

CT 透視における患者皮膚線量の推定に関する基礎検討

東北大学病院 診療技術部放射線部門 ○矢萩 航 (Yahagi Wataru)

立花 茂 中田 充 白鳥 和敏 田頭 豊 杉山 周平 川畑 朋桂 坂本 博

【目的】

当院で様々な検査に使用されている CT 透視下 IVR だが正確に穿刺できるなどの利点の反面、特に腎細胞がんの凍結療法において局所の連続透視による皮膚線量の増加が問題となる¹⁾。CT 透視下 IVR における皮膚線量の管理について局所の CTDI 値より皮膚線量を推定する手法が考案されているが²⁾、当院では手技の空間を広くするために寝台をできるだけ下げた状態で行っている。よって被写体中心がオフセンタとなり撮影面内の線量が不均一となるため実用量としての線量表示値を皮膚線量の管理に用いることは妥当ではないといえる。当院で続けてきた CT 透視の被ばくに関する検討³⁾で同一収集条件下において被写体厚が増加するにつれ皮膚線量は減少し、皮膚面がアイソセンタに近づくにつれ増加する結果となり収集条件、幾何学的配置を変数とした式で皮膚線量を推定できるのではないかと考えた(式1)。そこで画像収集条件と幾何学的配置から CT 透視下 IVR における皮膚線量を推定する手法を確立することを目的とした。

mGy / mAs (比例係数)

$$=(\text{アイソセンタ-皮膚面距離}) m \times \text{係数 } a_1 (\text{投影方向の被写体厚}) n \times \text{係数 } a_2 + \text{定数項 } b \dots(\text{式 } 1)$$

【使用機器】

CT 装置 : Aquilion LB(キヤノンメディカルシステムズ社製)

ファントム : アクリルファントム、胸・腹部用X線水ファントム (JIS-Z4915)、人体ファントム(京都科学社)

線量計 : 光ケーブル式リアルタイム線量計 RD-1000(トーレック株式会社製)

【方法】

- 1) 前実験において幾何学的配置が固定ならば、表面線量は管電流時間積に比例することは確認済みのため表面線量と管電流時間積の関係の傾きを左右する因子はアイソセンタ-皮膚面距離と投影方向の被写体厚であると仮定し式1を推定した。そしてアイソセンタ皮膚面距離のみ、被写体厚のみを変化させた式の次数 m , n を決定し、複数点の実測値より重回帰分析にて式の係数 a_1 , a_2 , 定数項 b を決定した。撮影条件は管電圧 120 kV, 管電流 20 mAs, 収集 FOV 400 mm, 収集スライス厚 6 mm×3スライスとした。まず変数の次数を決めるためにアイソセンタ-皮膚面距離のみを変化させた。アクリルファントム厚 80 mm, アイソセンタ-皮膚面距離を0 mmから200 mmまで50 mmごとに変化させるため寝台の高さを変え、その時の表面線量を測定した。次に投影方向の被写体厚のみ変化させるため皮膚面をアイソセンタに固定しアクリルファントム厚を0 mmから70 mmまで10 mmごと、90 mmから230 mmまで20 mmごとに変化させ表面線量を測定した。
- 2) 回帰式の係数 a_1 , a_2 , 定数項 b を決定するため胸腹部用X線水ファントムを使用し幾何学的配置を変化させ、表面線量を測定した。
- 3) 回帰式の精度を検証するために人体ファントム中心をアイソセンタから変化させ気管分岐部、腹部、骨盤部を撮影し実測値と予測値を比較、検証した。

【結果】

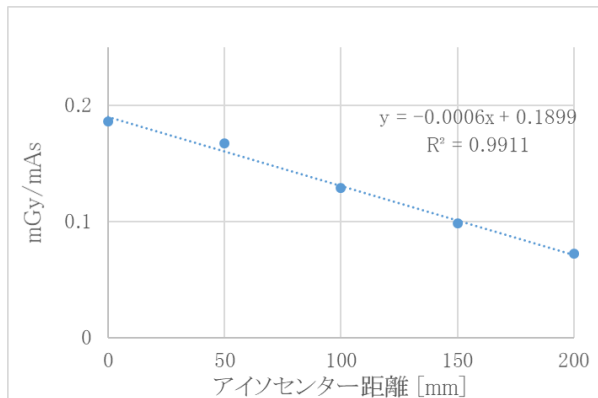


Fig.1 アイソセンタ-皮膚面距離のみ変化

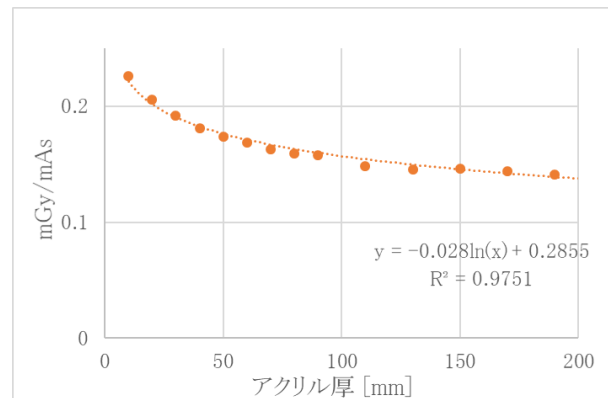


Fig.2 被写体厚のみ変化

1) 被写体表面の線量はアイソセンタ-皮膚面距離に線形、被写体厚の対数に線形の関係があった (Fig.1 Fig.2)。よって回帰式の次数は(式2)で表現できる。

mGy / mAs(比例係数)

$$=(\text{アイソセンタ-皮膚面距離}) \times \text{係数 } a_1 + \ln(\text{投影方向の被写体厚}) \times \text{係数 } a_2 + \text{定数項 } b \cdots(\text{式 } 2)$$

2) 重回帰分析の結果、係数 a_1 , a_2 , 定数項 b は以下のようになり、回帰式が求められた。(式3)

$$y = a_1 x_1 + a_2 \ln(x_2 + 1) + b \cdots(\text{式 } 3) \quad (\text{※} \ln \text{ の変数が } 0 \text{ にならないよう配慮した})$$

| | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| y : 表面線量率 [mGy / mAs] | x_1 : 皮膚面-アイソセンタ距離 [mm] | x_2 : 透過被写体厚 [mm] |
| $a_1 = -4.155E - 04$ | $a_2 = -2.311E - 03$ | $b = 1.882E - 01$ |

3) 回帰式の精度の検証だが、人体ファントムの各部位での実測値を小さい順に表示し、各測定点での予測値をプロットしている(Fig.3)。回帰式による予測値の誤差のばらつきはおよそ20%以内におさまった。

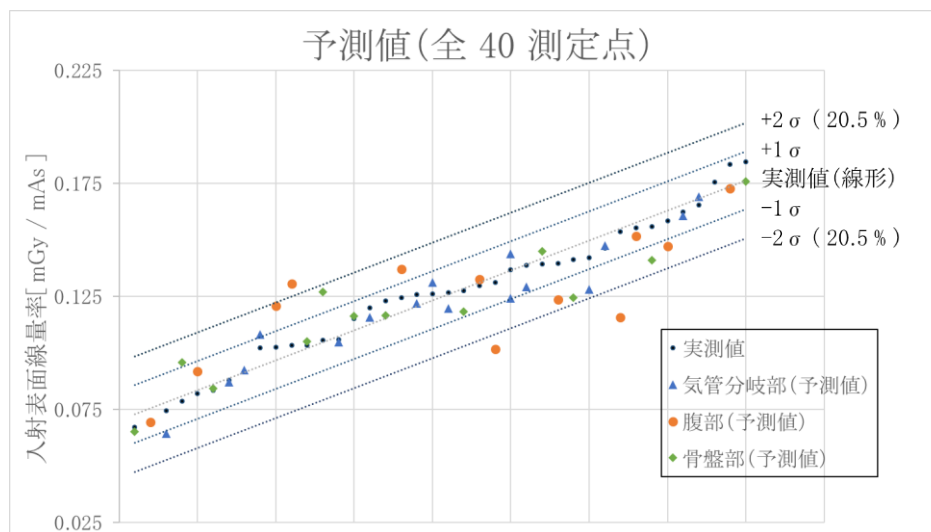


Fig.3 回帰式の精度検証

【考察】

今回の測定では当院で撮影に使用している収集FOV (L)を使用しアイソセンタ-皮膚面距離の次数は1次式で近似できたがFOV (M)を使用した場合、ポウタイフィルタの影響⁴⁾を考慮した式の次数を検討する必要がある、今後検討する必要がある。また、厳密には水等価被写体厚等に変換する必要があるが今回の結果からアクリル厚 10 cm以上からの変化はプラトーであるため体幹部での影響は少ないと考える。最後に表面線量を規定する他の因子としてスライス厚⁵⁾、天板の影響、撮影管電圧、被写体の形状等があり今後さらに検討が必要といえる。

【まとめ】

画像収集条件と幾何学的配置からCT透視下IVRにおける皮膚線量を推定する手法を考案した。

【参考文献・図書】

- 1) James C. McEachen, et.al, Percutaneous Renal Tumor Ablation: Radiation Exposure During Cryoablation and Radiofrequency Ablation, CardioVascular and Interventional Radiology, 2016;(39):233-238
- 2) Ioannis A. Tsalafoutas, et.al, Comparison of measured and calculated skin doses in CT-guided interventional procedures, American Journal of Roentgenology, 2008;(191):1601-1607
- 3) 福田 喜脩,CT透視下生検における被ばく線量の検討,第2回東北放射線医療技術学術大会, 2012
- 4) Paz Avilés Lucas, et.al, Analysis of surface dose variation in CT procedures, The British Journal of Radiology, 2001;(74):1128-1136
- 5) Paz Avilés Lucas, et.al, Estimation of the peak entrance surface air kerma for patients undergoing computed tomography-guided procedures, Radiation Protection Dosimetry, 2005;(114): 317-320