資料

小児頭部CT検査における実態調査

中井雄一・松本智尋¹⁾・大澤三和・野田主税・斉藤 肇・中澤靖夫論文受付
2008年 1 月 7 日論文受理
2008年 6 月29日

Code No. 251

昭和大学病院放射線部
1) 埼玉県立がんセンター

はじめに

近年、医療被ばくの問題はマスコミに大きく取り上げられ、特にCT検査の被ばくは注目されてきている。その発端は、2001年に米国の医学雑誌AJRに「小児CTにおける放射線誘発致死癌の推計」¹⁾という小児の過剰被ばくに関する報告、2004年には英国の医学誌「ランセット」に「国内がんの3.2%は、医療被ばくが原因」²⁾という論文が掲載され、社会問題にまで発展したことが挙げられる。

そのような背景を受け、放射線感受性の特に高い

小児のCT検査^{3, 4)}に関しては、必要最小限の被ばく線量で、適正な検査を行うべきである⁵⁾。しかし、小児特有の問題として、患者の協力が得られない点、小児の脳は、成長に伴って灰白質と白質のコントラストが変化する⁶⁾点が挙げられ、これらの影響が、撮影条件の設定を困惑させる要因となっている。

そこで小児専門病院、大学病院における小児頭部CT検査の前処置(鎮静剤の使用)、対象疾患、撮影方法、撮影条件等についての現状を調査したので報告する。

Survey on Scanning Pediatric Patients' Heads with CT

Yuichi Nakai, Tomohiro Matsumoto,¹⁾ Miwa Ohsawa, Chikara Noda, Hajime Saito, and Yasuo Nakazawa

Department of Radiology, Showa University Hospital

1) Department of Radiology, Saitama Cancer Center

Received January 7, 2008; Revision accepted June 29, 2008; Code No. 251

Summary

Pediatric patients are especially sensitive to radiation, and when scanning their heads with CT, it is necessary to do so with a low dose and pay very close attention. However, there are many problems when scanning pediatric patients, and it is often confusing to set the conditions for scanning. To do a survey and comparison, we issued a questionnaire to 23 pediatric hospitals and 89 university hospitals, asking about their usage of sedation, studied disorders, as well as how and under what conditions they scan their patients. The percentage of response was 40% in total. Based on the questionnaire results, we could not see much difference in the conditions for scanning. However, there was a significant difference in the usage of sedation and studied disorders between pediatric hospitals and university hospitals. The most studied disorders at pediatric hospitals were convulsion and consciousness disorders, and low-contrast areas such as the albocinereous, which requires images without movement artifacts. In order to obtain clear images, the patient was put under sedation. On the other hand, university hospitals often deal with external injuries, which usually involve danger in using sedation, and patients are usually examined without it. In addition, the usage of sedation is rare because bleeding brings up high-contrast images, and it is easy to make a diagnosis even if there is some movement artifact. Also to aim at setting a standard for medical technology, from here on, guidelines of examining methods and setting conditions should be made depending on how the different disorders should be treated.

Key words: computed tomography (CT), white matter, gray matter, sedative

別刷資料請求先: 〒142-8555 東京都品川区旗の台1-5-8
昭和大学病院放射線部 中井雄一 宛

Fig. 1 Scan Types

Fig. 2 CT-AEC (auto exposure control)

1. 方法

1-1 調査方法

アンケート調査の対象は、全国の大学病院89施設、小児病院23施設とした。なお調査期間は平成18年4月1日より平成18年10月末までとし、その際に臨床にて使用されている撮影条件・方法等のデータ記載を依頼した。

1-2 アンケート内容

以下に主な内容を示す。

1-2-1 撮影方法と画質について

- 1) スキャン方式
- 2) CT-AEC (auto exposure control)
- 3) 撮影角度の基準
- 4) 再構成関数について
- 5) 撮影条件設定時のポイント

1-2-2 画像の比較

各施設より、基底核レベルのCT画像をメディア (CD-R) に保存し、提供していただいた(視床、内包、被核等の情報が得られ脳梗塞の好発部位として基底核を選択した)。

1-2-3 撮影線量weighted CT dose index

(以下、CTDI_w)と撮影条件(mAs)。

年齢群ごとの撮影線量と撮影条件。

1-2-4 前処置と対象疾患

- 1) 小児頭部CT検査の対象疾患
- 2) 鎮静剤の使用
- 3) 鎮静剤の使用、未使用の理由

1-3 検討方法

- 1) 撮像方法、画質について小児病院と大学病院の両グループの比較
- 2) 基底核レベルの白質・灰白質のCT値差およびstandard deviation (以下、SD)を年齢群ごと(0歳, 1~3歳, 4~10歳)の比較
- 3) 撮影条件、撮影線量を小児病院、大学病院別に年

年齢群ごとの比較

- 4) CT検査の対象疾患と前処置(鎮静剤の使用)についての検討

2. 結果

2-1 回答率

調査を依頼した小児病院23施設、大学病院89施設中、小児病院11施設(回収率48%)、大学病院34施設(回収率38%)から回答を得た。全体の回収率は40%であった。

2-1-1 質問に対する回答

1) スキャン方式

スキャン方式は、小児病院82%(9施設)、大学病院85%(29施設)の施設がコンベンショナルスキャンであった(Fig. 1)。その回答理由は「画質が良好」が最も多く、両グループ合わせて約70%(27施設)を占めた。逆に、ヘリカルスキャンの理由はさまざまであり、「撮影時間短縮」「被ばく低減のため」などが挙げられた。

2) CT-AEC

小児病院では64%(7施設)、大学病院では76%(26施設)が「使用していない」という回答を得た(Fig. 2)。両グループとも約50%(15施設)が「装置に装備されていない」といった理由で、逆に「使用している」に関しては「被ばくが低減できる」「線量管理のため」といった共通の理由があった。

3) 撮影角度の基準について

撮影角度の基準は、小児病院82%(9施設)、大学病院85%(29施設)でorbitomeatal line (以下、OM LINE)に合わせるという回答を得た。その他として「OM LINE+10°」「特になし」という回答があった(Fig. 3)。

4) 再構成関数について

小児病院では73%(8施設)、大学病院では76%(26施設)が「小児専用がない」「SDを一定にしている」「必要がない」との理由から成人と同一関数を使用していた。逆に成人と異なる再構成関数を使用する理由と

Fig. 3 Routinely used tilt angle

Fig. 4 Child reconstruction kernels

して、「ビームハードニング効果の補正」「ノイズの減少」などが挙げられた(Fig. 4).

5) 撮影条件設定時のポイント

撮影条件設定時のポイントは何かの問いに対し小児病院55%(6施設)、大学病院62%(21施設)がSDとの回答であった。次いで両グループともコントラスト, contrast to noise ratio (以下, CNR)の順となった(Fig. 5).

2-1-2 CT画像の評価

各施設より提供されたCT画像を用いて、年齢ごとの基底核レベルにおける白質・灰白質のCT値差の平均および灰白質のSD値の平均を求めた。また、年齢別での灰白質のSD値を比較した。比較対象とした画像は、正常例で、スライス厚 5mm、画像再構成関数は頭部用関数のものを用いた。

Fig. 6aに測定箇所を示す。左右前頭葉・後頭葉の灰白質と白質を各4箇所ずつ、合計16箇所CT値, SD値を測定した。その16箇所の平均を各施設のCT値, SD値として比較・検討した。Fig. 6bに年齢別のCT値差の平均, Fig. 7aに年齢グループ別のSD値の平均を示す。年齢とともに大きくなった。

Fig. 7bに灰白質における年齢別, SD値の関係を示す。年齢とSD値の相関は特になかったが, SD値は最大6.02, 最小0.83, 平均2.73となり, 各画像ごとにばらつきがみられた。

2-1-3 X線管電圧120kV, 一定条件下における撮影線量と撮影条件

年齢群と撮影線量(CTDI_w), 撮影条件(mAs値)の関係をグループ別にFig. 8に示す。年齢とともに撮影線量, 撮影条件は増加した。0歳群では小児病院, 1~3, 4~10歳群では大学病院が撮影線量, 撮影条件ともに多くなる傾向にあった。

2-1-4 対象疾患と前処置

1) 小児頭部CT検査の対象疾患

小児頭部CT検査の対象疾患の割合をFig. 9に示

Fig. 5 Priority for exposure

す。小児病院では「痙攣・意識障害」が46%(5施設)と最も多く, 大学病院では「頭部外傷」が50%(17施設)と最も多くなり, 両グループで割合が異なった。

2) 鎮静剤の使用

両グループの鎮静剤の使用割合をFig. 10に示す。小児病院では64%(7施設)で「使用している」と回答したが, 大学病院では35%(12施設)であった。また「使用していない」という回答は, 小児病院では9%(1施設), 大学病院では24%(8施設)であった。

3) 鎮静剤の使用, 未使用の理由

両グループの鎮静剤の使用, 未使用の理由をTable 1に示す。使用に関しては「再撮影による被ばくが多くなる」「画質の劣化を懸念する」, 未使用に関しては「鎮静剤のリスクを避けるため」といった共通の回答があった。

3. 考 察

3-1 各質問項目の考察

3-1-1 スキャン方式について

現在MDCTが急速に普及し, ヘリカルスキャンを用いると撮影時間の大幅な短縮ができ, さらにthin sliceの撮影が可能となった。だが, 今回の調査では

Fig. 6 Evaluation of CT images
(a) a point of measurement
(b) CT value difference between white and gray matter

a | b

Fig. 7 SD value in gray matter
(a) SD value of gray matter by age group
(b) SD value of gray matter by age

a | b

Fig. 8 CTDIw (mGy) & mAs by age group

Fig. 9 Targets of child head CT examinations

Fig. 10 Use of sedative

Table 1 Reasons for the use of sedatives for children

	Children's Hospital	University Hospital
USE	<ul style="list-style-type: none"> • High exposure if second scan needed • Avoid bad image quality • Always used • If children are forced to take CT against their will, they will hate future CT examinations • For examinations before surgery 	<ul style="list-style-type: none"> • High exposure if second scan needed • Avoid bad image quality • Good image quality of newborn babies
UNUSED	<ul style="list-style-type: none"> • Avoid the risk of giving sedatives • Show videos instead of giving sedatives • Feed newborn babies to make them sleepy 	<ul style="list-style-type: none"> • Avoid the risk of giving sedatives • In case of patients with many wounds • Not always used

コンベンショナルスキャンでの撮影が大部分を占めていた。それは、再構成アルゴリズムの違いにより、コンベンショナルスキャンの画質が一般的にヘリカルスキャンよりも優れているためと考えられる⁷⁾。しかし、コンベンショナルスキャンは時間分解能に劣るため、静止していることが困難な小児には、ヘリカルスキャンで撮影した方がよいと考える。例えば、外傷等で泣き叫んでいる患者はヘリカルスキャンで行い、てんかん・意識障害の小児に対してはコンベンショナルスキャンで行う等の考慮が必要であると考えられる。

3-1-2 CT-AEC (auto exposure control)

CT-AECは、被写体の厚みや密度等から管電流を自動的に適応させて、設定した線量内で最適な画像を得る方法である。今回その利用率は、両グループとも3割程度であった。回答理由より、装置に装備されていないため利用率が少ないと予想される。現在、CT-AECは各社標準装備されており、装置を新規導入する施設が増加すると、今後その利用率は増加していくことが示唆される。

3-1-3 撮影角度の基準について

OM LINEは、基準線として扱いやすく、さらに再現性の高いことが多施設で用いられている理由と考えられる。それに対しOM LINE+10°を基準線としている

施設もあった。X線を斜入することにより、画質低下の恐れも考えられるが、水晶体の被ばく低減に有用である報告もあり⁸⁾、その角度による撮影が望ましいと思われるが現時点で考慮されている施設は少なく、今後改善の余地があると考えられる。

3-1-4 再構成関数について

小児専用の関数を使用することは、ビームハードニング効果の補正、SNの上昇といった利点があり、有用であると考えられる。しかし、グループごとに求める画質が異なり、医師の必要とする画像の関係もあるため、すべての施設に有用であるとは言い切れない。さらに機種間での違いやスライス厚、撮影線量との関係も影響するため今後詳細な検討が必要であると考えられる。

3-1-5 撮影条件設定時のポイント

新生児・乳幼児期は、水分含有量や髄鞘化による影響を受けて、年齢により白質と灰白質のコントラストが急激に変化する^{9, 10)}。この変化が低コントラスト分解能に影響するという報告がある⁶⁾。また小児は、白質・灰白質のコントラストが成人よりも低下しているためearly CT signは成人よりも分かりにくい。そのため、白質・灰白質のコントラストの低下は脳梗塞等の診断に大きな支障をきたす。よって小児頭部CT検

査ではノイズのみならず、コントラストの急激な変化を考慮した撮影条件の設定を行うことが必要と考える。昨今、CTの低コントラスト分解能評価においてLCDI (low contrast detectability index)¹¹⁾と呼ばれるものがあるが、その評価方法に関しては今後の検討課題とさせていただき、現時点での一般的な評価方法である、ノイズとコントラストの両方を加味したCNRを用いることが望ましいと考えた。しかし、今回の調査でCNRを評価法としている施設はわずかであった。これは、CNR値の算出には時間がかかること、また小児頭部CT検査では、低コントラスト分解能の重視する意義が、あまり知られていない等が考えられる。

一方、SD値は多施設で撮影条件設定時のポイントとされていた。それは、SD値がCT画像を評価するうえで簡便な方法であるためと考える。

3-2 画像および撮影条件、前処置に対する考察

3-2-1 年齢ごとの小児頭部CT画像(CT値)

白質・灰白質の超急性期脳梗塞におけるearly CT sign値は、わずか3~8HU程度¹²⁾といわれており、撮影条件をむやみに下げてしまうと診断能に影響を及ぼすことがある。そこで小児の白質・灰白質のCT値差を調べたところ年齢とともにCT値差も上昇したが、わずか5~10HUという結果であった。これは超急性期脳梗塞におけるearly CT sign値とさほど変わらず、撮影線量を下げ過ぎても診断の低下を招く恐れがあるため、撮影条件は十分に考慮する必要があると考える。

3-2-2 年齢ごとでの小児頭部CT画像(SD値)

年齢が0~10歳まで変化していくにつれ、SD値も少しずつ上昇する傾向にあった。これは各施設で年齢ごとの撮影線量に大きな差がないことが示唆された。また、施設ごとのFOVにおけるSD値の変化も考慮しなければならないが、SD値が極端に高いということは、撮影線量を下げ過ぎている可能性が、SD値が低いということは、過剰線量である可能性が示唆できた。今回の調査ではSD値は年齢ごとによって大きくばらつきがあり、施設によっては過剰被ばくや過少被ばくが考えられた。しかし、施設ごとに対象疾患や描出部位が異なるため画質に対するより詳細な検討が必要であると考えた。

3-2-3 年齢ごとの撮影条件と撮影線量

両グループともに大きな差はなかった。撮影条件・

撮影線量が平均化、統一化されていたが、中、小規模病院を踏まえると母体数が大きくなり、それは難しくなると考える。現在、小児頭部CT検査における詳しいガイドラインは作成されておらず、設定に困惑する施設もあるのではないかとされる。早急にガイドラインの作成が望まれる。

3-2-4 対象疾患と前処置

小児病院では「痙攣・意識障害」、大学病院では「頭部外傷」の割合が最も高くなった。これは、鎮静剤の使用率と大きく関連していると考えた。対象疾患と前処置の関係は、小児病院では、痙攣・意識障害の患児が多いためコントラストの少ない白質・灰白質の境界をはっきりと把握する必要がある。よって動きのない画像を撮影し、対象疾患に対し十分な診断価値を得るために鎮静を積極的に行っていると考えた。一方、大学病院では、外傷等の患児が最も多い。そのため、鎮静剤を使用すると、通常時でさえ意思表示をすることが困難な小児にとって、急変時の兆候を見落としてしまう可能性があり大変危険である。また、受傷後の出血や大きな変化がないかを判断できる画質であれば十分と考える。よって鎮静剤のリスクを考慮すると、鎮静を行わずに検査を行っていると考えた。

4. まとめ

実態調査より、小児病院と大学病院において、撮影方法や画質、前処置等に差がみられた。それは撮影対象疾患が、小児病院では痙攣・意識障害、大学病院では外傷等が最も多く、その違いが大きな影響を及ぼしていることが示唆された。今後は、小児病院、大学病院といった区別に関係なく、小児頭部CT検査に対し、医療技術の標準化を目指すうえで疾患別の撮影条件、撮影方法のガイドラインが作成されることが望まれる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、アンケート調査にご協力いただきました全国各施設の方々に深謝申し上げます。

なお、本論文の要旨は2007年4月日本放射線技術学会第63回、2007年6月第61回東京部会春季学術大会において発表した。

参考文献

- 1) Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176(2): 289-296.
- 2) Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363(9406): 345-351.
- 3) 日本医学放射線学会, 日本放射線技術学会, 日本小児放射線学会. 小児CTガイドライン—被ばく低減のために. *日放技学誌* 2005; 61(4): 493-495.
- 4) ICRP Publication 60. 国際放射線防護委員会の1990年勧告. 東京: 日本アイソトープ協会, 1991.
- 5) FDA Public Health Notification: Reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. November 2, 2001.
- 6) 廣沢信雄, 松田幸広, 松本智尋, 他. 小児におけるCT撮影条件の検討. *日小児放線技* 2001; 26: 64-67.
- 7) 金森勇雄, 井戸靖司, 畑佐和昭, 他. 診療画像検査法最新・X線CTの実践. 医療科学社, 東京, 2006: 47.
- 8) 山崎詔一, 松枝勝浩, 松村光美, 他. 頭部CTにおける水晶体被ばく低減法について. *日放技師会誌* 2002; 49(11): 1350-1355.
- 9) 竹下研三. 小児の頭部画像診断. 南江堂, 東京, 1993: 87-92.
- 10) 松本智尋. 小児の頭部CT検査被曝の低減についてどう考える? *日小児放線技* 2006; 31: 48-51.
- 11) 市川勝弘, 原 孝典, 丹羽伸次, 他. CTにおける信号雑音比による低コントラスト分解能の評価. *医用画像情報会誌* 2007; 24(3): 106-111.
- 12) 佐藤和宏, 岩崎友也, 成田行治. CT分野 頭部単純CT…十分な画質は得られていますか? *日本放射線技術学会東北部会誌* 2006; 15: 52-57.

図表の説明

- Fig. 1 スキャン方式について
 Fig. 2 管電流自動調節機能について
 Fig. 3 撮影角度の基準について
 Fig. 4 再構成関数について
 Fig. 5 撮影条件設定時のポイント
 Fig. 6 CT画像の評価
 (a) 白質・灰白質のCT値差
 (b) 灰白質のSD値
 Fig. 7 灰白質におけるSD値
 Fig. 8 年齢群ごとのCTDI_w (mGy) およびmAs値
 Fig. 9 小児頭部CT検査の対象疾患
 Fig. 10 鎮静剤の使用について

Table 1 鎮静剤の使用・未使用の理由