特集 小児消化管画像を診る

X線TV装置における被ばく低減の工夫

中村 祐二朗1), 新島 友輝1), 渡部 敏男1), 鈴木 達也2), 奥田 茂男2)

1) 慶應義塾大学病院 放射線技術室 2) 慶應義塾大学医学部 放射線科学教室 (診断)

Tips for minimal radiation exposure in pediatric gastrointestinal X-ray imaging studies

Yujiro Nakamura¹⁾, Yuki Nijima¹⁾, Toshio Watanabe¹⁾, Tatsuya Suzuki²⁾ and Shigeo Okuda²⁾

¹⁾Office of Radiation Technology, Keio University Hospital ²⁾Department of Diagnostic Radiology, Keio University School of Medicine

Abstract

Medical X-ray imaging procedures play an important role in the diagnosis of gastrointestinal disease. Meanwhile, the risk of ionizing radiation exposure is increasing under the procedures without optimization. The principles for reducing the radiation are simple as follows: shorter examination and fluoroscopy time, and the minimum number of shots for still images. In addition, several technical tips are recommended for reducing radiation exposure. On the recent model of fluoroscope equipped with indirect flat-panel detector, the frame rate of 3.75/s is acceptable keeping the image quality with one-eighth of the radiation exposure. Among technological advances, the most radiation dose reduction is possible with the automatic tube current modulation strategy. The capture of fluoroscopy is another technique for replacing still images. The conventional techniques are also useful, such as the proactive use of diaphragm for X-ray field, and control of the detector panel position as close as possible to the patient in the machine equipped with an under-table tube.

Use of anti-scatter grid has been recommended for improving image quality; however, this technique increases the radiation dose. In pediatric patients, non-use of the grid is assumed to be acceptable, which can reduce the radiation dose in half.

Keywords: GI X-ray study, Radiation exposure, Risk reduction

I はじめに

X線TV装置における消化管造影検査はどの施設でも日常的に多数行われているが、JIS 規格中の、診断用 X 線装置における放射線防護の目的文に「この診断用 X 線装置における X 線に対する防護の一般要求事項を規定し、患者、操作者、その他の医療従事者、一般市民が受ける照射を、放射線学医療の恩恵を損なうことなく現実的な範囲でできるだけ低く抑えることである.」との記載がある¹⁾. 特に小児を対象とした検査の場合は、被ばく低減や安全性確保

のため、格別の配慮や工夫を必要とする. 本稿では 現場の技師の立場から、小児消化管造影検査に臨む 際の注意点を述べる. 特に、装置グリッドを外す効 果について検討を行ったので紹介したい.

II 小児消化管造影検査の特性

小児消化管造影検査では、病変の形態描出だけではなく、嚥下や蠕動、排便機能などの評価が X 線透視観察や連続撮影などにより行われている²⁾.これらの機能評価は造影検査でなくては得られない情報

であるが、一方で X 線を連続的に照射するため、被ばく量を増やすことにつながる³⁾.

まず、検査適応、すなわち無駄な検査を依頼しない検討については、主治医にゆだねられるが、特に透視を利用する検査の場合には、被ばくが増加することを意識する必要がある。検査現場では、1. 検査を手短に、2. 撮影枚数を最小限に、3. 透視時間を短くする対策を講じる⁴⁾.

口頭指示が通じる成人とは違い、小児の場合は、 予想外な動きによる透視観察の延長や撮影のやり直 しに対しても十分に考慮する必要がある. まして、 検査台からの落下など起こしてはならない事故を防 ぐためにも、患児の固定に対する工夫は非常に重要 である。

III 被ばく低減の工夫

1. パルス透視

通常の連続透視では、1秒間あたりのフレーム数を30 (30 f/s) 相当に設定されていることが多いが、パルス透視は15 f/s 以下に設定することにより、間引くように被ばく量を下げることができる。その一方で、低フレームレートでは動画の連続性が悪くなり、観察自体に支障を来すことがあるので、フレー

ム数の設定は検査担当者の判断にゆだねられる.

当院で使用している間接型フラットパネル・ディテクター(flat panel detector: FPD)搭載装置では、動きの少ない部位で $7.5\sim3.75$ f/s 程度にまで下げても透視観察は十分に行え、透視時間の表示が同じでも被ばくは約 $1/4\sim1/8$ に低減することができる、装置の設定にも依存するが、できるだけ低フレームレートでの透視を心がけたい5).

2. 自動制御機構

最近の X線 TV 装置にはデジタル検出器が搭載され、自動輝度制御(auto brightness control: ABC)、自動露出制御(auto exposure control: AEC)などにより(Fig. 1)、特に意識しなくとも低被ばくとなるような設定をすることができるようになったが、設定条件の最適化は各施設にゆだねられており、適切な条件に調整する努力を続けることが望ましい。また、透視時間が延長しては被ばく低減の効果が減少してしまう。自動制御機構を用いていても、透視時間や曝射回数が最小限になるように努力することには、これまでと変わりはないの。

3. 透視画像のキャプチャー

デジタル検出器となり、透視画像をキャプチャー



Fig. 1 ABC & AEC

ABC と AEC により被写体にとって最適な画質が得られるようになった.しかし,自動調節は観察したい場所を見にくくしてしまうこともあるので,常に撮影像・透視像に注意を払い,必要に応じてこまめに調整する必要がある.

して静止画として利用することができるようになった. 撮像枚数を減らすためキャプチャー画像の利用を積極的に考えたいが、画質が診断に影響しては元も子もないので、検査担当医との連携が重要となる.

4. 従来から行われている方法

アナログの時代から行われていることであるが、 絞りを利用して照射範囲をなるべく狭める努力が必要である.しかし、照射野を小さくし過ぎると対象 部位の全体像や周辺の所見を見落とす恐れがある. 検査中に起こる異常所見は時に広い視野で客観的に 観察すること、被ばくや照射条件を考慮して施行医 の目的や患者の様子を見回し、スタッフ間で意識の 共有と臨床的な知識が必要となる.また、絞りの操 作による自動制御機構の作動遅れがある.絞りを入 れるほど散乱線が遮断され、小さな照射野ほど X 線 量が増加する場合があり、極端に小さな照射野は、 局所的に被ばく量を増加させる恐れがあるので、注 意が必要である⁷.

X線発生装置が寝台の下に置かれている undertube 型の装置では、手技に必要なスペースを確保しつつも検出器 (天板)をなるべく被写体に近づける、など周囲の安全にも配慮した細かい操作が被ばく低減につながる。術者は透視観察や処置内容に没頭して、透視時間など被ばく低減の注意に気がまわらないことがあるので、介助者としての技師が積極的に関わるべきテクニックである (Fig. 2).

IV グリッド脱着

これまで、画質を向上させる目的で、散乱線を排除するためグリッドを積極的に用いてきた (Fig. 3) 8). 確かに、グリッドは画質向上に役立つが、コントラストを担保するためには放射線照射量が増えるというジレンマがある。体厚があつい成人の場合は、グリッドの利用は画質改善のために必須である。一方、厚みの薄い小児の場合は必要性が少ないと予想されるが、これまで検討はされていない。そこで、当施設で行ったファントーム実験の結果を以下に紹介したい。

1. 対象と装置

使用装置は、X線撮影装置(Ultimax i, 東芝メディカルシステムズ社),撮影対象は商用の1歳児相当の体型を模した人体ファントーム(CIRS (Model 704-C) Pediatric Phantom: ATOM 1 year old)である.線量計は Dose Ace ガラス線量計素子(AGC テクノグラス社),計測用 Quality Control(QC)ファントームとして,X-check FLU(PTW-Freiburg 社,以下 PTW ファントーム)を利用した.使用したグリッドは,JPI ANTI-SCATTER GRID(Al, 80 L/cm, 100 cm, 450 × 450 mm, 15:1)である.

2. 方法

1) 小児ファントームにガラス線量計を設置 (Fig. 4) ガラス線量計素子を小児ファントームに設置した.



Fig. 2 アンダーチューブ装置 Cアーム型のアンダーチューブ装置. 天板を近付け, 絞りを多用することにより対 面積の被ばく量を抑えることができる.

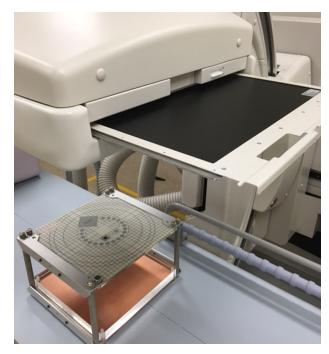


Fig. 3 グリッド 撮像装置から搬出中のグリッド. ただし, 安全面から, 検査中はグリッド脱着を行うことは避けた方がよい. 寝台上にあるのは, QC (Quality Control)ファントーム.

設置個所は、腹部領域にのみ限定し、表面線量を調べるために、上、中、下部のそれぞれに左右と中心に1個ずつとした。それを、前面と背面の両方に加え前面部には生殖部に相当する箇所に1個設置した。さらに、内部線量を調べるために、小児ファントーム内部にも上、中、下にそれぞれ2個ずつ設置し、合計で19個のガラス線量計素子を設置した。1個はバックグラウンド線量とした(Fig. 4).

2) 小児ファントームの透視と撮影

ガラス線量計が設置された小児ファントームをunder-tubeにてABC下の透視条件にて連続5分間, 照射を行った. その後, ATRにて連携された撮影条件にて5枚撮影を行い, 総線量を測定した. 実際の透視条件と撮影条件をTable 1に示す.

この条件下でグリッド装着した場合と、グリッドを外した状態のそれぞれで2回撮影を行い、透視条件と撮影条件がどのように変化し、総線量に与える影響を求めた.

3) 線量測定と差の計算

ガラス線量計素子の線量測定を行い, ガラス線量 計のバックグラウンド値を引いたものを被ばく線量 とした. グリッド装着時を基準線量とし, グリッド 脱着時における線量低減率(%)を測定した.

4) PTW ファントームの撮影

PTW ファントームを, 小児ファントーム撮影時と 同条件の下, グリッドあり/なしで撮影を行い, ノイズとコントラストを放射線技師 2 名で視覚的に評価した.

3. 結果

- ・装置内に記録される透視収集における総被ばく線量は,グリッド装着時が 2.549 mGy, 脱着時では 1.283 mGy であり,グリッドを外すと照射線量は 約 1/2 となった.
- ・ガラス線量計における測定値でも、グリッド装着時と比較して、外した時の総線量は43~57%程度、減少した(Fig. 5).
- ・PTW ファントームの視覚評価では, グリッドを外 すとノイズがやや増えて, コントラストは減少し た (Fig. 6).

実際にグリッドを外して撮像を行った臨床画像を Fig. 7 に示す. 十分な診断能を有しているが, 検査 目的や患児の体格などにより適否が異なると思われるので, グリッドの着脱については, 個々の症例ごとに慎重に対応したい.

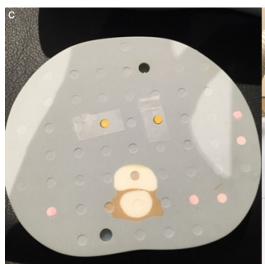
V 小児消化管造影に際する安全性の確保~安全な検査を行うために~

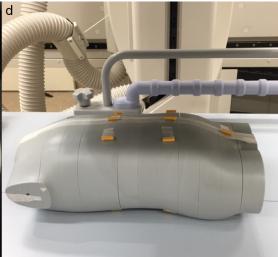
患児転落のリスクは寝台に寝かせた時点から潜在する. 患児を抑えるための人員を確保して患児のそばに必ず誰か付き添い, 目を離してはいけない. 体動に関しては, 肩関節と股関節・膝関節をしっかりと固定することが重要である. 肩関節を抑えながら, 患児の状態を把握するため頭側に人員を配置することも考慮したい(Fig. 8). また, 十分な固定は透視時間を短縮するなど被ばく低減にも寄与する.

消化管造影検査の場合,適宜角度を可変させて透 視観察や撮影する機会が多いため,過度の固定は検 査の妨げになることがあるので,必要に応じて調整 する.Cアームが付属した透視装置であれば、患児 を動かすことなく斜位や側面像を撮れる利点がある. ただし、Cアームを特に左右方向に動かす際には.









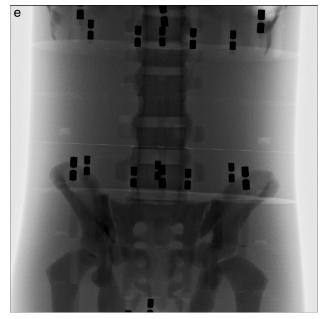
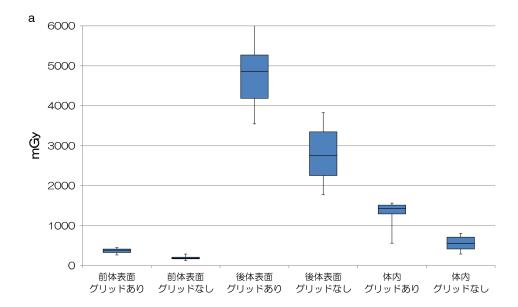


Fig. 4実験に用いたファントームとガラス線量計
小児用ファントームに設置したガラス線量計.a) 正面像, b) 背面像, c) 横断像, d) 右側方からの外観, e) ファントームと線量計の正面撮影画像

Table 1 グリッドあり/なしでの条件設定

	グリッ	グリッドあり		グリッドなし	
	透視	撮影	透視	撮影	
管電圧(kV)	75	60	63	58	
管電流 (mA)	10	80	10	80	
照射時間 (ms)	2	18	2	18	



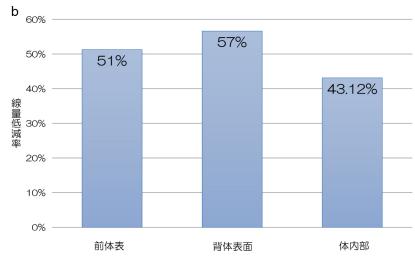


Fig. 5 線量測定結果

a) 小児ファントームを用いた線量測定の結果を示す. グリッド装着時に比べ, グリッド脱着時の平均の吸収線量は減弱されている. これは, 前後の体表面, 体内線量の全てにおいて顕著であった. 一方で, ガラス線量計の配置によっては, 照射状況や散乱線の影響によりばらつきが表れてしまっている. (Box plot では, 中央値,上下 25%値,最小および最大値を示す.)

b) 各部位の線量低減率は 40~50%前後となった. 低減率は体表面のほうが高かった.

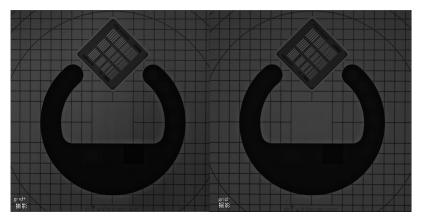
周辺にある機器や機材と接触しないよう、十分なスペースをとっておく必要がある.

VI おわりに

小児消化管造影検査における,被ばく低減と安全性確保についてまとめた.パルス透視や自動制御機

a グリッドあり

グリッドなし



b グリッドあり

グリッドなし

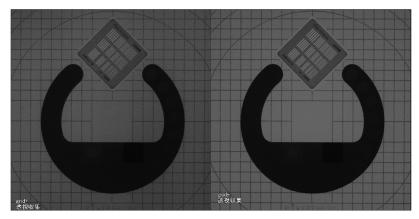


Fig. 6 グリッド着脱における画像比較 a) 撮影像, b) 透視像 グリッドなしの画像は、ありの画像に比べてコントラストがやや劣るが、解像度には差はほとんどなかった.

透視キャプチャー像

撮影像

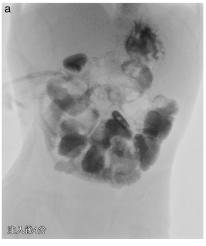




Fig. 7 グリッドを外した a) 透視キャプチャー像, b) 撮影像 7 か月男児, 全結腸型ヒルシュシュプリング病, ED チューブと胃管から造影の画像である.

透視画像のコントラストやノイズ感は見られるが、造影剤の通過程度を把握できる画像であった.



Fig. 8 検査風景 患児の頭側・足側・対側に配置し、術者(中央)は手技に集中できる. 技師は画面右ハジ(足側)から観察し操作している.

構などの技術的進歩とともに,グリッド着脱や多重 絞り,天板の位置調節など細かい作業を積み上げて, 効果的な被ばく低減が立証できた.今後はその方法 で得た画像を,どう効果的に解析し,検査に活用し ていけるか考察していく.より一層の被ばく低減の 検査を行えるよう,医師・技師・看護師のチームワー クを含めて,現場での努力を大切にしたい.

謝辞

ファントーム実験に際して,ご協力いただいた国立病院成育医療研究センター病院放射線科の宮嵜治先生ならびに放射線技師の皆様にこの場をお借りしまして深く御礼申し上げます。また,日頃,検査法をご指導いただき,貴重なディスカッションをさせていただいている慶應義塾大学病院小児科,小児外科の先生方に感謝いたします。

文 献

技師 観察

- 1) JIS 規格 (2014) 医用 X 線装置通則「診断用 X 線装置 一特性決定に用いる放射線条件 JIS T61267: '14 (IEC61267Ed.2:'05) 」
- 平田 英一:特集「小児画像診断の最前線」消化管領域. 日獨医報 2004; 49: 651-659.
- 3) 藤岡 睦久:特集「小児の被曝線量低減の試み」小児 X 線透視検査の被曝線量低減の試み. 日小放誌 1998; 14: 11-18.
- 4) 野崎 太希:特集「放射線と健康」胎児・小児期の放射線 被曝. 京府位大誌 2011; 120: 931-941.
- 5) 山本 あゆみ、杉野 吉則: FPD を用いたパルス透視による被曝線量低減化の試み―消化管領域とくに小児の検査における有用性について、日本医学放射線学会誌秋季臨床大会抄録集 2007; 43: S465.
- 6) 瀬黒清一, 西平 源幸: I.I.—DR の臨床応用第一報 (小児 造影検査における低線量画像の検討). 日本放射線技術学会誌第 21 回秋季大会抄録集 1994; 50: 164.
- 7) 熊倉 賢二, 杉野 吉則, 馬場 保昌: 胃 X 線診断学一検査編. 東京, 金原出版, 1992, p1-16.
- 8) 熊倉 賢二, 杉野 吉則, 今井 裕:消化管診断用 X 線装置 のための散乱線 X 線除去用グリッドの基礎, マニュアル 研究会編著. 東京, 金原出版, 1989, p1-30.