

## 小児股関節の低線量CR撮影における被曝線量のS値による簡易推定

内田武博・島村正道<sup>1)</sup>・船間芳憲<sup>1)</sup>・上田新也<sup>2)</sup>・天野敏夫<sup>3)</sup>

### Easy Estimation Method of Child Exposure Dose from S Value in Low-dose Radiography of Hip Joints Using a Computed Radiography (CR) System

Takehiro Uchida, Masamichi Shimamura<sup>1)</sup>, Yoshinori Funama<sup>1)</sup>, Shinya Ueda<sup>2)</sup>,  
Toshio Amano<sup>3)</sup>

**Abstract:** In order to easily estimate exposure dose in facilities without measuring instruments such as a dosimeter, the relationship between a S value (an index of sensitivity) and exposure dose (incidence skin surface dose) derived from a non-dosimeter dosimetry (NDD) method, was investigated.

The equation which estimates the exposure dose from the S value was determined from the relationship among the hip thickness, the exposure dose obtained by the NDD method and the S value. The coefficient of determination of 0.83 showed relatively good fitness of this equation.

This study demonstrates that a child exposure dose in low-dose radiography of hip joints using a computed radiography (CR) system can be easily estimated from the S value.

**Key words:** Exposure dose, Incidence skin surface dose, S value, Computed radiography (CR) system, Low-dose radiography

## I はじめに

整形外科における小児股関節のX線単純撮影は、先天性股関節脱臼、白蓋形成不全、ペルテス病などの診断に最初に選択される検査である。しかし、生殖腺が撮影範囲に含まれるため含鉛ゴムなどで生殖腺防護を行うが、生殖腺への被曝は避けられ

ない。特に、放射線に対する生物学的リスクの高い乳幼児の生殖腺への被曝は重大で、撮影線量低減への最大限の配慮が必要である。この解決策として、付加フィルターを使用して入射皮膚表面の軟線線量を除外する方法やFCRによる照射線量を低減させた（低線量）撮影<sup>1)</sup>が行われている。後者は大幅な線量低減が多くのノイズを発生させ、ペルテス病における微細な骨構造のX線診断に支障を生じさせる場合がある。一方、先天性股関節脱臼や白蓋形成不全を目的とした小児股関節のX線診断においてはX線計測や脱臼の診断に支障がない範囲内であれば、画質低下よりも被曝低減を

---

医療法人天野会放射線部

- 1) 熊本大学医学部保健学科放射線科学専攻
- 2) 熊本市市民病院中央放射線部
- 3) 医療法人天野会整形外科

優先すべきである。しかし、小規模施設における撮影線量の管理は線量計などの測定器を所有しておらず困難な場合が多い。当施設でも線量低減を目標に小児股関節の低線量撮影を行っているが、どの程度の被曝線量を生じているかは不明である。被曝線量の評価は実測が基本であるが、撮影条件を入力するだけでマンモグラフィーによる被曝線量を簡易的に推定できる方法<sup>2-4)</sup>などが報告されている。しかし、これらの方法はファントムを用いた放射線量測定の実験結果から予測値を算出してマンモグラフィーによる被曝線量の推定式を求めたもので、放射線量の実測を行わないで小児股関節の低線量CR撮影における被曝線量の推定式を求めた報告はない。

本研究は、小児股関節の低線量CR撮影におけるシステム感度のS値と表面線量簡易換算式(NDD法)によって算出した入射皮膚表面線量(以後、皮膚線量)の関係から、最小2乗法を用いて被曝線量の簡易推定式を求めたので報告する。

## Ⅱ 方 法

### 1 使用機器

デジタル画像システムは、富士フィルムメディカル株式会社製FCR-AC-3 HQにタイプST-VNのイメージングプレート(六ツ切サイズのIPカセット3A)を組み合わせたもので、X線発生装置には東芝メディカル株式会社製KXO-50C、FCR記録装置にはCR-LP Dを使用している。

### 2 臨床画像の撮影条件

実際の臨床で行っている小児股関節の単純正面X線撮影は、管電圧60kV、X線管-IP間距離100cm、照射野34cm×36cm、グリッドなし、mA s値1.0の低線量で行い、出力画像はB4サイズのライフサイズである。画像収集モードには、小児股関節メニューを用い、その画像処理パラメータはG1.3D#1.6+0.20R5R 0.3、自動感度調整機構(Exposure Data Recognizer:EDR)はauto

modeである。

### 3 対象画像

今回の研究に用いた臨床画像は、女児(1ヶ月~12ヶ月)の股関節がFig.1のように画像のほぼ中央に撮影されていて、画像パラメータのL値が1.6でB4フィルムに出力されたものである。

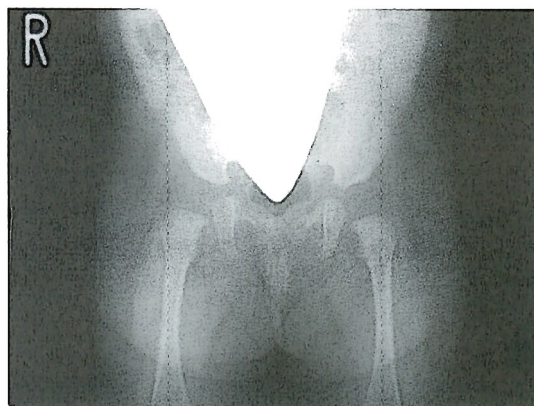


Fig.1 Clinical radiography in exposure condition of 60kV and 1 mAs

### 4 検討項目

- (1) 撮影した50名の小児股関節画像における年齢とS値との関係を調べる。
- (2) NDD法によって算出するために必要な恥骨結合上縁における厚さ(以後、体厚)を、撮影時に計測した10名の皮膚線量(mGy)を求める。
- (3) 体厚が確認できた10名の小児股関節画像のS値を調べ、S値の体厚および皮膚線量との関係を求める。

### 5 NDD (Non Dosimeter Dosimetry) 表面線量簡易換算式の定義(佐藤による)<sup>9)</sup>

NDD法は患者の皮膚線量を推定するために、入射線量を左右する諸因子{管電圧(kVp)、mAs(管電流×撮影時間)、濾過フィルター、FSD(焦点・皮膚間距離(m))、装置}について一定の値で正規化して係数化し、皮膚線量の推定式を導く方法である。その式は、次のように表される。

$$D(\text{mGy}) = \text{NDD} - M(f) \times \text{mAs} \times (1/\text{FSD})^2$$

なお、 $\text{NDD}-M(f)$ の係数はインバータ装置の総濾過フィルター(2.5mmAl)と使用する管電圧により決まる係数で、当施設のインバータ装置の $\text{NDD}-M(f)$ の係数は0.0372である。

### III 結 果

S値と年齢の関係をFig.2に示す。S値は年齢の増加に伴って緩やかな増加傾向にあり、同一年令においてはバラツキがみられる。年齢(x)からS値(y)を求める推定式は、 $y = 17.55x + 466.32$  (決定係数  $R^2 = 0.43$ ) である。

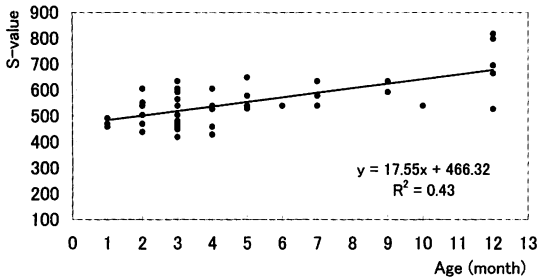


Fig.2 Relationship between S value and age

Fig.3にNDD法によって計算した小児の皮膚線量と体厚の関係を示す。皮膚線量は体厚の増加に伴って大きな値となっている。

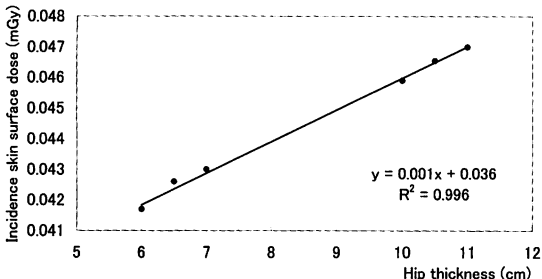


Fig.3 Relationship between incidence skin surface dose and hip thickness

Fig.4は皮膚線量とS値の関係を示すもので、S値の増加に伴って皮膚線量も増加している。S値(x)から皮膚線量(mGy)(y)を求める推定式は、 $y = 0.00003x + 0.0264$  (決定係数:  $R^2 = 0.83$ )

で非常に良い適合度を示している。

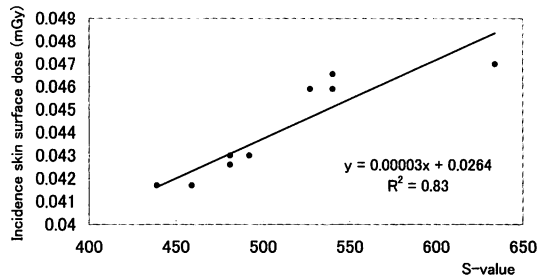


Fig.4 Relationship between incidence skin surface dose and S value

Fig.5はS値と体厚の関係を示すものである。S値は体厚の増加に伴って大きくなっている。体厚(cm)(x)からS値(y)を求める推定式は、 $y = 24.75x + 307.23$  (決定係数:  $R^2 = 0.82$ ) で皮膚線量とS値の関係と同様に非常に良い適合度を示している。

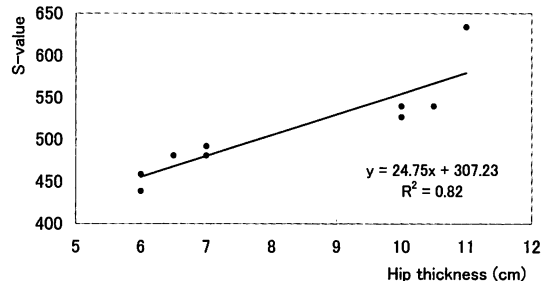


Fig.5 Relationship between S value and hip thickness

### IV 考 察

FCR<sup>6,7)</sup>は、システム感度(S値)とラチチュード(L値)を最適化し、撮影条件にかかわらず安定した画像出力を行うEDR<sup>8)</sup>を備えている。このEDRにはauto mode, semi auto mode, fix modeの3つのモードがあり、実際の臨床で用いられているのはauto modeがほとんどである。しかしながら、auto modeではS値とL値が自動調整されるため、同じ線質(kV)でIPへの入射X線量が異なる場合はL値が同じでS値が異なり、IPへの入射X線量が同じで線質(kV)が異なる場合はS値が同じでL値が異なる。本研究における全CR画像は線質60kV、線量1mAsの同一撮影条件

(X線照射量は一定とする)で撮影されているため、IPへの入射X線量は小児個々の吸収X線量に依存してS値が変動すると推測される。そこで、本研究はNDD法によって算出した小児の皮膚線量とS値の関係から、S値をパラメータとした小児の被曝線量の簡易推定式を求めることが目的である。IPのフェーディングや管電圧依存性が、S値を変化させる要因であると報告されている。したがって、本研究では、この2点を考慮して管電圧は60kVのみを使用し、IPの撮影から読み取りまでの時間はほぼ同じであるため、IPのフェーディングや管電圧依存性によるS値の変動はないと考える。また、実際の臨床においては含鉛ゴムによって生殖腺を防護して小児股関節の撮影を行っているため、本研究のS値は含鉛ゴムによるX線吸収が小児の体格によるX線吸収に追加されているため小児の体格のみのS値よりも大きな値であると考えられる。Fig.4とFig.5の推定式には、小児の発育に伴う体格の標準的発達直線回帰で示されているため、体厚も発育に伴って直線的な増加を示すものとして本データの解析を行い、決定係数が0.81(相関係数が0.9)を超えているため直線的回帰で十分説明できると判断して直線回帰を用いた。

S値と年齢の関係は、Fig.2から分かるように年齢の増加に伴ってS値は大きくなっている。これは、年齢の増加に伴い体によるX線吸収量の増加がIPへの入射X線量を減少させるためS値が大きくなると考えられる。また、同一年令におけるS値のバラツキは、同一年令でも小児の体格が大小様々で体によるX線吸収量やIPへの入射X線量が個々で異なるためと考えられる。このバラツキが原因で推定式の寄与率が0.43と低くなったと考えられる。ここで、小児の体格の大小を体厚で比較することとする。10名の体厚(年齢は異なる)とS値の関係を調べたFig.5をみると、S値は体厚に大きく依存していることがわかる。これは、体厚の増加によるX線吸収量の増加がIPへの入射X線量を減少させS値が大きくなったためと

考える。

一般撮影における被曝線量は、患者の皮膚線量で定義されている。そこで、当施設の股関節X線撮影における小児の皮膚線量をNDD法によって計算した結果(Fig.3)について考えてみる。小児の体厚を10名測定したところ、6cm~11cmの範囲であったため、その被曝線量は0.042mGy~0.047mGyであると推測できる。これは、日本の被曝線量ガイダンスレベル(0.2mGy)の21%~23.5%で大幅な線量軽減であることがわかる。ここで、S値とNDD法によって算出した皮膚線量の間関係をみると、Fig.4から解るように直線性が成り立っている。このことは60kV、1mAsにおいてS値が被曝線量に比例しており、被曝線量の指標として利用可能であることを意味している。今後、当施設ではX線診断領域の線量測定のための線量計を所有していないため撮影線量の目安としてS値を用い、整形外科専門医の小児股関節のX線診断に支障のない範囲内でより低線量でのCR撮影を試みていく方針である。

以上のように、本研究では現在の小児股関節CR撮影が大幅な線量低減であることが確認でき、線量計や実験設備を所有していない小規模施設での小児股関節CR撮影における被曝線量を簡易的に推定することができる。S値によって被曝線量を推定する本研究は、体厚測定が必要ないためNDD法よりもさらに簡便な推定法であると考えられる。

## V 結 論

FCRで低線量撮影した小児股関節画像のS値とNDD法によって算出した皮膚線量の間関係を調べた。その結果、S値をパラメータとした皮膚線量の簡易推定式が得られた。この推定式はS値のみで簡易的に被曝線量の概算値を推定するものである。これらの推定値は被曝軽減のための指標として利用可能と考える。

## 参考文献

- 1) 長島宏幸, 他: 子宮卵管造影における患者皮膚線量と画質の最適化.日放技学誌. 57 (12) :1562-1569, 2001.
- 2) 松本光弘, 他: 実効エネルギーに基づく患者表面吸収線量推定式.日放技学誌. 57 (12) : 1519-1526, 2001.
- 3) 浅田恭生, 他: 平均乳腺線量推定法のソフトウェアの開発.日放技学誌. 57 (12) : 1511-1518, 2001.
- 4) 田中淳司, 他: CR画像を用いた乳腺含有率および乳腺組織吸収線量の推定.日放技学誌. 56 (7) : 921-928, 2000.
- 5) X線診断領域における患者の表面入射線量簡易換算式 - NDD法- .茨城県放射線技師会・日本放射線技術学会茨城支部.茨城.1996.
- 6) Sonoda, M., et al: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology. 148(3): 833-838, 1983.
- 7) Fujita, H., et al: Basic imaging properties of a computed radiographic system with photostimulable phosphors. Med.Phys. 16(1): 52-59, 1989.
- 8) 富士フイルム株式会社: FUJI COMPUTED RADIOGRAPHY 画像処理解説書. 13-28, 2000.