

CT撮影時の被写体サイズの違いにおけるSDとSSDEの関係についての基礎的検討

仙台赤十字病院 放射線技術課 ○船島 健太朗(Funashima Kentaro)
安彦 茂

【はじめに】

近年、CT撮影における最適化・標準化が推進されている。そのような中、日本放射線技術学会から発刊されたGALACTICではCT-AECの線量設定パラメータとして画像SDが用いられ、アメリカ医学物理学会によるAAPM Report 204では患者の線量推定値としてSSDEが用いられている。SSDEでは、CTDIvolより個々の被写体を受ける実線量を簡易的に算出可能となり、同一CTDIvolにおいて、被写体サイズが小さくなるほど実線量が高くなることが明らかになっている。また、GALLACTICには本邦における75%値としてJ-RIMEより発表された診断参考レベル(DLRs2015)の記載もあるが、こちらの値は標準体型を想定した値であり様々な大きさの個々の患者の線量評価に適応する値ではない。そこで、本研究では、サイズの異なる被写体におけるSDとSSDEの関係について検討を行った。

【方法】

使用機器はSIEMENS社製SOMATOM Definition AS+、ファントムは異なる径(9 cm φ、14 cm φ、17 cm φ、22 cm φ、30 cm φ)の円柱状水ファントムを用いた。それぞれの水ファントムを同一条件(120 kV、100 mAs、回転時間:0.5 sec/rot、ピッチファクタ:0.6、設定ビーム幅:38.4 mm、再構成関数:B30f、再構成FOV:各直径の110%)にて撮影し、SSDEとSDを求めた。SSDEの算出には機器表示CTDIvol、SDの算出にはCTmeasureを用いた。

次に求めたSSDEとSDより、17 cm φファントムの値を基準とした線量比の算出を行った。被写体サイズを変更した際のSD比より算出した線量比(DRsd)、SSDE比より算出した線量比(DRssde)を以下の式より算出した。

- $DRsd = (SD_{17cm}/SD_x)^2$
- $DRssde = SSDE_x/SSDE_{17cm}$

また、減弱の式である $I=I_0 \exp(-\mu x)$ (I:ディテクタ入射線量、 I_0 :ファントム入射線量、 μ :減弱係数、x:被写体厚)より、計算による理論値の算出を行った。各ファントムにおけるディテクタ入射線量を求め、17 cm φファントムの値により正規化した線量比をDRsdと比較する理論値とした。次に、CTDIwを測定するのと同じ位置(中心と辺縁から1 cm内側)における線量を減弱の式から算出し、 $CTDIw=1/3CTDI_{center}+2/3CTDI_{peripheral}$ のように中心と辺縁の値に重み付けを行い各ファントムの計算における吸収線量を算出した。この線量についても17 cm φファントムの値により正規化を行い、その線量比をDRssdeと比較する理論値とした。

以上より、算出したDRsd、DRssde、それぞれの理論値について、比較を行い関係性を検討した。

【結果】

DRsdと $I=I_0 \exp(-\mu x)$ より算出される線量比の理論値は、22、30 cm φファントムにおいて一致した。しかし、9、14 cm φにおいては、理論値の方が高い値を示した。DRssdeと $I=I_0 \exp(-\mu x)$ より算出される線量比の理論値は、9、14 cm φファントムにおいて一致した。しかし、22、30 cm φにおいては、理論値の方が高い値を示した。

DRsdとDRssdeの比較については、被写体サイズの補正を行っているSSDEを基にした線量比に比べて、SD比より算出した線量比では、被写体サイズの補正が行われておらず、被写体サイズが変わるとディテクタ入射線量が増加するため、線量比の値が大きな変化を示した。そこで、DRsdについても被写体サイズの補正を行った。SDは被写体を透過してディテクタに入射した線量より算出されることから、補正にはファントムの面積比を用いた。共に被写体サイズ補正を行ったDRsdとDRssdeは、14 cm φファントムにおいて一致した。しかし、22、30 cm φにおいては、DRssdeの方が高い値を示した。その差は、22 cm φでは1.37倍、30 cm φでは2.58倍であった。

【考察】

DRsd、DRssdeと理論値との相違については、ボウタイフィルタの影響が考えられる。ボウタイフィルタは低エネルギーX線の吸収と検出器における中心と辺縁のダイナミックレンジの均一化を目的としたものである。しかし、本研究における理論値の算出においては、ボウタイフィルタを加味していない。そのため、被写体サイズが大き

くなるほど辺縁において吸収辺量が高くなり、理論値が高い値を示したと考えられる。また通常、撮影時には頭部や体幹部、大人や小児の様に撮影に合わせたプロトコルを選択することにより、適正なボウタイフィルタが選択される。しかし、本研究においては、大人の腹部のプロトコルを用いて同一条件下による撮影を行ったため、ボウタイフィルタの形状・サイズは変化していない。そのため、被写体サイズが小さくなるほど被写体サイズとボウタイフィルタサイズの不マッチが生じ、理論値が高い値を示したと考えられる。

DRsdとDRssdeの線量比の相違については、線量プロファイルの影響が考えられる。CT撮影において体軸方向の線量プロファイルは、設定ビーム幅に対してその範囲外に散乱線を多く含む裾野を持つ。今回DRsdの算出に用いたSDは、設定ビーム幅におけるディテクタ入射線量により求められる。それに対してDRssdeの算出に用いたCTDIvolは、設定ビーム幅外の裾野も含めた線量の総和により求められる。また、この線量プロファイルは、被写体の大きさが変わると、散乱線成分の変化によりその形状や大きさが変化する。22、30 cm ϕ ファントムのような大きな被写体では、この線量プロファイルにおける裾野部分の影響を大きく受け、SSDEの線量比が高くなっていると考えられる。

【まとめ】

SDから求めた線量とSSDEでは、30 cm ϕ ファントムで約2.6倍の線量差があり、これは被写体内で発生する散乱線が影響していると考えられる。このことから、大人の腹部のような被写体サイズの大きい際のCT撮影において、撮影線量の最適化にSDを用いる場合、SSDEを使用した実線量を求め、その値をしっかりと確認した上で、条件設定を行う必要がある。

【参考文献・図書】

- 1) 市川勝弘, 松村禎久 : 標準X線CT画像計測, オーム社, (2009).
- 2) John M. Boone, Keith J. Strauss, Dianna D. Cody, et al. : Size-Specific Dose Estimates(SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations, Report of AAPM Task Group 204, American Association of Physicists in Medicine, (2011).
- 3) Hong Zhou, John M. Boone : Monte Carlo evaluation of $CTDI_{\infty}$ in infinitely long cylinders water, polyethylene and PMMA with diameters from 10 mm to 500 mm, Radiation imaging physics, 35, 2424-2431, (2008).