

専門分科会合同シンポジウム

テーマ：撮影技術の過去から未来への継承～画質と線量の標準化を目指して～

『患者線量の測定および評価』

Standard measurement for a patient dose evaluation

金沢大学附属病院（計測分科会委員）

能登 公也

1. はじめに

一般撮影の最適化を行う上で、患者が受ける線量評価は画質評価と同様に重要な要素である。デジタルシステムは広いダイナミックレンジにより、検出器あるいは患者へ広い範囲の線量を与えることができる。低い線量はノイズが画質に悪影響であることは明らかであるため、注意されるが線量が増加した場合は従来のスクリーン/フィルムシステムのように画像が過剰に黒化する結果とはならず、画質に悪影響を及ぼさないため、過剰被ばくについては注意されることは少ない。そのため、デジタルシステムでは、自身が照射した撮影条件に対する患者線量がどの程度であるかを知ることは最適化を行う上で重要となる。そこで本稿では、一般撮影での患者の被ばく線量を正確に評価するために必要な線量計や測定方法について報告する。

2. 線量指標と線量計

一般撮影はX線が1方向より人体皮膚面に入射し、深部に至るほど吸収線量は減少する。したがって、皮膚入射面が最も吸収線量が高くなることから、評価の指標として入射皮膚線量(単位: Gy)が用いられる。測定するものは、物理量として基準が明確な照射線量である。患者線量は設定した撮影条件下での照射線量を測定し空気カーマを求め、皮膚表面での吸収線量へ変換することにより評価される。照射線量を正確に測定するために電離箱線量計が使用される。電離容積は6 cc程度の指頭形が一般的である。電離箱線量計のエネルギー依存性は小さいが国家計量標準とのつながりをもつた

めの校正定数が必要である。

3. 必要な測定項目

入射皮膚線量を求めるために必要な測定項目は2つある。1つは半価層測定であり、もうひとつは目的とする撮影条件下での照射線量測定である。X線管焦点電離箱間距離(SCD)は任意であるが通常1 mで測定を行う。半価層測定はアルミニウム板(純度99.8%以上のもの)を使用したアルミニウム減弱法により行う。アルミニウム板を付加し線量が半分(第一半価層)になるアルミニウム厚を求める。第一半価層から連続スペクトルであるX線の実効エネルギーを求めることができる。第一半価層から求めた実効エネルギーは必ずしもX線スペクトルと一致した指標ではないが、患者線量を評価する上では問題ない。実効エネルギーは皮膚の吸収線量に変換する際や後方散乱係数を求めるときに必要となる。

照射線量は目的とする撮影条件で測定する。電離箱線量を使用する場合は、温度気圧(k)及び線量計校正定数(N_c)による補正を行う。照射線量(X_{air})は線量計の指示値(M)に対し次式により表される。

$$X_{air} [C/kg] = N_c \times M \times k \quad (1)$$

4. 入射皮膚線量への変換

測定した照射線量から入射皮膚線量を求める。手順としては、照射線量[C/kg]から空気カーマ[Gy]を求め、測定位置(SCD)から皮膚入射位置(SS

D)への距離補正を行い、後方散乱係数(BF)と皮膚吸収線量変換係数(f :軟部組織と空気の質量エネルギー吸収係数との比)を乗じる。入射皮膚線量(D_m)は次式で表される。

$$D_m [\text{Gy}] = D_{air} \times f \times BF \times (SCD/SSD)^2 \quad (2)$$

$$D_{air} = X_{air} \times W_{air}/e = 33.97 \times X_{air} \quad (3)$$

$$f = (\mu_{en}/\rho)_{med}/(\mu_{en}/\rho)_{air} \quad (4)$$

各係数の求め方の詳細については、医療被ばく測定テキスト¹⁾を参照して頂くこととする。以上の測定を自施設で施行される照射部位について行う。

5. 非接続形 X 線測定器について

近年の半導体及び電子機器の技術的進歩により、比較的簡便かつ廉価な非接続形 X 線測定器が開発されてきた。シリコンを用いた半導体検出器が多く、小型で電源入力直後から測定可能で気圧や気温による影響が少ないことが利点である。エネルギー依存性が高い欠点があるが、最近ではエネルギー依存性を補正する測定器もある。測定可能な項目は管電圧、照射時間、線量(空気カーマ)、半価層等である。非接続形 X 線測定器は一度の照射で空気カーマと半価層の測定を行うことが可能であるため、X 線管負荷の軽減や時間的効率もよい。空気カーマから入射皮膚線量への求め方は4項と同様である。根岸らが行った非接続形 X 線測定器の測定偏差は最大で2%程度、半価層測定は一般撮影領域において最大0.2 mmAl程度であり、直線性も良好であると報告している²⁾。したがって、患者線量評価にも十分利用できる。

6. まとめ

本稿では、一般撮影における患者線量における標準的な測定方法について解説を行った。デジタルシステムにより、画質に対する線量の増減が非常にとらえにくい状況であり、従来のフィルム/スクリーンの時代に比べてより線量に対する意識を高める努力が必要である。ICRP Pub.93ではデジタルシステムが導入された場合には、頻繁に患者線量の監査を行うべきであると勧告している³⁾。線量測定は電離箱線量計を使用することが基本であるが、多少の煩雑さゆえにあまり普及していないような気がする。近年、非接続形 X 線測定器のような半導体を用いた線量計の開発により簡便に測定が行えるようになった。線量測定法や評価の基本を押さえる必要があるが、どのような測定器でもよいのでぜひ一度測定を行い、自施設の線量を、自身が患者に照射した線量を知り、全国アンケート調査やガイドラインと比較して頂きたい。本シンポジウムが一般撮影の撮影条件及び画質を考える上での一助となれば幸いである。

参考文献

- [1] 公益社団法人日本放射線技術学会. 放射線医療技術学叢書(25), 医療被ばく測定テキスト(改訂2版). 2012.
- [2] 根岸 徹. 教育講座-放射線計測の臨床応用-8. 非接続形 X 線測定器の利用. 日法技学誌, 68(5), 2012.
- [3] 社団法人日本アイソトープ協会. ICRP Publication 93, デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理. 2007.