and discussions in Japan in relation to the new occupational equivalent dose limit for the lens of the eye. *J. Radiol. Prot*, **37**: 659, 2017.
2. Yamashita Y, Murayama S, Okada M, Watanabe Y, Ohno K, Awai K et al. The essence of the Japan Radiological Society/Japanese College of Radiology Imaging Guideline. *JJR*, **34**: 43-79, 2016.
3. 大野和子, 長畑智政, 菊池 透, 奥村泰彦, 川瀬滋人, 坂本 肇, 鈴木昇一, 原田康雄, 山口一郎, *医療領域の放射線管理マニュアル— Q & A・医療関係法令—*, 医療放射線防護連絡協議会, 2016.
4. 大野和子：「市立甲府病院」RI検査における放射性医薬品過量投与事故調査を教訓にして：*医療放射線防護*, **71**; 39-45, 2015.