

最近の放射線防護のトピックス

-診断参考レベルと従事者の水晶体被ばく管理-

公益社団法人 日本放射線技術学会 放射線防護委員長
総合病院国保旭中央病院診療技術部放射線科
五十嵐隆元 先生

1.はじめに

医療における患者の放射線防護は、正当化と最適化という2つの大きな放射線防護原則に基づいている。International Commission on Radiological Protection (ICRP)は医療被ばくについては、正当化された検査をALARA (as low as reasonably achievable)原則により、経済的、社会的要因を考慮に入れられる限り低い線量に保ち、最適化するよう勧告している。

その後ICRPは放射線診断における防護の最適化を推進するために、患者に対するDiagnostic reference levels (DRLs)の使用をPublication73¹⁾で勧告した。しかしながら、我が国はDRLsの設定が他国に比べ遅れているのが現状である。また国際原子力機関(International Atomic Energy Agency : IAEA)のRadiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (BSS)²⁾やICRP2007年勧告³⁾においても、今までの最適化の概念であったガイダンスレベルに替えて、DRLsを線量最適化のためのツールとして採用している。本稿ではDRLsの概念の理解を進めるため、その概要をできるだけ平易に述べることにする。

それとともに、ここ数年でICRPやIAEAより水晶体のしきい線量について500mGyという値が示され、あわせて職業被ばくに対する水晶体の等価線量限度が5年間で100mSv、かつ1年最大50mSvという数値が提言された^{2,4,5)}。線量限度については、いずれ将来的にわが国の法令にも取り入れられるものと思われる。この2つは影響(しきい線量)とコンプライアンス(線量限度)と別の用途のものである。線量限度は法令として取り入れられて初めて発効するものであり、上記の新しい線量限度は現時点でわ

が国の法令に取り入れられてはいないため、発効されていない。しきい線量は法的な数値ではなく、放射線診療従事者の健康に直結するものであるため、今すぐにでもこのしきい線量で放射線診療従事者の線量管理や防護措置を行う必要がある。

特に確定的影響については、発生させないということが従事者管理の基本であり、今回のしきい線量の変更は、そのような意味でも管理者側にとっては大きな意味を持つものであるため、十分な注意が必要となる。

2.診断参考レベル(Diagnostic reference levels:DRLs)とは

それぞれの撮影に対し、定められた標準的な体型もしくは標準ファントムで、多施設における測定ベースによって得た線量値の分布を取り、その中のある特定の百分位数に上方値のレベルを設定したものをいう(Fig.1)。Fig.1では75パーセンタイル値が上方値として設定されており、一般的にも75パーセンタイル(第3四分位数)が用いられている。

また最近では、上方値だけでなく下方値も設定した診断参考レンジ(Diagnostic reference Ranges(DRRs))と言う考えも始まっている(Fig.2)⁶⁾。DRRsは、小児の撮影やマンモグラフィのような、放射線感受性が比較的高く医療被ばくに対して大きな注意が払われる撮影について適用されている場合が多い。これは必要以上に線量を下げ過ぎて、線量不足により診断価値を損なうことを避けるために設定されている。ただし、近年のデジタル化の普及により、あらゆるデジタル撮影においても、このようなことが起こり得るようになってきており、今後は多くのDRLsがDRRsに推移していくようにも思える。

DRLsについて理解し易くするために、以下にその特徴を列記する⁷⁾。

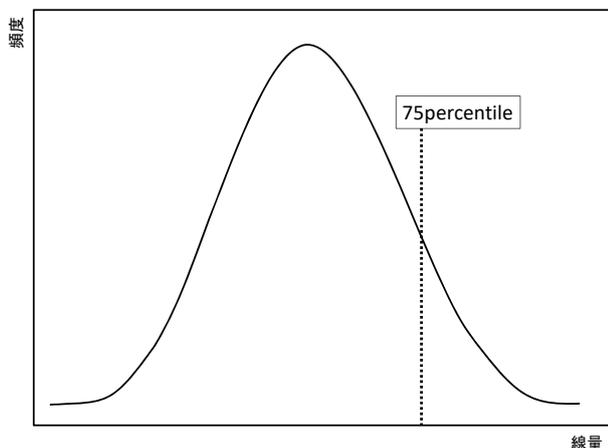


Fig.1 診断参考レベル

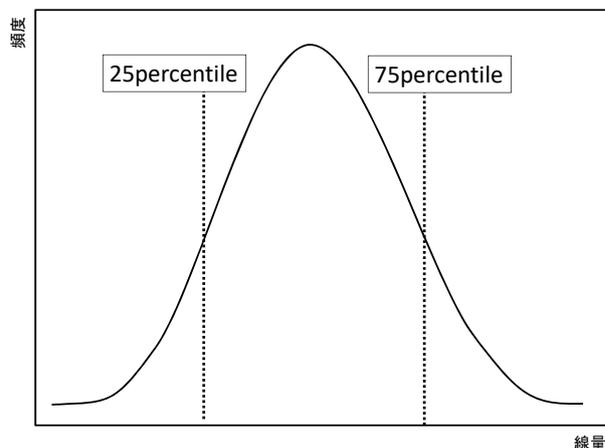


Fig.2 診断参考レンジ

3.1 基本的事項

- ICRP publication73 (ICRP, 1996)¹⁾ でDRLs という概念が導入された
- 規制的な目的ではなく、線量限度または線量拘束値ではない
- 対象には、放射線診断と診断核医学が含まれ、放射線治療には適用しない
- 基本的には確率的影響がその対象となる
- IVRでの診断参考レベルは原則として、不必要な確率的影響リスクの回避に対する患者線量の管理を推進するために用いる
- IVRでの確定的影響(放射線誘発皮膚損傷等)の管理にまでは適用しない

3.2 DRLsの設定

- DRLsの設定は、医療の専門団体によってなされる
- 患者や標準ファントムにおいて観察された線量分布のパーセンタイル(百分位数)点を用いる(一般的な初期値は75パーセンタイルが用いられている)(Fig.1)
- 各施設で確認ができるように、シンプルな標準ファントムや、放射線診断での典型的なサイズの患者の表面における、空気カーマまたは組織等価物質の吸収線量のような、簡単に測定できる線量値を用いる
- 一般撮影などにおいては、入射表面線量(Entrance Surface Dose)や線量面積積(Dose Area Product), CTならばCTDIvolやDLPなどのパラメータが、DRLsの表現にはよく用いられている
- 診断核医学では投与した放射エネルギーを用いる

3.3 DRLsの運用

- DRLsは、個々の患者被ばくには適用しない(標準的な患者サイズであるとか標準ファントムで設定されているため)
- DRLsは、診断価値を担保した線量値でなくてはならない
- 患者の臨床状態によっては、その際の線量が正当化されるならば、DRLsよりさらに高い線量になってしまってもよく、そのような柔軟な運用が可能である

3.4 注意事項

- DRLsは放射線リスクの指標ではない
- 線量の最適値や拘束値ではない
- 多くの場合は上方値のみが示されており、下方値は示されていない
- 良好な診療と不十分な診療を区分する線引きに用いてはならない
- 小児では、年齢、身長、および体重によって区別した詳細なグループについてDRLsを設定しなければならない
- DRLsの指標となる値の再評価は、定期的に行われなければならない
- 国(National) や地域(Local) 各々で設定する事ができる(National DRLsとLocal DRLs)
- Local DRLsとNational DRLsが乖離している場合には、再検討が必要である
つまり、従来のガイダンスレベルとは異なり、DRLは実

際の線量調査データに基づいて設定されるものであり、かつ柔軟な運用が認められている。防護の最適化を確認するには最適のツールであると考えられる。

4.よく見かけるDRLについての認識の誤り

ここ最近、さまざまな所で、DRLsについて話をする機会があったが、以下のように誤って認識されている場合が時折あった。

4.1 施設のLocal DRL?

それぞれの医療機関では、さまざまな体格の患者が来る。体格が小さければ線量は少なくなるし、体格が大きければ線量は多くなるのが一般的である。医療機関でのある撮影法における実施線量(すなわち、あらゆる体格での線量)の分布を取り、その75パーセンタイル値を「施設のLocal DRLs」と称していたり、National DRLsと対比させるといような、概念の根本的な誤りがしばしば見受けられている。

また自施設の線量をDRLsと比較する際に、DRLsの設定が75パーセンタイル値だからといって、自施設の標準体型の線量データの75パーセンタイル値でDRLの値と比較するという誤った認識も散見されている。DRLsと比較する際には、あくまで自施設の代表値(中央値等)で比較・確認すべきである。

4.2 DRLsで設定された上方値の取扱いの誤り

設定されたDRLsの値は、一般的には75パーセンタイル値であり、平均値や中央値ではない。したがって、DRLsの値を代表的な値と捉えたり、もともととはいけないことであるがDRLsの値でリスク評価をしたりするのは、原則的に誤りであると考ええる。

4.3 国際比較

DRLsは標準体型または標準ファントムで設定するものである。国際的に統一された標準ファントムにより設定された撮影法のDRLsなら問題ないが、我が国固有の標準体型で設定されたDRLsの場合は、多少注意が必要である。

民族差や食生活等により、それぞれの国民には体格差がある(Table 1)^{8,9)}。標準体型により設定されたNational DRLsは、それぞれその国の標準体型に基づいて設定されるので、それぞれの国のNational DRLsには体格の違いによる差が含まれている可能性があることに注意すべきである。

5.各施設で運用するにあたって

まずはDRLsの概念を十分理解していただく必要があると考えている。また、線量計等必要な線量計を有していない医療施設も多々あるものと考えている。したがって、DRLsを作成する際に用いた線量測定法による線量の確認ができない施設も多々あると考えられる。

しかしながら、実際に各医療現場でDRLsと自施設の線量を確認してもらわなければ最適化は進まないわけであ

るが、医療現場で「そのような線量測定はできないよ」で終わってしまうことを危惧する。

DRLs設定の目的は最適化の推進であり、各医療施設でとりあえず確認してもらうことが最適化に向けては最優先である。そのためにはDRLs設定に際して、医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)側で行った線量測定法でなくとも、とりあえずは一般撮影ではNDD、CTではWAZA-ARI等による線量推定やモダリティでの表示値を用いて確認することから始めても良いのではないかと思っている。

6.放射線診療従事者の水晶体被ばく管理

ICRPより水晶体のしきい線量について500mGyという値が示され、あわせて職業被ばくに対する水晶体の等価線量限度が5年間で100mSv、かつ1年最大50mSvという数値が提言された^{4,5)}。線量限度については、いずれ将来的にわが国の法令にも取り入れられるものと思われる。

6.1しきい線量が変わるとどうなるか

従来と今回とのしきい線量の変更の概要をTable 1に示す。しきい線量はおよそ1/10に低下している。これは、今までは原爆などによる数年で発症する白内障を対象にしきい線量が考えられていたが、被ばく後もっと遅れて発症する水晶体混濁や遷延性の老人性白内障が起きていることがわかってきたことによる⁵⁾。

水晶体に関するしきい線量は、現時点では急性被ばくだけでなく分割被ばくや長期被ばくでも500mGyとされている。われわれ放射線診療従事者は慢性的に水晶体へ放射線を受けている。したがって、仮に50年間この業務に従事すると、年間10mGyでしきい線量に達することになる。これは日常の診療行為で、誰もが達する可能性のある数値であり、そのため水晶体被ばくの管理には特別の注意を払う必要がある。

6.2従事者管理

循環器をはじめとした透視系については、水晶体防護の意識が高く、術者をはじめとし看護師や診療放射線技師等の防護メガネの着用率は高いように思う。また、消化

器系においても徐々に防護メガネを着用する放射線診療従事者が増えてきているようである。

ここで問題となるのが、一般撮影系やCT等の非透視系X線検査である。通常の診療時でも時に中に入って患者を抑えつつ撮影することがあり、夜間や休日の救急診療などでは人手の問題もあり、診療放射線技師等がしばしば中に入って被検者を抑えることがある。この際、X線の散乱体である被検者と診療放射線技師の眼の距離は、かなり近づく場合が多く、水晶体の被ばくを増加させる要因になっているにもかかわらず、関心が払われていないように見受けられる。しかしながら、非透視系X線検査では、撮影室にプロテクタ(防護コートや防護エプロン等)は配備されていても防護メガネが配備されていない場合がしばしば存在する。

6.3個人線量計による水晶体被ばく管理

医療法施行規則では、第四節 管理者の義務(放射線診療従事者等の被ばく防止)第三十条の十八において『ただし、体幹部(人体部位のうち、頭部、けい部、胸部、上腕部、腹部及び大たい部をいう。以下同じ。)を頭部及びけい部、胸部及び上腕部並びに腹部及び大たい部に三区区分した場合において、被ばくする線量が最大となるおそれのある区分が胸部及び上腕部(女子にあつては腹部及び大たい部)以外であるときは、当該区分についても測定し...』と書かれており、プロテクタを着用した場合はまさしくこれに該当する。

プロテクタや遮蔽体などが無い状況で線源にさらされる状況を「均等被ばく」といい、個人線量計の装着位置は体幹部表面で最も多く被ばくする部分を代表する位置とされ、通常は胸部(女子は腹部)である。このように1個の個人線量計で被ばく管理を行うものを体幹部均等被ばく管理(均等被ばく管理)という。それに対し、プロテクタを着用した場合には胸部(女子は腹部)は通常プロテクタに覆われており、プロテクタからの露出部分との間に線量値が異なることが予想される。これを「不均等被ばく」といい、胸部(女子は腹部)および線量当量が最大となるおそれのある部

Table 1 ICRP における水晶体のしきい線量に関する変更

	白内障	水晶体混濁
1990年急性被ばく	5	0.5
1990年遷延性被ばく	>8	5
2012年急性および遷延性被ばく	0.5	0.5

(Gy)

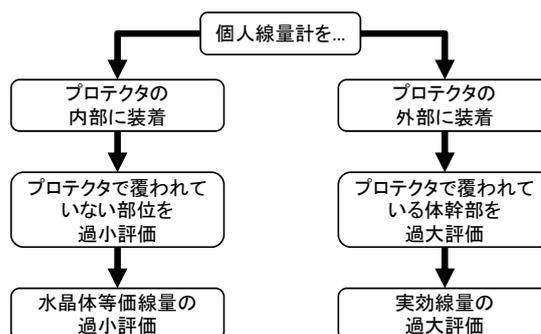


Fig.3 プロテクタを着用した状態での均等被ばく管理

位(通常は頭頸部の被ばくを代表する位置)の2カ所に個人線量計を装着し被ばく管理をするものを体幹部不均等被ばく管理(不均等被ばく管理)という。

平成25年度個人線量の実態¹⁰⁾を見ると、個人線量計利用の約66%が医療関係者である。また、すべての個人線量計利用者の89%が均等被ばく管理であった。ここから推測すると、医療機関でもかなりの施設で、不均等被ばく管理(つまり胸部または腹部に加え、頸部等にも個人線量計を装着)を行っていないと考えられる。ひとたびプロテクタを着用したならば、不均等被ばく状況になるわけであり、プロテクタを保有している施設は不均等被ばく管理をすべきと考える(Fig.3)。

7.まとめ

従来わが国では、最適化というと「線量低減」と現場では考えられているケースをしばしば見かけた。しかしながら実際には、最適化イコール線量低減ではない。その意味でも、最適化のツールとしてDRLsは非常に良いものと考えている。しかしながらわが国ではDRLsの設定が欧米諸国に比べ立ち遅れており、その概念も医療現場で十分周知されているとは言えない。

我が国のNational DRLsも、本年6月にリリースがされました。是非とも多くの医療施設でDRLsを有効にご活用いただき、その結果として我が国の医療被ばくにかかわる線量の最適化がより一層推進されていくことを願ってやまない。DRLsは作成することが目的ではなく、あくまで「最適化」が目的である。したがってこれからが診療放射線技師の真価が問われるのだと考える。

水晶体に関しては、二つの問題がある。一つはしきい線量であり、もう一つは線量限度である。線量限度はまだ法令に取り入れられていないので、150mSvでコンプライアンスは維持できるが、管理の目標としてICRPやIAEAが提唱している線量限度を利用してみてはどうか。また、しきい線量に関しては、通常の診療行為であってもしきい線量を越える可能性がある唯一のものが水晶体ということである。今後放射線診療従事者への防護措置や防護具を透視系X線検査のみならず非透視系X線検査や核医学検査等にも、適宜利用できるよう環境整備をすべきと考える。

また、放射線診療従事者管理については、プロテクタを有している施設は体幹部不均等被ばく管理を実施する必要があると考える。また新たに遷延性の老人性白内障

などが起きることがわかってきたことから⁹⁾、将来的に労災等の問題等も出てくる可能性もあるかもしれない。いずれにしても法に沿った適正な管理を行い、適正な防護措置を施すことが重要であり、それが「われわれの仕事仲間」を護ることに繋がるものと考えられる。

参考文献

- 1) International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26 (2), 1996.
- 2) International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, Vienna, 2014.
- 3) International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. 2007.
- 4) International Commission on Radiological Protection. Statement on Tissue Reaction. ICRP ref 4825-3093-1464, Approved by the Commission on April 21, 2011.
- 5) International Commission on Radiological Protection. ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs - Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).
- 6) Goske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, et al. Diagnostic Reference Ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology 2013; 268(1): 208-218.
- 7) 五十嵐隆元. 医療放射線防護と診断参考レベル. 日本放射線技術学会雑誌 Vol. 71 (5), 456-459, (2015)
- 8) 厚生労働省. 平成24年度国民健康・栄養調査. (2013)
- 9) U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics. Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2007-2010, Data From the National Health and Nutrition Examination Survey. 2012.
- 10) 平成25年度 個人線量の実態. FB News No.453 (2014.9.1発行)