

第5回 医療被ばく国民線量評価委員会 議事録

開催日時：2022年10月31日（月）18：00～20：15

場 所：オンライン

出席者：赤羽、恵谷、小野、川浦、長谷川、松原（敬称略）

欠席者：張、藤淵、横山（敬称略）

オブザーバー：上野先生(福岡大学病院)、福永先生(倉敷中央病院)、山本先生(東海大学医学部付属病院)

1. 福永先生より、「臨床現場における線量管理システム」について、倉敷中央病院での現状等をご説明いただいた。倉敷中央病院には、患者安全推進委員会の中に、医療放射線安全管理チームが設置されており、6つの線量管理グループ(CT, 血管造影, RI, 一般撮影, 透視, 小児)が患者の被ばく管理に当たっている。

線量管理システムには「Radimetrics™」(バイエル薬品工業株式会社)と「DOSE MANAGER」(販売元：富士フイルムメディカル/開発元：キュアホープ)が導入されており、Radimetrics™はX線CT装置専用、DOSE MANAGERは全モダリティの線量管理で使用というように使い分けがなされている。診断参考レベル(DRL)と施設内線量との比較では、線量管理システムにおける線量集計が容易になるよう、オーダー名およびプロトコル名の変更と統一化が必要である。また、得られた線量値の分布を正確に把握するには、撮影技師や装置間の差の評価、再撮影・写損の厳密な管理が必要であり、その具体的な対策方法について説明があった。再撮影に関しては、部位ごとの発生率を定期的に公開し、周知に努めている。

次に、各モダリティでの線量管理の具体例の説明があった。CT検査の線量管理では、 $CTDI_{vol}$ とDLPの1カ月ごとの集計値の中央値をDRLと比較している。装置の機種やバージョン、プロトコルの変更によって、線量は大きく異なることが示された。これら線量の変動や分布内の異常値の検出では、患者の体格指標などの線量に影響を与える複数のパラメータを用いた統計処理によって様々な比較が可能となる。患者の体格指標であるeffective diameterは、撮影後のAxial画像から計測可能であり、体重と強い相関があることが知られている。よって、救急患者など、事前に身長・体重データが得られない場合でも、effective diameterを体格指標として $CTDI_{vol}$ やDLPの線量評価が可能である。体格を考慮に入れると、異常値の検出と

その原因推定が行えるだけでなく、撮影条件の違いによる線量分布の違いも理解しやすくなり、最適撮影条件の検討に有用である。

線量管理システムには、臓器線量推定ソフトウェアが搭載されているものがあるが、ソフトウェアの違いによって、臓器線量および実効線量の推定値が大きく異なることが示された。その要因としては、シミュレーション用の人体ファントム(ボクセルファントムか数学ファントムか)が異なること、撮影範囲の認識精度、実効線量変換係数との不一致などが挙げられる。これらを考慮すると、線量管理システムによる線量管理では、ある程度の不確実性が含まれることを考慮に入れて線量値を取り扱う必要がある。

最後に、福永先生より、委員会で国民線量を評価するために線量調査を行うとのことだが、各病院の線量管理システムから線量データを持ち出すには、患者情報を匿名化するソフトウェアの開発が必要であること、また、検査目的、手技別あるいは疾患別などで線量をまとめて評価することで、線量収集を簡素化できるかもしれないのご意見をいただいた。

小野委員長から、実際、CT の線量管理では、前もって患者の体型を計算に入れて線量を評価しているのかという質問があった。

福永先生より、ソフトウェアにもよるが、RDSR に身長・体重データが入っているので、それを参考にソフトウェアが持っているシミュレーション用の複数の人体ファントムの中から似通ったものが選択され、撮影範囲もソフトウェアが RDSR の情報から決定し、自動で線量を計算している、との回答があった。

小野委員長から、ソフトウェアは有料か？との質問があった。

福永先生より、臓器線量ソフトウェアは線量管理システムに付随しているものが多く、WAZA-ARIV2 は、Web 上で無償提供されている、との回答があった。

小野委員長から、WAZA-ARIV2 は AEC が対応しているが、他の臓器線量ソフトウェアはどうか？との質問があった。

福永先生より、RDSR の中に AEC の情報はないので、画像情報から線量推定しているタイプは AEC が対応できると聞いている。ただし、z 変調のみは再現できるが、x-y 変調はできないと思うとの回答があった。

小野委員長から、単純と造影撮影が 3 フェーズだったり 2 フェーズだったり、単純は胸部から骨盤、造影は腹部骨盤で、最後、3 相目を胸部から骨盤の範囲で撮影す

る場合があったりするが、それら全てのプロトコルを組んでいるのか、との質問があった。

福永先生より、全てのプロトコルを組んでいる。プロトコル名に応じて線量管理をしたいので、全プロトコル名を書き出し、エクセルに手入力し、そのプロトコルを基に、全装置でプロトコルの構築を行ったという経緯をご説明いただいた。

小野委員長より、倉敷中央病院のような線量管理は、他の施設でも同じように行われているのか？との質問があった。

福永先生より、線量管理システムが導入されている施設では同じように線量が自動で計算されていると思うが、それが正しく計算されているかはわからない。あるメーカーのCT装置では、Acquisition protocol の設定ができないので、苦労されている施設があると思うとの回答があった。

川浦委員から、3種類の臓器線量ソフトウェア(WAZA-ARiv2, DoseWatch™, Radimetrics™)で計算された臓器線量が大きく異なるのは、こういった理由からか？との質問があった。

福永先生より、今回示したデータは今月号の技術学会雑誌に掲載されているので、その内容を確認していただきたい。ソフトウェア間の違いの傾向はつかめていない。ファントムの形状やCT装置の選択肢の数によって、違いが出ているのではないかと回答があった。

小野委員長から、患者情報の匿名化ができるソフトがあればいいとお話だったが、ソフトがあれば線量データを外に持ち出しができるという考えでよいか？との質問があった。

福永先生より、RDSRを匿名化できるソフトウェアは少ないので開発が必要と考えるが、個人情報保護法の内容の確認が必要ではないかとのご回答があった。

赤羽委員から、臓器線量ソフトウェアで線量が異なる理由として、論文ではファントムの違いと撮影範囲の違いが影響する、との記述があるが、現時点でどれが一番良いか、あるいは、福永先生がどれを選ぶかという判断基準があれば教えてください、との質問があった。

福永先生より、論文ではどれがいいかは言い切れないというところで結論付けた。AAPM246で不確かさを提示した方がいいという内容もあるので、臓器線量ソフトウェアによる線量評価には、論文で示された範囲のばらつきがあるということを加味して考えてはどうかと思うとの回答があった。

小野委員長から、線量管理に必要な経費はどれくらいか？との質問があった。

福永先生より、わからないが、サーバーの更新などでさらに費用がかかった、とのご回答があった。

2. 上野先生からは、「福岡大学病院における線量データの利用について」というタイトルで、福岡大学病院での線量管理の現状についてご説明いただいた。最初に、DRL process として、①線量情報の収集、②手技ごとの最適化評価、③撮影条件の見直し、を繰り返し実施されているとのご説明があった。福岡大学病院も、線量管理システムに DOSE MANAGER と Radimetrics™ が導入されているが、サーバー管理のため、PACS を改造し、画像内のタグ情報をデータベースとして持っている。データベースは XML として外部に出力できる。Radimetrics™ は画像を QR コードで持ってくるという負荷がかかるが、XML 出力により負荷なくテキストデータで持ち出せる。これにより、全モダリティでの線量情報の収集は完了しつつあるとのご説明があった。

次に、手技ごとの最適化について、各モダリティでの現状について具体例を挙げて説明いただいた。概ねどのモダリティにおいても線量が DRL を下回っている。マンモグラフィの線量情報としては、平均乳腺線量だけでなく、空気カーマも収集できる。透視検査では、面積線量、透視時間、撮影回数が収集されており、イレウス管挿入検査では、透視時間は DRL を下回っているものの面積線量(中央値)は過去5年間であまり線量に変化がなく、DRL を上回っている。そこで、装置ごとの線量比較を行ったところ、古い装置で線量が高かった。よって、装置はなるべく新しいものを使用するのが良いことがわかった。アンギオ検査では、面積線量と患者入射基準点線量を収集している。DRL との比較で高い線量を示したものに関して、EVENT 解析(1 検査当たりの透視 EVENT(ペダルを踏む回数)や照射野サイズの比較)を行い、原因を追究し、対策を検討している。

最後に、データ分析の問題点についての説明がなされた。DRL との比較には、適切なデータを収集する必要があり、「データ加工」や「データクリーニング」が重要となる。最近の線量管理システムでは、CSV 形式で線量情報の出力が可能であるが、そのデータがどんなデータか内容をよく理解して取り扱うべきである。福岡大学病院では、DOSE MANAGER から出力されたデータを自作のデータベースに読み込み、加工している。

実際の RDSR ファイル内の情報の具体例をお示しいただき、RDSR ファイルのモダリティごとの構成や、EVENT データ内のどの部分の分類が必要かをご説明いただいた。しかし、RDSR データから使用できるデータを拾う作業は非常に大変な作業である。例えば、2015 年から 2021 年の 7 年間で 46 万件以上の CT 検査が実施さ

れており、それらの膨大な情報から DRL との比較において適切なデータを収集する必要がある。それには、まず、DRL に相当する手技を定義する必要がある。公開された DRL に番号を振り、各番号に一致する手技を探し、DRL との対応を取る(リンクテーブルの作成)。これには、RIS オーダーを利用して関係性を見つける。データベースの加工、抽出後のデータは、統計解析ソフトウェアを使って、統計解析を行っている。この作業の詳細については、上野先生の実演によるご説明があった。

まとめとして、線量管理には、膨大なデータの解析が必要であること、DRL との比較のために、多段階でのデータクリーニングが必要であること、目的ごとにデータ構築を行うので、その都度データを作り直す必要があるとの説明があった。

最後に、上野先生から、委員会で線量データの収集を行うとのことだが、運用が全く異なる他施設のデータの中身を同じように解析することは難しいと感じる、もしそうするならば、データクリーニングを行う必要があるのではないか、とのご意見を頂いた。

小野委員長から、委員会でデータ収集するならば、目的に合ったデータを収集すべきであるとの理解でよいか？との質問があった。

上野先生から、例えば、10 万件のデータを集めても、実際に使用できるのが 2,3 万件であるということはよくあるので、収集データは、あらかじめクリーニングされたものを使用するのが良いとの回答があった。

赤羽委員から、最後にご指摘いただいた点は非常に重要だと思う。一方で、クリーニング後に残ったデータというのは、集団線量の評価としては全部の線量を含める必要があるのが必要となるが、そうすると目的によって集めるデータが異なってくるのではないかとのご意見があった。また、装置が新しいと線量が低くなる、長年にわたってデータが蓄積してくると、装置だけでなく、プロトコルの見直しや検査する放射線技師が変わったりすると設定が変わったりすると思うが、どれぐらい影響があると思うか、もし差がないならば、ある 1 年間だけデータを取ってきて、代表の線量とすることができるし、もしかなり差があれば、トレンドも含めて調査しなければならぬと思うがいかがか、との質問があった。

上野先生から、医師が変わると線量が変わるというのを実際に経験している。CT 装置では古い装置から新しい装置に変わった時には、別々に線量を集計しないと、単純に中央値での比較は難しい、との回答があった。

松原委員から、マンモグラフィで空気カーマを収集できるとのお話であったが、実際どのように役立っているのか？との質問があった。

上野先生から、論文等によって、平均乳腺線量の算出方法が異なるので、他施設との比較が難しい。空気カーマを使えば他施設間の比較が容易になるのではないかと考えている。RDSR からの空気カーマを使って、圧迫乳房厚の真ん中や入射表面に近いところで計算しなおすことは、微調整としては必要との回答があった。

引き続き松原委員から、リファレンスポイントが変わるということはないのか？決まった値なのか？との質問があった。

上野先生から、リファレンスポイントは、DICOM の方で決まっている。マンモグラフィはフラットパネルの表面がリファレンスポイントである、との回答があった。

松原委員から、頭番号を使って線量管理されるというお話だったが、頭番号を使えばデータクリーニングしやすいと思うが、日本で頭番号を使って管理しているという施設は、まだ少数派と考えてよいのか？との質問があった。

上野先生から、現場の協力がかなり必要になってくる。装置によっては、頭番号での管理が難しいものもある。頭番号で管理している施設は増えてきていると思うが、まだまだ、線量管理システムを施設に導入したのはいいが、どうしようか検討している施設が多いのではないかと思う。もし、線量収集する側で頭番号を決めていただければ、それは有効ではないかと思う。現在、こちらで DRL に頭番号を付けているが、番号からスタートした DRL の項目を作ってもらえれば、各施設がその番号に対比したデータを集めることができるし、データクリーニングがしやすくなるとの回答があった。

小野委員長から、委員会で番号と一緒に項目を決めることによって、それを現場が利用していただけると非常にありがたいが、実際に調整するのが難しいとの意見があった。

川浦委員から、上野先生の最後のお話しに「運用が全く異なる他施設のデータの中身を同じように解析することは難しい」とのお話があったが、運用が異なるというのは具体的にどういうことか？との質問があった。

上野先生から、一つの疾患の診断においても、施設ごとに放射線科医の指示が微妙に異なる場合がある。その場合はプロトコル・撮影条件が異なる。日本放射線技術学会が出している GALACTIC のような標準化プロトコルが広まれば、一定の撮影方法になってくると思う。とのご回答があった。

引き続き川浦委員から、各疾患には診断に関するガイドライン等が発出されていると思うが、診断ガイドラインに従っていても、プロトコルの統一は難しいのか？との質問があった。

上野先生から、一つの臓器でもプロトコルは複数あるし、初期の診断の時と術後のフォローアップでは、撮影プロトコルが異なるので、統一が難しいとの回答があった。

恵谷委員から、Acquisition protocol と DRL を比較するために振り分ける際に、施設内でどのように合意を得るのか？との質問があった。

上野先生から、DRL との比較において、どの線量を採用するかは、各部門の主任やグループと話し合いながら決めていくとの回答があった。

福永先生より、川浦委員のガイドラインとプロトコルに関する質問があったが、CT装置では、装置の進歩が速くて、頭番号での管理が難しいと思う。例えば、心臓CTの場合、面検出器にて1回転で撮影する場合と、ヘリカルスキャンで撮影する場合とでは線量が大きく異なる。最近では、フォトンカウンティングCTが登場し、撮影プロトコルも線量も変化している。これらをどのように加味していくか、今後さらに複雑になっていくと感じるとのご意見があった。

一方、上野先生に対しては、一般撮影における入射表面線量の算出で被写体厚をどのようにされているのか？との質問があった。

上野先生からは、撮影ごとに標準的な値を使っている。実際に患者さんの体厚を計った値ではないので、その分の誤差が含まれることは認識しているとの回答があった。

福永先生より、体幹部は実際の患者さんの被写体厚を加味した情報を出していかなければならないと思っているが、メーカーによっては、超音波などで被写体厚を出しているものもある。できれば装置を変えずに被写体厚を測定する良い方法はないのか？と考えている、とのコメントがあった。

上野先生から、面積線量計は実装が義務づけられているので、面積線量から求められないかと思うが、それでも誤差が含まれるため、どうしたらよいかと考えている、とのご意見があった。

福永先生より、一般撮影だけがDRLにRDSRのデータそのままを使っているのではなく、何らかの計算によって求められた線量値を扱っている。今後DRLの値として面積線量が示されるようになるかもしれない。そもそも一般撮影で線量管理をしている施設は少ない。義務化されていないのが要因かも知れない。上野先生のところは以前から一般撮影の管理をされているので、今後も情報提供いただきたい、とのコメントがあった。

川浦委員から、心臓 CT の場合、メーカーによって装置の特徴は様々だが、画質を同じぐらいに設定した場合にどれぐらい線量が違うものか？もし、大きな差があるなら、同じ頭番号の検査でも施設あるいは装置で大きな差が出てしまうということになるか？との質問があった。

福永先生より、同一画質による装置間の比較は不明だが、検査によって心位相を絞って撮影する場合もあれば、経カテーテル大動脈弁留置術(TAVI)などでは、心位相を絞らずに 1 心拍まるまる撮影する場合がある。不整脈の患者もターゲットを絞れないので、そのようなケースでは線量は多くなるとのコメントを頂いた。

山本先生からは、東海大と同じように苦労されて線量管理を行われているのがわかった。東海大は線量管理システムが導入されたのが半年前。それまでは、自作のデータベースを作成し手作業で管理していた。まだ、そういった施設は多いのではないか？線量管理システムが入っても使いきれていないというところも多いと思うとの意見があった。

また、質問として、アンギオでは、手技ごとにプロトコルを選ぶのは難しい場合があるので線量をどのように集計されているのかを教えてください、との要望があった。

上野先生からは、脳血管造影と心臓カテーテルでは医師がアンギオレポートを作成しているので、そのレポート内の目的を見ると、後で集計しやすい。しかし、それ以外の部位は RIS の方の実施入力をする際に、技師側で選択肢を作っておいて、どの DRL に当てはまるのかをチェックしているとの回答があった。

川浦委員から、小児の場合、身長・体重を把握しにくいがどのようにされているのか？との質問があった。

上野先生から、年齢で絞って、中央値を使用するという方法を取らざるを得ないのが現状。厳密に管理しようとする、検査室に体重計を置いておかなければならない、との回答があった。

3. 今後について

・第 4 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会 2 日目の 11 月 25 日(金)に本委員会主催の企画シンポジウムを開催予定。

・小野委員長を代表とし、科研費（基盤研究 B）申請を行ったことの報告あり。採択されれば、委員会で議論していく国民線量の定義づけの線量評価に向けての取り組みを実施する予定。

次回委員会は 11 月 25 日の第 4 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会にて実施予定。

書記：川浦