

JSPR

Vol.18 No.3 2002

Journal of
Japanese Society of Pediatric Radiology

日本小児放射線学会雑誌



特集／第38回日本小児放射線学会シンポジウムより
Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT

症例報告

Pictorial Essay

日小放誌
J.J.S.P.R.

日本小児放射線学会



Journal of Japanese Society of
Pediatric Radiology

JJSPR
VOL.18 NO.3
2002

Edited by

Ehiichi Kohda, M.D. Noriko Aida, M.D.
Teruyoshi Amagai, M.D. Kazuteru Kawasaki, M.D.
Hiroyuki Kobayashi, M.D. Masato Takase, M.D.

CONTENTS

Special Articles *Pediatric CT Update 2002 : MDCT in Children*

- Introduction Ehiichi Kohda3
1. Multi-detector row CT : Principles, Techniques, and Clinical Applications
..... Hiromitsu Hayashi, et al.4
2. Pediatric MDCT ; Possibility of Radiation dose Reduction by Multi-detector row CT
for Pediatric Patients. Osamu Miyazaki, et al.10
3. Clinical Application of Multislice Helical Computed Tomography for Pediatric Thoracic and
Abdominal Disease : Preliminary Experience in the Routine Study and Three-dimensional
Reconstruction Images at Kanagawa Children's Medical Center
..... Kazutoshi Fujita, et al.16
4. Clinical Points of MDCT (Multi-detector row CT) in Children
..... Hiroaki Kitagawa, et al.27

Case Report

- A Case of Short Esophagus and Bilateral Diaphragmatia Hernia Causing a Cystic Mass
in the Right Hemithorax : Fetal MRI Shigeko Kuwashima, et al.36

Pictorial Essay

- A Case of Giant Retroperitoneal Teratoma in which 3D-Gd Enhanced MR-angiography was
Useful for Surgery Taro Ikeda, et al.40



目 次

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT

- 特集を企画するにあたって甲田英一3
1. Multi-detector row CT：基礎とその特徴を活かした臨床応用
.....林 宏光、他4
2. 小児のMDCT；被曝低減の可能性
.....宮崎 治、他10
3. 小児病院でのMDCTの実践的使用方法
.....藤田和俊、他16
4. 臨床医から見たMDCTの現況
.....北川博昭、他27

症 例 報 告

- 右胸腔内嚢胞性腫瘍を呈した短食道，両側横隔膜ヘルニアの1例：胎児MRI
.....桑島成子，他36

Pictorial Essay

- 3D-Gd造影MR-Angiographyが有用であった巨大後腹膜奇形腫の1手術例
.....池田太郎，他40

-
- 日本小児放射線学会規約45
- 日本小児放射線学会細則47
- 日本小児放射線学会雑誌投稿規定50
- 編集後記，他52
-

特集

第38回日本小児放射線学会シンポジウムより Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT Pediatric CT Update 2002 : MDCT in Children

特集を企画するにあたって

甲田英一

国家公務員共済組合連合会立川病院放射線科

Ehiichi Kohda

Department of Radiology, Federation of National Public Service Personal Mutualaid Associations Tachikawa hospital

今回の特集は昨年の学会シンポジウムを各々総説としてまとめて頂いたものです。Multidetector-row CTまたはMultislice CTと称される新しいCTの概略、このCTが出現して新たに判るようになったこと、判りやすくなったこと、画像診断法の変化、主治医の立場からの評価、被曝線量の評価及びその低減法等を中心にまとめて頂きました。これらの各論を序で総評しても意味がありませんので、最新の検出器24列16断面同時収集マルチスライスCTについての知見と、この最新CTの標記についての混乱を概略することで序と致します。

私の施設では今まで検出器16列4断面同時収集マルチスライスCTを使用していましたが、2002年12月からは検出器24列16断面同時収集マルチスライスCTを使用しています。この最新のCTを使用するようになって検査法が決定的に変わった点は、スライス厚と検査断面を気にしなくてよくなったことです。これは画像データが原則すべて0.6mm前後の検出器で収集されることと、その情報が立方体をしていることに起因しています。この結果今までより常に細かな情報が、軸断面だけではなく矢状断や冠状断においても軸断面同様の画質で得られることになりました。ただし注意しなければいけないことは、各論で述べられているように細かな画像情報を得るためには被曝線量が増えることです。私が使用している機種では小児に対して特別なプログラム表示があり、撮影条件が下がるようになっていますが、それでも薄いスライスで良

質な画像を得たいと思うと照射線量を増やさざるを得ません。今後は検査対象とする各疾患において、どこまで詳細に病態を画像化する必要があるのかというEvidenceも検討しなければいけないと痛感しています。

CT標記についてですが、今回の特集ではMultidetector-row CTおよびMultislice CTという言葉が同じ内容のCT機種に対して使われています。言語の統一は科学方法論の原則で知識の交換、討議に際して必須のものです。今回はそれをあえてしませんでした。それはMultidetector-rowとMultisliceという標記がその製造会社の表示に起因しており、2002年の北米放射線学会でも両者はほぼ4:6で混在しているからです。その発表内容からみるとMultidetector CTまたはMultidetector-row CTという言葉を使用している施設はGE社製の、Multislice CTという言葉を使用している施設は東芝、Siemens、Philips社製の機器を使用していることが判ります。このような混乱はHelical vs. Spiral CTやCR (Computed radiography) vs. DR (Digital radiography)という言葉がでたときにも起こったことで、いずれ統一されるものと考えます。

最後に、この特集のような最新最高の画像診断機器は米国ではまず始めに財政が豊かな小児病院に導入される一方、わが国では小児病院には導入されないという問題点を一日も早く解決できるよう、学会員一同のボランティア精神を期待して序と致します。

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより *Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT*

1. Multi-detector row CT：基礎とその特徴を活かした臨床応用

林 宏光，隈崎達夫，内木場庸子¹⁾，小川俊一¹⁾

日本医科大学 放射線科・ハイテクリサーチセンター，日本医科大学 小児科¹⁾

Multi-detector row CT: Principles, Techniques, and Clinical Applications

Hiromitsu Hayashi, Tatsuo Kumazaki, Yoko Uchikoba¹⁾, Syun-ich Ogawa¹⁾

Department of Radiology and Center for Advanced Medical Technology, Nippon Medical School,
Department of Pediatrics, Nippon Medical School¹⁾

Abstract

Computed tomography has made two major evolutionary leaps in the past decade. The first of these occurred in the early 1990s with the introduction of the spiral CT scanner, with simultaneous patient translation and data acquisition. The development of spiral CT has permitted volumetric data acquisition within a relatively short time.

The second leap occurred recently, with introduction of the multi-detector row CT scanner. The new technologies that made the MDCT system possible include the development of multislice detectors to permit simultaneous multislice (usually 4 or 8 channels) acquisition, and a multislice reconstruction algorithm. The completion of these technologies has enabled the development of MDCT scanners that are expected to be superior in terms of both temporal and spatial (Z-axis) resolution compared with conventional, single-detector row spiral CT scanners.

Improvement in temporal resolution has been achieved by the introduction of subsecond gantry rotation with multislice data acquisition. A shortening in the time needed for examination, approximately 1/4~1/8 of the time of conventional spiral CT, makes it easier for patients to hold their breath and faster acquisition time for images allows motion free studies of moving organs such as the lungs and heart. Improvement in Z-axis resolution is important for obtaining CT images with a high level of diagnostic confidence. MDCT examination with a small helical pitch yield high-quality axial CT images with less partial volume effects, and sufficient large anatomical coverage without deterioration of the Z-axis spatial resolution can be obtained with a large helical pitch.

The development of MDCT created exciting opportunities for diagnostic imaging. Even now, improvements and refinements to these CT scanners are being vigorously made; the potential and usefulness of CT are expected to expand in the future.

Keywords: Spiral CT, Multi-detector row CT, Three-dimensional CT, CT angiography

はじめに

複雑な人体の内部構造を非侵襲的に観察し、これを立体的に表示することは、医療における長年の夢であった。1972年、HounsfieldらによりX線CTが開発され、これまでにない高い濃度分解能で人体の横断像を得ることが可能となった。

X線CTはX線が物体を透過する性質を利用して、同心円的に多方向から被験者にX線を照射し、透過X線強度を計測して断面各点における線吸収係数を求めることから断層像を得ている。この多方向からのデータ収集法には幾つかの方式が実用化されたが、撮影中に被験者の位置を変えないことが、任意の位置のX線CT像を得るための大原則とされてきた。

らせん走査型CTの原理とその利点

X線CTの開発における革命的な進歩は、らせん走査型（ヘリカル、スパイラル）CTの開発に他ならない¹⁾。らせん走査型CTとはX線管球を同一方向に連続回転させながら検査寝台を体軸方向に定速移動することで、被験者をらせん状にスキャンし、その投影データを取得することが可能なCT装置である。従来のケーブルさばき型CTと比較した臨床的利点としては、1) スキャン停止時間がないため、短時間で広範囲の検査が可能、2) 1回の呼吸停止下で検査対象臓器の全体をスキャンすることができるため、息継ぎによる空間的位置のずれを生じない、3) 任意の位置での薄層情報が得られるため、小病変の検出に有効、4) 短時間で検査し得るため、小児や緊急検査に有用、などがあげられる。中でも本装置により短時間で体軸方向の連続性に優れた容積情報が得られる点と、高速撮影することで明瞭な血管像が得られる点に着目した3次元CT血管造影法は、従来のカテーテルを用いた血管造影に変わり得る低侵襲的脈管診断法として注目され、現在、広く普及しつつある^{1, 2)}。しかし、これまでのらせん走査型CTにおいては検出器が1列しか装備されておらず（single-detector CT: SDCT）、時間分解能と空間分解能の両者を共に優先した検査を行うことには限

界があることもわかってきた。

この相反する要求を実現可能としたCT装置が、近年、大変注目を集めているmulti-detector row CT（MDCT、マルチスライスCT）である。

Multi-detector row CT（マルチスライスCT）の開発

MDCTとは体軸方向に複数の検出器列を配置し、X線管球が1回転する間に同時に複数の画像情報を得ることが可能なCT装置である³⁾。これまでのSDCTが1本の筆（単一検出器）で情報を収集していたのに比較して、MDCTでは4本あるいは8本、さらには16本の筆（多列検出器）で情報を収集することが可能である（Fig.1）。SDCTに比較したMDCTの臨床的利点としては、①1検査ならびに1画像あたりの時間分解能の向上、②体軸（Z軸）方向の空間分解能の向上、に集約される。従って、MDCTを用いることにより、さらに短時間で（Faster）、より広範囲の容積情報を（Longer）、空間分解能を劣化させることなく（Better）取得できるようになったといえる。また高速撮影が可能なることに加え、MDCT専用の再構成アルゴリズムを利用することで、最大40%程度のX線被曝量の低減を図ることも可能となった。

MDCTの特徴を活かした臨床応用

時間分解能の向上の結果、極めて短時間で検査が終了するため、より侵襲の少ない検査が可能となった。また解剖学的な検査範囲は拡大し、心拍動、呼吸、蠕動運動による画像劣化を低減できるようになった。また空間分解能の向上により、X-Y-Z軸方向の分解能が等しいisotropic voxel dataを取得することも可能となった。この結果、部分容積効果（パーシャルボリューム効果）の影響が小さくなり、診断精度の向上が期待される。

MDCTの優れた性能やその能力を生かした新たなアプリケーションの有用性が期待される領域としては、Table 1に示すようなものがあげられる⁴⁾。中でも造影剤を使用したダイナミックCT検査や、CT血管造影をはじめとする3次元画像再構成、短時間検査が有用な救急や小児

への応用は、最も有望視されるものである。

MDCTの小児への応用を考えた場合、短時間で検査が終了するため、鎮静剤を使用する頻度の減少あるいは減量が可能と思われる⁵⁾。また体動による雑音（アーチファクト）の軽減も得られると考えられる。体軸方向への空間分解能が向上することで、3次元画像やmultiplanar reconstruction (MPR) の精度が向上することが期待され、3次元的な病変の把握や周囲臓器との関係の理解に有用と考えられる。また詳細は宮崎論文を参照（本特集2）されたいが、MDCT専用再構成アルゴリズムが利用できることで、SDCTに比較して約40%の医療X線被曝の低減

を図ることが可能である点も、小児への応用に際しての大きな福音である。

当施設における小児MDCTの臨床応用： 循環器領域を中心に

小児複雑心血管奇形の評価は、これまで専ら超音波ならびに血管造影により行われてきたが、MDCTを用いて約5～10mlの造影剤を使用し、およそ10秒間の検査時間で診断することが可能となった。当院の小児科学教室との共同研究の結果、大血管ならびに弓部分枝、さらには肺動脈及び肺静脈の異常の評価に有用であることが判明した（Fig.2, 3, 4）^{6, 7)}。また術後で

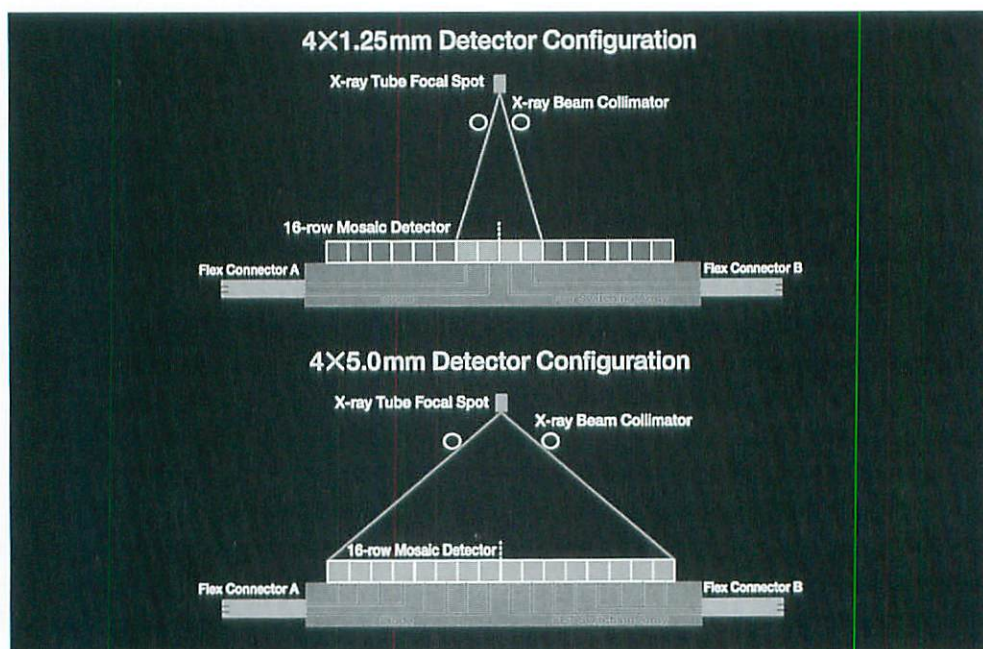


Fig.1 Detector configuration of 4-channel multi-detector row CT scanner (GE LightSpeed QX/i).

Table 1. Clinical applications of MDCT examination

Head and neck

CT angiography, CT perfusion

Chest

CT angiography (aorta, pulmonary artery), High resolution CT (lung cancer screening), CT guided biopsy

Heart

Coronary calcification scoring, Coronary CT angiography, Congenital cardiovascular anomaly

Abdomen and pelvis

Multiphasic dynamic CT, CT angiography (peripheral artery), CT venography, CT portography

は、同一の容積情報から気管・気管支系の評価を含めた経過観察が可能である (Fig.5)。

現在のところ冠動脈の評価は血管造影の聖域であるが、心電図同期下でMDCT検査を行い、得られた容積情報から同一心時相の画像を再計算することで、冠動脈の3次元CT画像を再構

成することが可能となった⁷⁾ (Fig.6)。また一度取得した容積情報から、収縮期ならびに拡張期の画像を各々計算して比較することで、壁運動を評価することも可能であり、今後、3次元画像に時間情報を加味した「4次元画像」を再構成することも可能になるものと期待される。

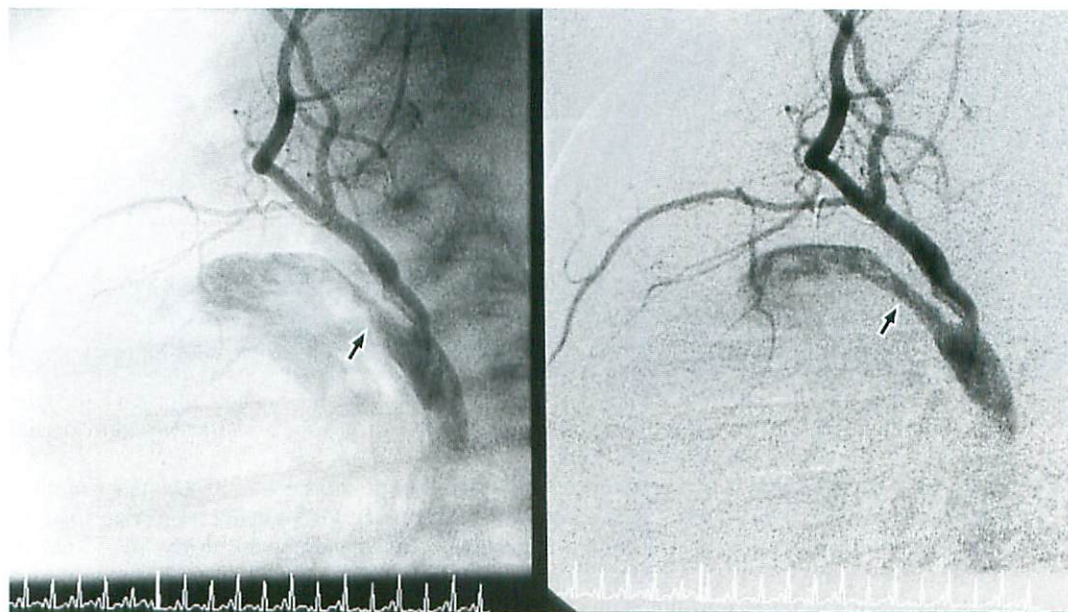


Fig.2 The catheter angiography in patient with coarctation of aorta and patent ductus arteriosus by the retrograde radial injection (16D.F). The patent ductus arteriosus is clearly depicted (arrow), but there is no information about arch anomaly.



Fig.3 MDCT angiography of the same patient with coarctation of aorta and patent ductus arteriosus. The left image demonstrates coarctation of the aorta (arrow) and the right image shows the patent ductus arteriosus (arrowhead).

おわりに

3次元的な人体を2次元的な検査方法から評価するには少なからぬ困難を伴い、また2次元的な断層像を頭の中で3次元構築するには長年の訓練が必要な上、これを共有することはでき

ない。

らせん操作型CTに引き続いてMDCTが開発されたことで、CTの持つ臨床的役割は、さらに拡大されつつある。今後、更なるハードウェアの改良と新たなソフトウェアの開発により、MDCTは小児においても多くの疾患の診断にお

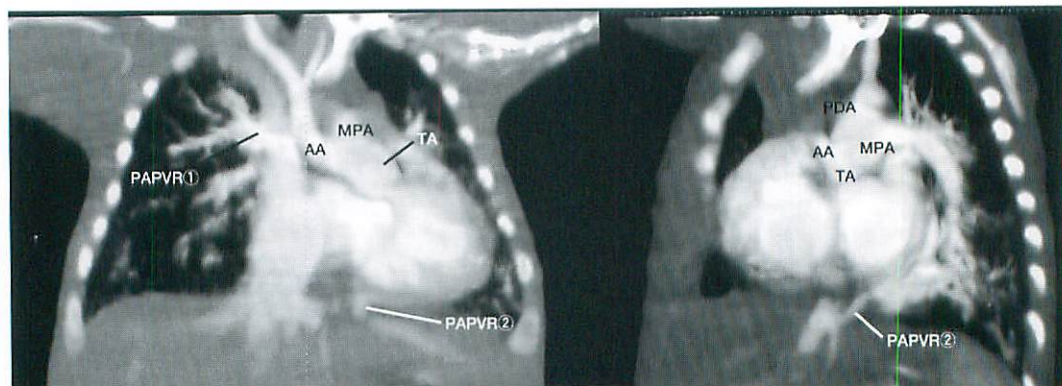


Fig.4 MDCT angiography in patient with Truncus Arteriosus (type I), aortic interruption (type B), patent ductus arteriosus, aberrant origin of the right subclavian artery, and partial anomalous pulmonary venous return (12D.F).

MDCTA was performed with 5 mL contrast material. Scanning time was 10 seconds. Complex cardiovascular anomalies are nicely demonstrated by maximum intensity projection images. TA: Truncus Arteriosus, AA: ascending aorta, MPA: main pulmonary artery, PDA: patent ductus arteriosus, PAPVR①: partial anomalous pulmonary venous return to the superior vena cava, PAPVR②: partial anomalous pulmonary venous return to the left hepatic vein.

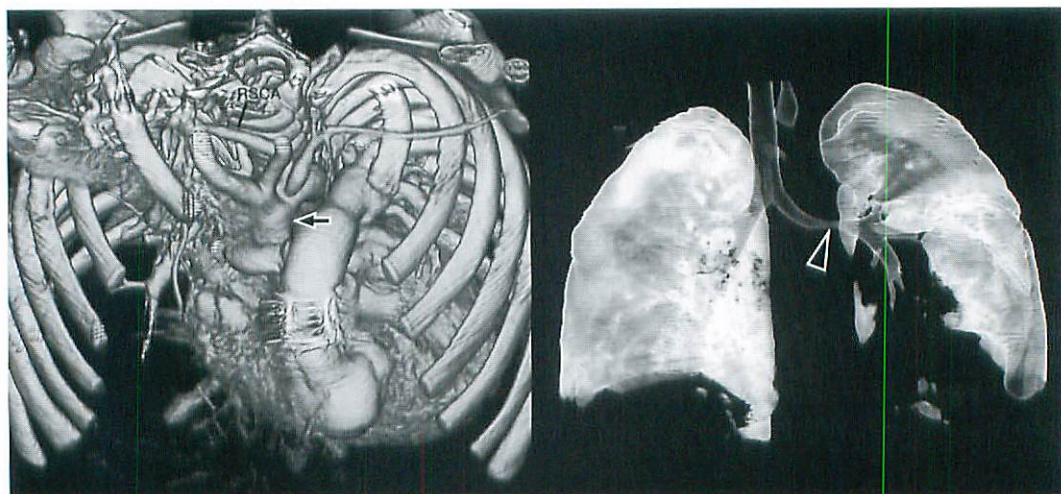


Fig.5 MDCT angiographic (left) and CT bronchoscopic images in patient with post operative state of Truncus Arteriosus, aortic interruption, and patent ductus arteriosus (14M, same patient with Fig.4).

The aortic arch (arrow) is reconstructed. The left main bronchus (arrowhead) is severely compressed by the dilated left pulmonary artery. RSCA: the aberrant origin of the right subclavian artery.

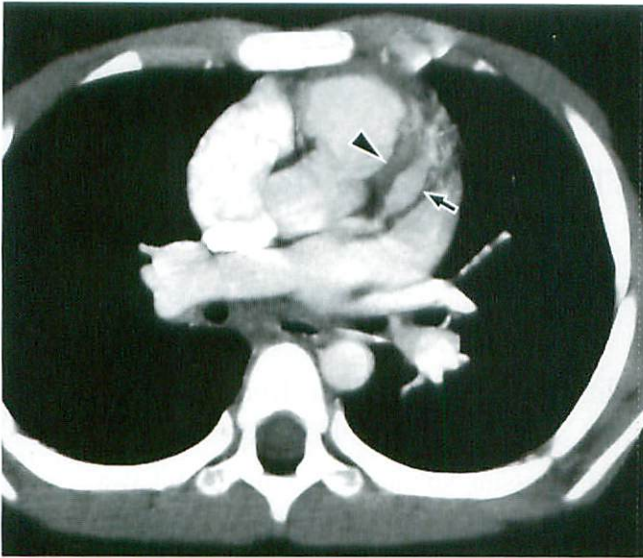


Fig.6 Coronary MDCT angiography in patient with Kawasaki disease (6Yr.F).
A large aneurysm of the proximal left descending artery (arrow) with intraluminal thrombus (arrowhead) is demonstrated.

けるone stop shoppingとなるものと期待される。

●文献

- 1) 林 宏光, 小林尚志, 高木 亮, 他: らせんCT: その基礎から最新の三次元画像まで, 臨床画像 1996; 12: 181-193.
- 2) Rubin GD, Dake MD, Napel SA, et al: Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen; initial clinical experience. Radiology 1993; 186: 147-152.
- 3) 林 宏光, 高木 亮, 市川太郎, 他: らせん操作型CTの新しい技術: Multidetector-row (多列検出器型) CTを理解するために, 日獨医報 1999; 44: 330-341.
- 4) 佐藤夏子, 山下康行: 1 章 CTの誕生からマルチスライスCTへ, 極めるマルチスライスCT, 山下康行編, 中外医学社, 2001, P1-6.
- 5) Hopkins K. Use of multidetector-row CT in pediatric patients. Textbook of 2nd International Symposium on Multidetector-row CT, 2000; P19-23.
- 6) 内木場庸子, 福見大地, 深澤隆治, 他: 三次元CT (らせん操作型CT) を用いた先天性異常血管の評価, 第38回小児放射線学会誌総会号 2002; 65.
- 7) 林 宏光, 高木 亮, 高浜克也, 他: MDCT Angiographyによる小児複雑心血管奇形の評価, 日本医放会誌 2002; 62: S194.
- 8) Ohnesorge B, Flohr T, Becker CR (訳門田正貴): 第14章 心臓領域, 極めるマルチスライスCT, 山下康行編, 中外医学社, 2001, 111-121.

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより *Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT*

2. 小児のMDCT；被曝低減の可能性

宮崎 治¹⁾，近藤睦子，中島康雄，吉川達生²⁾

聖マリアンナ医科大学 放射線医学教室，画像診断センター²⁾，現国立成育医療センター 放射線診療部¹⁾

Pediatric MDCT ; Possibility of Radiation dose Reduction by Multi-detector row CT for Pediatric Patients.

Osamu Miyazaki¹⁾, Mutsuko Kondo, Yasuo Nakajima, Tatsuo Yoshikawa²⁾

Department of Radiology, and Medical Imaging Center²⁾, St. Marianna Univ. School of Medicine.

Department of Radiology, National Center for Children's Health and Development¹⁾.

Abstract

The use of CT has rapidly increased for the pediatric patient in the past several years. The increased frequency of pediatric CT is mostly caused by use of the helical CT technique. The volume coverage speed may be substantially improved by using multi-detector row CT (MDCT), which also reduces the need for sedation. Newer pediatric CT indications such as acute abdomen and emergency setting, 3DCT angiography, dynamic study and virtual bronchoscopy will develop. On the other hand, there have been many articles that report unnecessary radiation exposure during CT procedures and warn of the potential risks of cancer arising as a result of the increased use of CT in the pediatric population. Overexposure may occur when CT scanner parameters are not adjusted for patient size. MDCT plays an important role not only in image quality, but also in radiation dose reduction. This overview article introduces background (what happened in recent years in United States?), problems (why is dosage so high?), and recommendation of low dose setting (how to reduce the radiation exposure for children and young adults).

Keywords : Children, Multi-detector row CT, Radiation dose reduction

はじめに

小児の画像検査を行う上で，すべてのモダリティーに共通する，克服すべきふたつの問題点がある．それは“被曝”と“検査時間の長さ（呼吸停止や検査時の体動）”である．単純X線撮影は被曝をするが検査時間は短い．超音波（以下US）とMRIは“被曝”についてはすでにモダリティーを選択した段階で問題が解決され，あとは後者の課題をクリアすれば良いのである．

一方CTは“被曝”することが前提である点が，すでにUS，MRIに比し一歩劣っており，高速度らせんCT（以下ヘリカルCT）登場以前のCTは検査時間が長く，鎮静下でない場合は画質が不鮮明であった．二つの問題点を抱えたCTより，一つでも問題が少ないUS，MRIが小児領域で過去に積極的に選択されてきたひとつの理由と思われる．そのような歴史的状況下においてヘリカルCTの登場は成人同様，小児画像診断にとって画期的であったと思われる．短時間の検

査で呼吸停止なしでもモーションアーチファクトの少ない良好な画像が得られ、volume scanされたデータからは矢状断、冠状断の観察が可能となった。さらに1990年代後半に開発された多列検出器搭載型ヘリカルCT、Multi-detector row CT (以下MDCT) の使用により、検査時間のさらなる短縮と、画質の面でもMRIさながらの多断面再構成画像や3D画像の作成が可能となった。ヘリカルCTの導入から最初の10年間で、冒頭で述べた後者の問題点(検査時間短縮)を、ほぼ解決した感がある。しかしながらもうひとつの問題点である“被曝”は実に10年近く経過した近年になり、ようやく目が向けられるようになってきた。MDCTは従来のヘリカルCTに比べ、検出器の高効率化と多点補間による画像再構成により、被曝線量もかなり低く抑えられる¹⁾。このため小児画像診断におけるふたつの問題点(被曝と検査時間短縮)の両方を解決することが可能な、画期的な画像診断装置として今後の期待は大きい。本稿では小児CT検査による被曝低減の可能性につき、現在までの背景、現時点でのCT被曝の問題点、これらを踏まえた上でのヘリカルCT、MDCTの被曝低減の撮影条件や工夫につき述べる。

背 景

CT被曝低減に関する研究は、高速らせんCTが臨床導入された1990年代以前から海外にて散見され、ここ1~2年米国では小児のCT被曝が過去に類を見ないほどのトピックスになっている。その理由は2001年のAmerican Journal of Roentgenology 176巻にBrennerらの論文“Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT”²⁾が発表され、全米の15歳以下の小児に年間行われる60万件のCTの結果、将来500人が放射線に起因する癌で死亡すると報告されたからである。この内容が米国一般紙(USA Today)に紹介され、論文タイトルにある“致命的な”という単語もショッキングであったため、当時米国では小児のCT被曝が社会問題へと発展した。同論文の趣旨は小児のCT検査における放射線誘発癌のリスク推定であり、実際に500名の放射線誘発癌患者を

確認したわけではない。年齢や体格に関係なく頭部CTは462mAs、腹部CTは404mAsと仮定してあくまで放射線生物学的、統計学的に算出された予想値である(これらのmAs値は新生児や乳幼児には線量過多と思われ、実際はこれより少ない設定で検査を行っている施設がほとんどであると思われる)。その後2001年11月米国食品医薬局(FDA)³⁾からCT被曝低減勧告がなされるなど、CTの被曝に対する意識はかつてないほど高まっている。この論議を前後しCT被曝低減に関する研究は2001年以降、多数発表されている。これらの論文で取り扱われているCT機器は単列検出器のCTにおける検討がほとんどであり、今後急速に普及するであろうMDCTの検討は未だ少ない。

小児CT被曝の問題点

1) 小児のCT被曝増加の実態と理由

過去20年間においてCT検査の件数は急激に増加している。米国のデータでは1981年に年間280万件であったCTの件数は1995年には年間2000万件に増加している²⁾。このうち小児が占める割合も増加しており、St. Louis children's hospitalの例をとると1999年に行われた小児CTの件数は1996年時の約2倍であったと記載されている²⁾。また本邦の例では吉形らは1998年に2.7%であった小児CTの割合が、2年後の2000年には8.6%と急増していると述べている⁴⁾。その主な理由として、ヘリカルCTの登場によりスキャン時間、検査時間が短縮し、検査時の鎮静の必要性が減り、多少の体動や呼吸停止不良下においても許容できる画質が得られるようになったためである。

検査数の増加に伴い小児のCT検査の適応疾患も拡大された。USが第一選択と考えられていた虫垂炎をはじめとする急性腹症の診断、悪性腫瘍や鈍的腹部外傷に対する広範囲のスクリーニング、呼吸器疾患および気管の形態評価、心大血管の造影CT、3-DCTやCT Angiographyなどが小児CT検査の依頼目的に追加されたこともCT被曝の増加の一因と考えられる⁵⁾。

またCTによる被曝増加のもうひとつの理由として、1回のCT検査における撮影回数の増加

が挙げられる。つまり1回の検査で単純CTと造影CTの2度のスキャンが行われたり、また造影CTにおいて造影早期相、平衡相（あるいは晩期相）といった2相、3相の撮影を行い、病変部の造影効果の挙動から質的診断を得ようとする方法である。これは成人の肝細胞癌などで、日常的に行っている病変評価方法を小児に応用しているわけだが、必ずしも小児の腹部疾患に不可欠ではない場合が多い。ヘリカルCTの前世代のCTでは、管球容量が小さかったため、上記のような複数回の連続スキャンは管球保護のため不可能であった。これは機器の性能の限界が被曝の抑止力となっていたともいえる。現代のヘリカルCT、MDCTに搭載されている大容量の管球は複数回の連続スキャンが可能となった反面、機械の制限に伴う被曝抑止がなくなったと考えられる。いたずらにスキャン回数を増やすことが被曝増加の一端を担っているのは事実である。この問題は実際に検査の現場に立ち会い、スキャンをプランしたり、撮影追加の指示を出す放射線科医の姿勢に大きく左右される。

2) 不適切な撮影条件

前述のごとく小児のCT検査数が急増したにもかかわらず、小児の体格や年齢に応じたCTの撮影条件の適正化は不十分なまま現在に至っている。CT機器メーカーの推奨する撮影条件は成人を対象に設定されており、小児の年齢や体

格による撮影条件の変更については明確に指示されていなかった。このため小児CTの撮影条件の設定変更はCT室の診療放射線技師の“経験と勘”に基づく、大雑把で不確かなものであった。最近になり、米国での被曝低減の意識改革や4列、8列、16列のMDCTの導入、後述するauto mA機能の導入などを契機に、ようやくCT機器メーカーも小児を意識した“低被曝モード”を提示するようになってきた。

ではなぜ今まで年齢や体格による撮影条件の適性化が行われてこなかったのか？その理由として、CTの断層画像が高被曝、いわゆる“overexposure”に気づかれにくいという特徴がある。これは単純X線撮影と比較すると理解しやすい。単純X線撮影はoverexposureな撮影条件下では、フィルムが黒化するため、医師、技師ともに被曝過多を認識しやすく、場合によっては再撮影が要求される。単純X線撮影は適切な条件下でなければ、必要な情報が写真から得られないからである。一方Fig.1に示すようにCTの場合はその画像を見ただけでは、一見してどちらが“overexposure”であるかを見分けにくく、いかなる症例やいかなる年齢層においても、CTの断面像は一様に同じ印象を受ける^{3,6)}。またCTは管電流増加によりノイズが減り、高画質が得られ、診断能が上がると考えられていたため被曝過多は見見過されてきた⁷⁾。

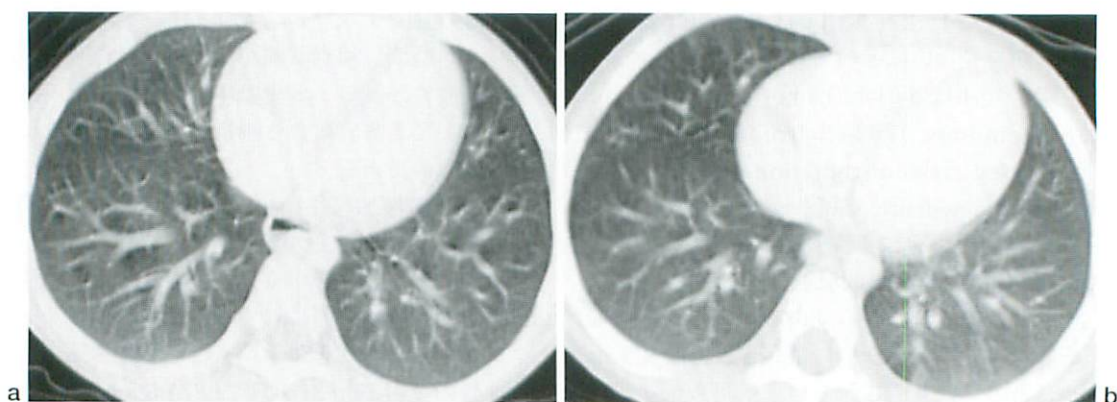


Fig.1 Can you guess which is the overexposed CT image?

These two CT images are of the same patient with different tube current settings.

Tube current is 100mAs for figure 1-a, 45mAs for figure 1-b, respectively.

Recognition of the overexposed CT image is difficult. This is thought to be one of the reasons for the unawareness of high radiation dosage.

以上これらのCT増加の理由や不適切な撮影条件の問題は、基礎的な放射線物理学、生物学的な課題というより、むしろ被曝低減の意識さえあれば、どの施設においても今日から被曝低減が行えるシンプルな問題と思われる。以下に具体的な被曝低減方法を紹介する。

被曝低減の方法

1) CT被曝の評価方法

被曝低減の方法に先立ちCT被曝の評価方法を説明する必要があるが、詳しい説明は誌面の都合上困難である。線量等を比較する場合に、異なったCT機種や異なったパラメーター設定では不都合である。現在局所線量の指標には一般的にはCTDI_w、検査全体の被曝量の指標にはDLPが用いられることが多い。Table 1にCT被曝の指標として使用される単位をまとめたので参照されたい⁸⁾。

2) 管電流時間積の設定

被曝量を増減させるCT装置のパラメーターとして管電流時間積設定 (mAs)、ヘリカルピッチ設定、管電圧設定 (kV)、スライス厚設定、FOV設定、などがある。このうちある程度の画質を維持しつつ、被検者の体格に見合う低被曝の条件を設定できるものとして、多くの論文はmAsを下げる方法を推奨している^{3, 6, 8)}。

FDAの勧告にも、mAs以外のパラメーター設定が同一であったと仮定すると「端的にmAs値を半分に減らすだけで、それに比例し被曝量も半分になる」と記載されている³⁾。mAsを下げて撮影したCTの画質の評価、特に胸部CTについては過去に多くの研究がなされ^{9, 10)}、その結果小児の躯幹部CTではmAsを従来の成人の設定の半分近く下げても、診断に支障がないことが分かってきた^{6, 9)}。文献での小児躯幹部に推奨されるmAsをTable 2に示すが、論文が発表された数年間の間にも推奨される設定が低下している傾向に気づく^{11, 12, 13)}。また小児といえども体重3kgの新生児から70kg近くある成人同様のサイズまで体格はさまぎまである。このため体格に応じたmA設定を提唱する論文も散見される。Donnellyらは被検者の体重に適した推奨mA設定を提示しており¹³⁾ (Table 3)、赤

Table 1 Summary of various dose index of CT scan⁸⁾

単位	概念
CT線量指数 computed tomography dose index (CTDI)	CTの線量分布曲線はスライス中央で高感度で、頭尾側方向で感度の低い山形になっている。半値幅スライス厚の外側を内側に折り込んで上乗せした値。
CTDI ₁₀₀	スライス厚に関係なく体軸方向に100mm分の線量を内側に折り込んだCTDI
weighted CTDI (CTDI _w)	アクリルファントムの中心部のCTDI ₁₀₀ の1/3と、辺縁部のCTDI ₁₀₀ の2/3を足した値
effective CTDI _w (CTDI _{w, eff})	CTDI _w をピッチで補正し、1 cm当たりの局所線量を表す。機種によってはCTのコンソールに表示される。
dose-length product (DLP _w)	CTDI _w にスキャン範囲長を乗じた値 (検査全体の被曝の指標として有用)

Table 2 Recommended tube current setting for pediatric CT in articles

	author/article/published year		
CT examination body resion	Zeman et al AJR : 1998 ¹¹⁾	Frush et al Radiology : 1998 ¹²⁾	Donnelly et al AJR : 2001 ¹³⁾
abdominal CT	120 (mAs)	90—140 (mA)	60—150 (mA)
Chest CT	170 (mAs)		40—120 (mA)

Table 3 Recommended tube current setting by weight (kg) of pediatric patients

Example of Cincinnati children's hospital ; single helical CT		
Body weight (kg)	chest CT (mA)	abdominal CT (mA)
4.5—8.9	40	60
9.0—17.9	50	70
18.0—26.9	60	80
27.0—35.9	70	100
36.0—45.0	80	120
45.1—70.0	100—120	140—150
>70	≥140	≥170

(Donnelly et al, 2001¹³⁾)

羽らは体重から換算した人体の横径を求め、体格（横径）に見合ったmAsを求める近似式（体重 $\times 1.5 + 60 =$ 必要mAs）を導いている⁸⁾。筆者が現在所属している国立成育医療センターでは8列のMDCT（Light speed ultra；GE社製）を使用しているが、現在上記の赤羽らの近似式による体重法から、患児の腹部CTのmAsを、胸部CTではさらにその値を0.6倍したmAs値をもとに検査を施行している。また多忙なCT室の業務の流れに沿うように、当施設では体重から換算された5 kg間隔のmAs設定の一覧表をCTのコンソールの前に貼り参照している。

これら近年の報告のほとんどはsingle detectorヘリカルCTによるヘリカルピッチが1ないしは1.5で行われた研究である。mAs低減に関する今後の課題として、MDCTにてヘリカルピッチを増やした場合の必要最低限mAs値の設定と画質、被曝量の評価、小児で頻度の多い割に、躯幹部ほど十分な検討がなされていない頭部CTの低被曝化とMDCTの評価と思われる。頭部CTは画質を維持するためヘリカルCT、MDCTの装置でも、従来のnon-helicalによるconventional scanがメーカー側から推奨されている。Chanらはconventional scanで行われた小児の頭部CTのmAsを200～250mAsで撮影した群と、125～150 mAsで撮影した群とで画質のblind testを行い、両者に有意差はなかったと報告している¹⁴⁾。

3) ヘリカルピッチの設定

前述のmAs設定同様、ヘリカルピッチを変動させることで被曝量は加減される¹³⁾。

ヘリカルピッチとは、X線管が1回転する間に寝台が体軸方向に移動する距離を設定スライス厚で除した値である¹⁾。Single helical CTとMDCTとではヘリカルスキャンの補間方法の違いにより、ピッチの変動による被曝量と画質の関係が異なる。2点補間法を用いているシングルヘリカルCTの場合はピッチを1から1.5に設定を増大することにより、雑音量を増やさずに被曝量を減らすことが出来る優れた手段である⁸⁾。一方MDCTの場合一般的にはピッチを大きくするほどデータ密度は減少し、スライス幅は厚くなり、アーチファクトは増大し、被曝線量は減少する¹⁵⁾。実際には機器が補正のために

電流をあげるのので、CT機種により一概に減るとは言えない。

4) その他の被曝低減の手法

被検者のスキャン範囲内には、空気、骨、脂肪、軟部組織といった異なる構造物が混在し、線量を多く必要とする部位と必要としない部位がある。これに対しスキャンの位置決め画像から、一回のスキャン中に自動的にその範囲内にある構造物に見合った線量を出す機能（Auto mA）が最近導入されている。線量設定の方法や基準は各メーカーにより異なっている。

その他管電圧（kV）の調整も被曝低減に有用であるが、多くの場合CT値の基準が120kVに設定してあり、管電圧を変えるとCT値が変動することが問題となる。また散乱線が増えるので表面被曝が増えるといった問題もある。

以上、これらの装置の設定以外でも、日常診療において前述のように、無駄な複数回の撮影を追加しない、超音波やMRI向きの疾患ではそれらで代用するなど被曝低減を心がけるべきであろう。

まとめ

小児のMDCTにおける被曝低減の可能性、特にその背景、問題点、対策方法を述べた。小児CTの被曝過多の主たる原因は、実は我々の認識不足であり、それを認識することがこどもたちを被曝過多から守る第一歩であると思われた。

AJRのチーフエディターのLeeはEditor's notebook¹⁶⁾の記載のなかで「我々放射線科医は過去のCT開発、進化の歴史のなかで、常に“速さ”と“精密さ”を技術者に要求し、メーカーに作らせ、そして購入してきた。今は被検者の低被曝を実現させるCTを要求し、そしてそれを購入すべきであろう」とコメントしている。

●文献

- 1) 辻岡勝美：I-34 マルチスライスCT. CT自由自在（第1版）、辻岡勝美著、東京、メジカルビュー社、2001、p52-53.
- 2) Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, et al : Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. AJR 2001 ; 176 : 289-296.

- 3) Feigal DW : Reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. FDA public health notification 2001.
- 4) 吉形通高, 赤井喜徳, 西村信也, 他 : 小児疾患に有用性を認めたCT検査. 小児放射線技術 2001 ; 26 : 8-18.
- 5) 宮坂実木子, 宮崎 治, 中山睦子, 他 : 小児領域におけるMSCTによる検査法のポイント. インナービジョン 2001 ; 16 : 61-68.
- 6) Lee FR : From the editor's notebook. Taking care of children : Check out the parameters used for helical CT. AJR 2001 ; 176 : 287.
- 7) Paterson A, Frush DP, Donnelly AF : Helical CT of the body : Are settings adjusted for pediatric patients? AJR 2001 ; 176 : 297-301.
- 8) 赤羽正章, 大友 邦 : CTの被曝と撮影条件最適化—マルチスライスCTも含めて—. 画像診断 2002 ; 22 : 318-327.
- 9) Ravenel JG, Scalzetti EM, Huda W, et al : Radiation exposure and image quality in chest CT examinations. AJR 2001 ; 177 : 279-284.
- 10) Rogalla P, Stover B, Scheer I, et al : Low-dose spiral CT : applicability to paediatric chest imaging. Pediatr Radiol 1998 ; 28 : 565-569.
- 11) Zeman RK, Baron RL, Jeffrey Jr. RB et al : Helical body CT : Evolution of scanning protocols. AJR 1998 ; 170 : 1427-1438.
- 12) Frush DP, Donnelly LF : Helical CT in children : Technical considerations and body applications. Radiology 1998 ; 209 : 37-48.
- 13) Donnelly LK, Emery KH, Brody AS, et al : Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT : Strategies at a large children's hospital. AJR 2001 ; 176 : 303-306.
- 14) Chen CY, Wong YC, Chau LF et al : Radiation dose reduction in paediatric cranial CT. Pediatr Radiol 1999 ; 29 : 770-775.
- 15) 片田和廣 : マルチスライスCTの基礎と特徴. 臨床画像 2001 ; 17 : 248-257.
- 16) Lee FR : From the editor's notebook. Radiation exposure in CT : Why so high? AJR 2001 ; 177 : 277.

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより *Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT*

3. 小児病院でのMDCTの実践的使用方法

藤田和俊, 相田典子

神奈川県立こども医療センター 放射線科

Clinical Application of Multislice Helical Computed Tomography for Pediatric Thoracic and Abdominal Disease : Preliminary Experience in the Routine Study and Three-dimensional Reconstruction Images at Kanagawa Children's Medical Center

Kazutoshi Fujita, Noriko Aida

Department of Radiology, Kanagawa Children's Medical Center

Abstract

The major advantage of multislice helical CT (MSCT) is the ability to scan a large longitudinal volume with high resolution and low image artifacts in a shorter examination time compared with conventional computed tomography (CT) and single slice helical CT. Few investigators have described MSCT protocols of the diagnostic pediatric chest and abdomen imaging, and pediatric three-dimensional reconstruction. This paper describes our experience in pediatric chest and abdomen routine studies and three dimensional reconstruction images using MSCT.

Keywords : Multislice helical CT, Infants and children

はじめに

Multislice helical CT (MSCT) では広範囲を短時間で撮影することが可能であり、呼吸や体動の影響を比較的受けにくい。そのため、小児領域での有用性が期待されている。しかし小児におけるMSCTの撮影条件が確立しているとは言えず、各施設で経験を元に手探りで行われているのが現状である。神奈川県立こども医療センターでは、MSCTを2001月2月に導入し小児に応用してきた。この1年余りの経験を元に、当院で日常使用している胸部、腹部のルーチンの撮影条件を提示し、また、造影剤量、投与方法、撮影タイミングについても、当院での使用

方法を提示し、文献的考察を加え解説を行う。

MSCTは、大量のvolume dataを短時間で取得可能なことから、CT-angiographyを含む3D画像の需要も増加している。しかし、小児領域におけるMSCTを使った3D画像の報告は少なく、小児の場合、呼吸停止ができず、心拍数が多いなどの悪条件があり、現場での条件設定は成人ほど単純ではない。当院での症例を呈示し、他のモダリティとの比較検討を行い、その適応と有用性、限界についても解説を行う。

胸部routine CT

1) 撮影条件

当院での胸部CTの条件を示す (Fig.1)。管電

流の設定がやや高めであるが、これは、当院では、胸腹部で撮影することが多いためである。CTの撮影で小児と成人の大きな違いは、小児の場合、息止めができないことが多く、そして、息止めができない場合、成人に比して呼吸数が多い小児では、より強く呼吸によるmotion artifactが生じることである（新生児 40～50/分、乳児 30～40/分、幼児 20～30/分、成人 16～18/分）。成人ボランティアでの呼吸数の違いによる画像を提示する。画像は、それぞれ吸気位停止下（Fig.2a）、呼吸数 20/min（Fig.2b）、呼吸数 30/min（Fig.2c）での、心電図同期による胸部CT再構成冠状断像である。このように、呼吸数が多い程、motion artifactが強くなることがわかる。当センターでは、helical pitchを小さくして、

細かく撮影するより、ある程度helical pitchを大きくして、短時間で撮影したほうがより実践的と考えている。ただし、3D-CT angiographyなどを行う場合では、症例ごとに撮影条件を変える必要がある。

2) 造影条件

小児領域の胸部MSCTの造影条件の報告は認められない¹⁾。当センターでは、conventional CT（東芝900S）で、300mgI/ml造影剤 1.5ml/kgで診断に十分な増強効果を得ていた。MSCTでは、撮影時間がconventional CTやsingle helical CT（SHCT）と比べ短く造影時間を長く維持する必要がなく造影剤量は減量可能であると考えられている。当センターでは、routine胸部造影CTでは、造影剤量 1.0ml/kg、delay time 30秒

Fig.1 Pediatric thoracic and abdominal multidetector helical CT protocols.

機種	東芝Aquillion 4検出器	
	胸部routine CT	腹部routine CT
管電圧	120Kv	同右
管電流	75mAs～	100mAs～
ディテクタ幅	3mm	3mm
ヘリカルピッチ	5.5	5.5
スキャン時間/回転	0.5sec	0.5sec
画像再構成スライス厚	3～5mm	5mm

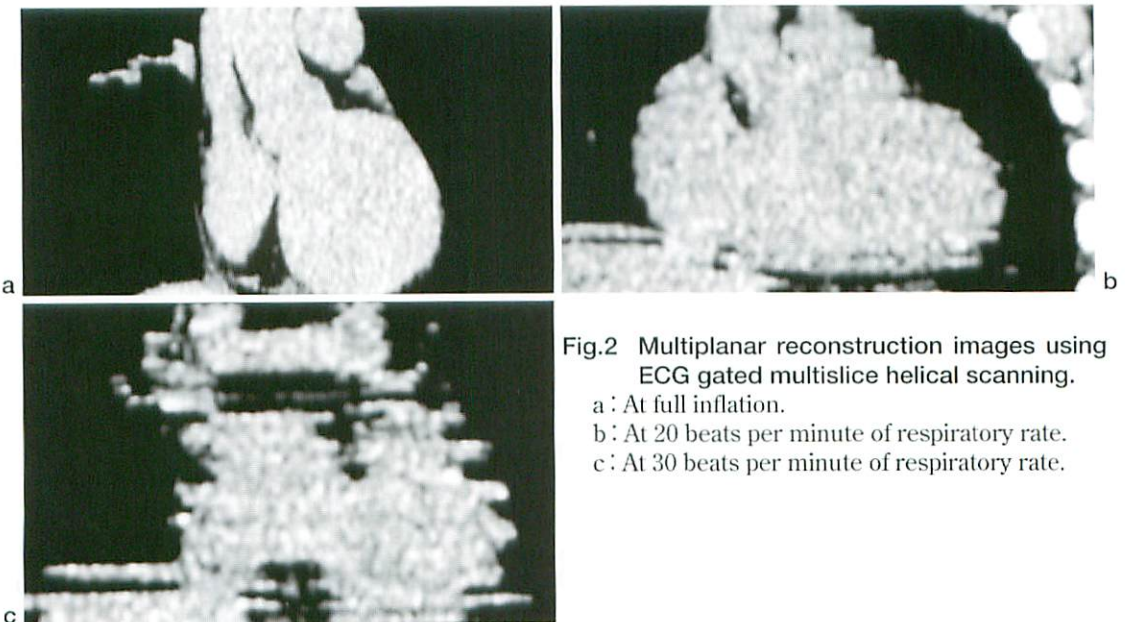


Fig.2 Multiplanar reconstruction images using ECG gated multislice helical scanning.
a : At full inflation.
b : At 20 beats per minute of respiratory rate.
c : At 30 beats per minute of respiratory rate.

で撮影を行っている。これは、以下に示す検討の結果である²⁾。

対象は、2001年2月から2002年2月に施行されたroutine胸部CT 53回中、後に示す条件を満たした39回である。対象年齢は、平均5.5歳である。方法は、25kg以下の患児の場合、用手的に急速静注している。造影条件の違いで、①A群 1.0ml/kg, delay time 30~35秒, ②B群 1.5ml/kg, delay time 30~35秒, ③C群 1.5ml/kg, delay time 15~20秒の3群にretrospectiveに分け、気管分岐部レベルでの上行大動脈、下行大動脈、肺動脈本幹にそれぞれROIを設定し、CT値を測定し、t検定で検討を行い、造影能について検討した。また、診断能については、診断に十分

な造影条件を大血管系が十分に造影され、リンパ節や他の構造と識別可能であることとして、2人の放射線科医が判断した。

結果は、delay timeが同一で、造影剤量が異なるA群とB群の比較では、上行大動脈、下行大動脈で増強効果に有意差が見られた(Fig.3a)が、造影剤量が少ないA群においても、CT値120H.U.以上の十分な増強効果が得られている。また、造影剤量が同一(1.5ml/kg)で、delay timeが異なるB群とC群の検討では、いずれの血管の増強効果に有意差は見られなかった(Fig.3b)。診断能では、いずれの群においても、十分な診断能があると判断できた。これらの結果を踏まえ、routine胸部造影MSCTでは、1.0ml/kg delay

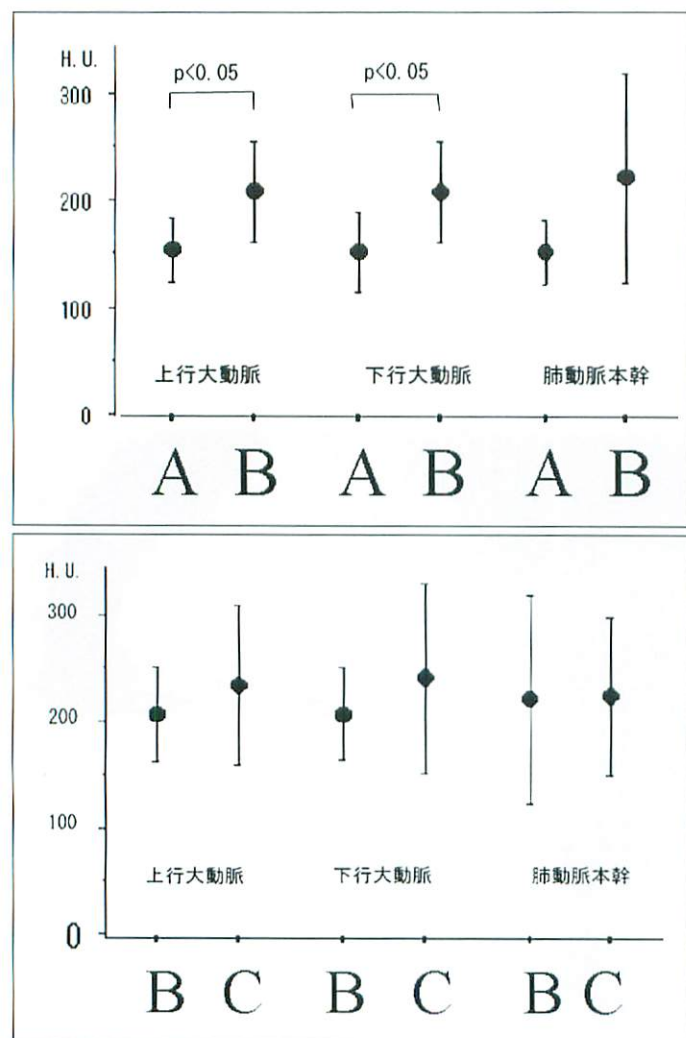


Fig.3

a: CT value of vascular enhancement between group A and B.

b: CT value of vascular enhancement between group B and C.

time 30～35秒で十分な増強効果ならびに診断能が得られると考え、当センターでは、routine 胸部CTは、造影剤量1.0ml/kg, delay time 30秒で行っている。

胸部3D-CTおよび心電図同期画像

MSCTは、広範囲を短時間で撮影可能であることから、体動や呼吸によるartifactの少ない画像が多く得られ、小児領域にも、multi-planer 画像（MPR）や3D画像の有用性が期待されている。以下に胸部CT-angiography, 3D-CTを含めたMSCTによる気道評価および心電図同期画像について、症例を呈示しながら、当センター

での使用方法および問題点について記載する。

1) 胸部CT-angiography

症例呈示

日齢2日男児。心エコーで大動脈弓が不明瞭であり頻呼吸も認め、気道評価と気道を圧排する異常構造の検索目的でCTが施行される。横断像では、大動脈弓が気管と食道の背側を走行していることがわかるが（Fig.4a-c）、全体像の把握がやや難しい。3D-CT 画像では、血管の分岐の状態ならびに血管と気管の関係の把握が容易である（Fig.4d-f）。この血管奇形は、right circumflex aortic arch with aberrant left subclavian arteryであり、緩い血管輪を形成し

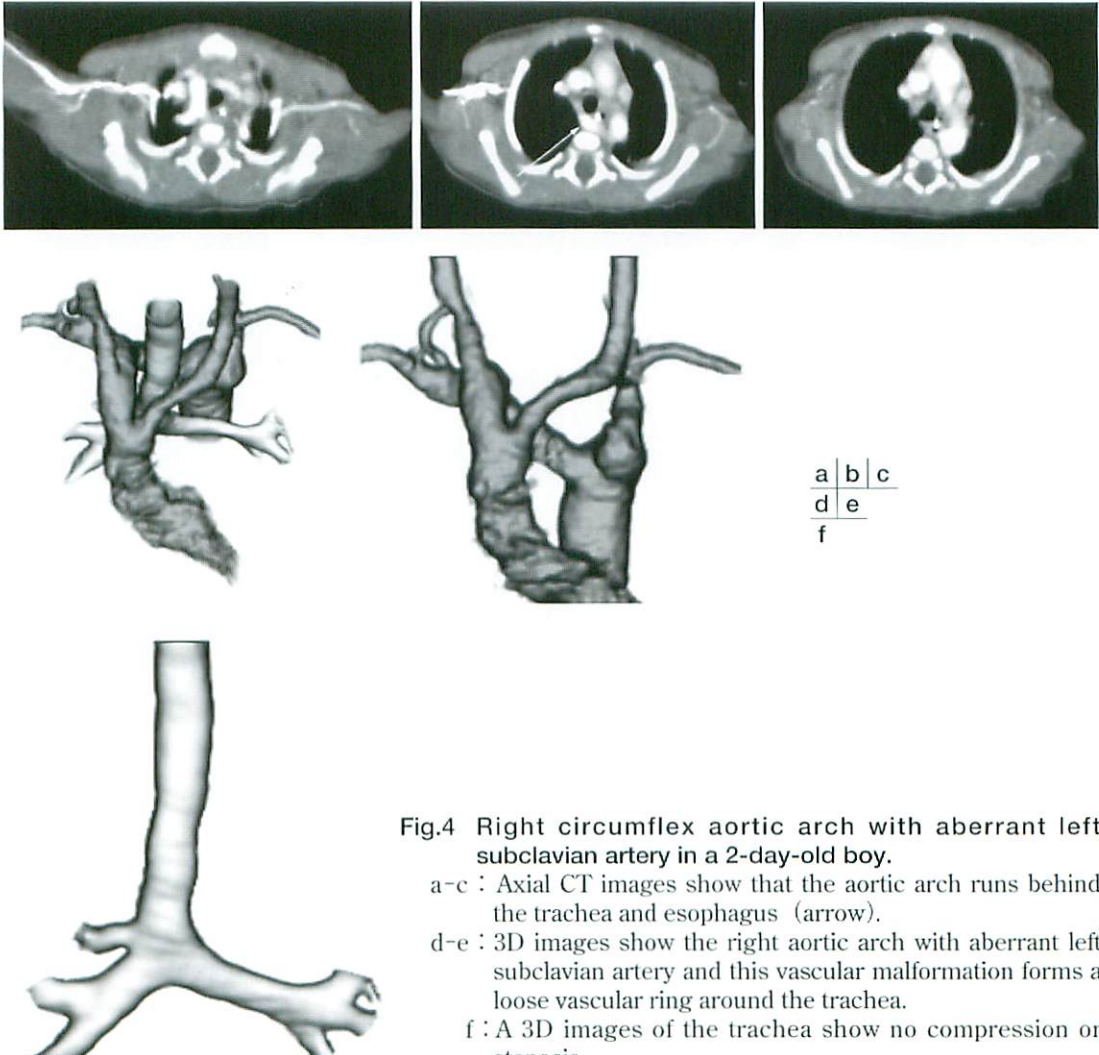


Fig.4 Right circumflex aortic arch with aberrant left subclavian artery in a 2-day-old boy.

a-c : Axial CT images show that the aortic arch runs behind the trachea and esophagus (arrow).

d-e : 3D images show the right aortic arch with aberrant left subclavian artery and this vascular malformation forms a loose vascular ring around the trachea.

f : A 3D images of the trachea show no compression or stenosis.

ているが、気管の3D画像では、血管による圧排はなく、呼吸器症状は、血管奇形によるものではないと判断可能である。

小児領域の胸部CT-angiographyの報告はSDCTの場合でも報告は少なく、MSCTでの報告は認められない³⁾。当センターでは、Fig.5に示す撮影および造影条件で施行している。造影剤量は2.0ml/kgであるが、これにより、主要血

管のCT値が200H.U.以上の3D-CT angiographyが作成しやすい増強効果が得られる。大動脈相の1相撮影のみであるが、これは、肺動脈相を得るために、delay time 4~8秒で検査を施行しても、各種シャントの存在や、小児特有の循環時間が早いことなどから、大動脈相まで造影されてしまう場合があることと、大動脈相のみでも、workstationでの画像処理により、肺動脈を分離することがある程度可能であり、また、これに

Fig.5 Pediatric thoracic CT angiography protocol.

胸部3D-CT angiography		
撮影条件	ディテクタ幅	1~2mm
	helical pitch	5.5
	再構成画像スライス厚	1~2mm, 間隔 0.5~1.0mm
造影条件	300mgI/ml造影剤を2.0ml/kg	
	delay time 20~30秒の大動脈相のみ撮影	

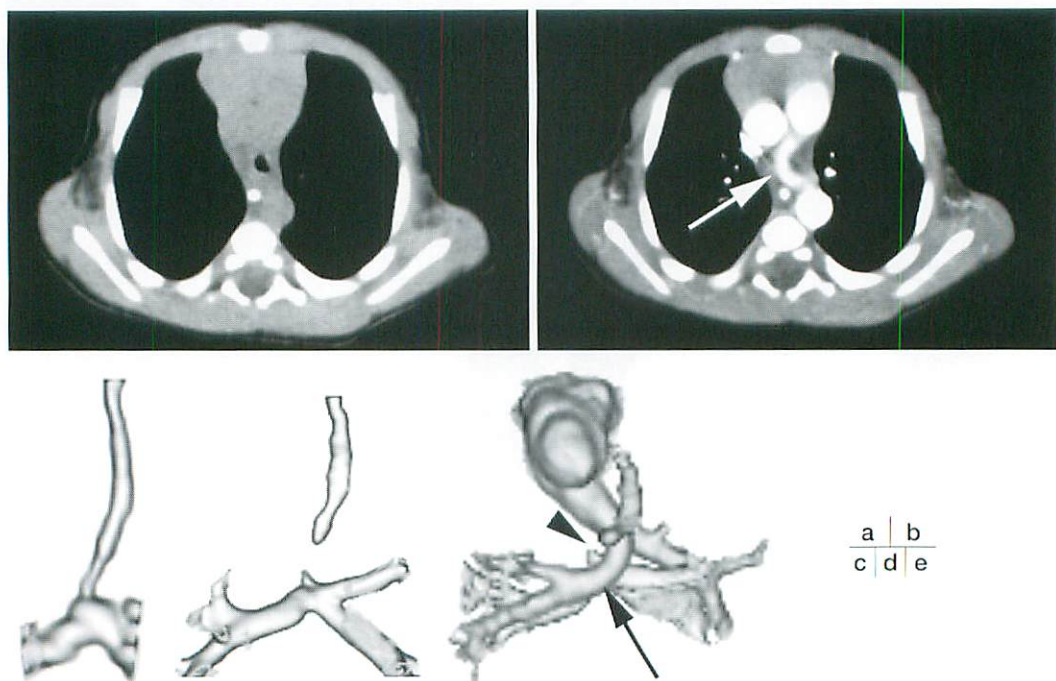


Fig.6 Pulmonary sling in a 2-day-old boy.

- a : An axial CT image above the carina of the trachea at full inflation shows that the trachea is open.
- b : An axial CT image at the same level at deflation shows collapse of the trachea. Tracheomalacia caused by the pulmonary sling was diagnosed. (arrow : pulmonary sling)
- c : A 3D image of the trachea at full inflation shows that the trachea is narrowly open.
- d : A 3D image of the trachea at deflation shows collapse of the trachea.
- e : A 3D image of the trachea and the pulmonary arteries in a cranial view shows compression of the trachea (arrowhead) by pulmonary sling (arrow).

より被曝を減らすことができる²⁾。

3D-CTによる血管の評価であるが、症例に呈示しているように安静呼吸下での比較的侵襲的な状態で、短時間の撮影で良好な血管像を得ることが可能であり、診断目的の血管造影を省略できる可能性が高いと考えている。

2) 気道の評価

症例呈示

日齢2日男児、生直後より強い呼吸障害があり挿管された。気管支鏡で拍動を伴う強い狭窄を認め、CTを施行。撮影は、挿管下で加圧時(30cmH₂O)と非加圧時に撮影が行われている。加圧時に撮影された単純CT (Fig.6a) では、気管は開存しているが、非加圧時に撮影された造影CT (Fig.6b) では、気管は強い狭窄を示し、内腔はほとんど確認できない。造影CTでは、最狭窄部を取り囲むように血管構造が認められる。右肺動脈から起始した左肺動脈であり、狭窄の原因は、pulmonary slingであることがわかる。CT横断像でも、気管狭窄の程度や範囲の評価は可能であるが、3D画像 (Fig.6c, d, e)

を用いることにより、加圧時と非加圧時の違いならびに気管と血管の位置関係の把握がより容易になることがわかる。

気道の評価は気管支鏡がgold standardであるが、小児領域の場合、患児の協力が得られないことが多く施行しがたいのが現状である。そのため気道の評価に、CTの利用が考えられてきたが、小児の場合、体動や呼吸によるartifactが生じやすくそれほど普及していなかった^{4~6)}。MSCTの登場により、比較的体動によるartifactが少ない画像が短時間に得られ、気道病変の評価への応用が期待されている。提示した症例のように、挿管下で加圧時と非加圧時に撮影され、体動によるartifactがない画像の場合、正しい評価が可能である。次に体動および呼吸によるartifactが認められる症例を呈示する。

症例呈示

日齢3ヶ月男児で、胸部3D-CT angiographyで呈示した日齢2日男児の3ヵ月後の画像である。

前述した様にright circumflex aortic arch with

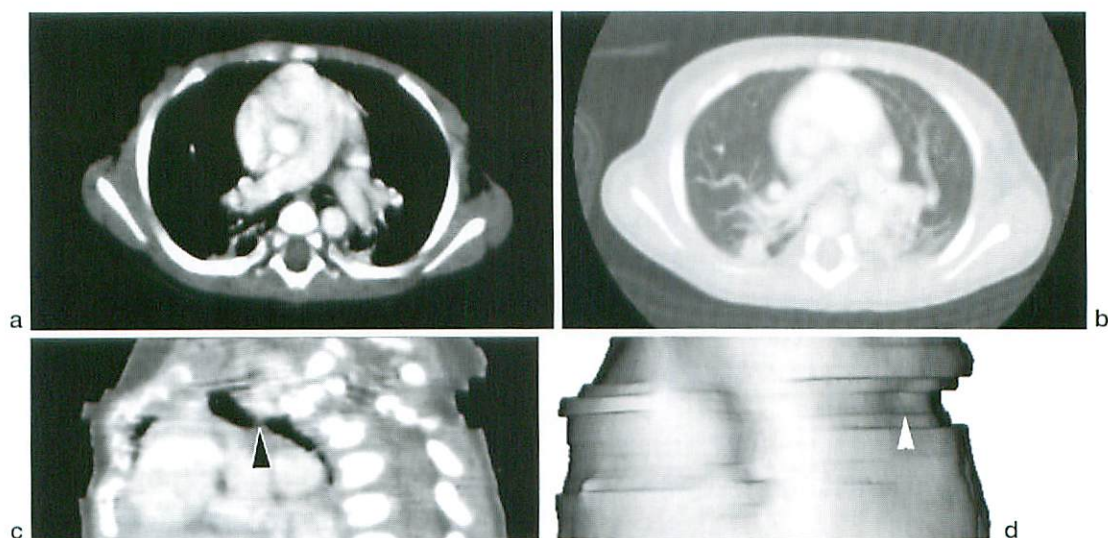


Fig.7 Right circumflex aortic arch with aberrant left subclavian artery in a 3-month-old boy.

- a: An axial CT image below the carina shows dilated bilateral main pulmonary arteries.
- b: A lung window image at the same level suggests narrowing of the bilateral main bronchus.
- c: A sagittal multiplanar image shows focal stenosis of the trachea (arrowhead).
- d: A 3D image of the chest wall shows deformation of the chest due to respiratory motion artifact at the same level of focal narrowing of the trachea in (C) (arrowhead).

aberrant left subclavian arteryがあるが気管の狭窄は認められていない。退院後状態は安定していたが、突然の呼吸困難となり入院となる。気道評価のため、CTが施行される。CTは、安静呼吸下で撮影されている。このときの呼吸は速く不整であった。本症例は、大きな心室中隔欠損があり、その結果と考えられる両側肺動脈の拡張 (Fig.7a) を認める。両側肺動脈レベルで、主気管支は細く見え (Fig.7b)、両側肺動脈の拡張に伴う気管支狭窄のように見える。MPR画像による矢状断像 (Fig.7c) にすると、矢印の部位で狭窄している様に見える。しかし、これらの所見は、CT上有意とは断定してはいけない所見である。理由の第一は、強い呼吸のartifactが認められるからである。胸壁の3D画像と前述のMPR画像を比べる (Fig.7d) と気管が狭窄して見える部位は、呼吸による胸壁の動きが入っている部位であることがわかる。第二に、吸気と呼気を比べていないからである。正常気管であっても、呼気終末と吸気終末では、前後径で平均32%、横径で平均13%、面積で平均35%変化すると報告されている⁶⁾。よって、本症例では、両側主気管支が細く見えるが、撮影時の呼吸のタイミングでたまたま細く見えるときに撮影されている可能性も考えられるからである。

上記のような息止めができない小児の場合、CTで評価を行うには限界があり、正確な評価のためには、挿管下またはマスク換気下での撮影が必要であるが、小児画像検査に積極的に麻酔科の関与することがほとんどない日本の現状では難しいのが実情である。しかし、落ち着いた呼吸で撮影された場合には、限界はあるもののある程度の気道評価は可能である。ただし、呼吸のartifactがかかった部位の気道評価はできないことを理解した上で撮影を行う必要がある。

3) 心電図同期画像

MSCTによる心電図同期CTは、成人領域の冠動脈病変の検出、評価などに応用されつつある。しかし、小児領域の報告は認められず、臨床現場での応用は、成人と違い呼吸停止ができ

ないことや心拍数が早いことなどから難しい。症例を呈示し、小児領域の心電図同期下CTの問題点について、以下に述べる。

症例呈示

3歳女児。近医で心雑音を指摘され、当センター紹介受診。心エコーで右室流出路を狭窄するような腫瘍性病変が認められた。血管造影では、右および左冠動脈造影でtumor stainが認められる (Fig.8a, b)。また、右室造影では右室流出路に強い狭窄が認められる (Fig.8c)。腫瘍の進展範囲および性状評価のためCTが施行される。CTの撮影条件は、安静呼吸下で、心拍数95~100beat/minで撮影している。心電図同期時は、1.3helical pitchでretrospective ECG gate法を用いている。Delay time 30秒 (Fig. 8d) および120秒後 (Fig. 8e) のCT画像では、右室流出路に腫瘍と思われる壁肥厚があり、心室中隔ならびに右心房心室中隔に広がっていることがわかる。また、腫瘍は後期に徐々に増強されることもわかる。この後、腫瘍生検が施行され、心原発血管腫であった。

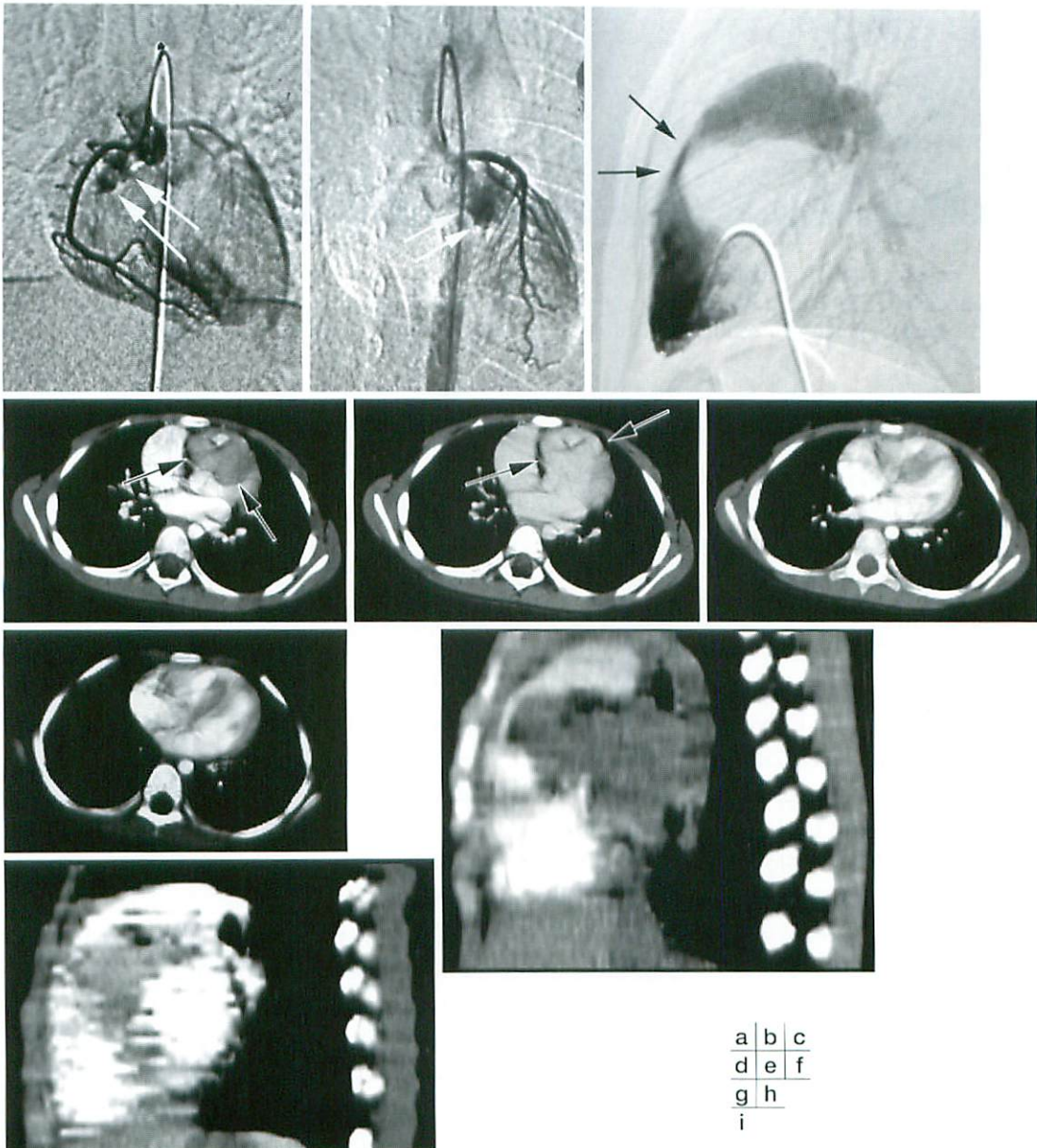
心電図同期の問題点は、①被曝線量の増加、②小児の早い心拍数に心電図同期が対応するか③呼吸によるartifactの増加が挙げられる。これらの問題点について以下に述べる。

被曝線量の増加

心拍数に応じて、helical pitchを変更する必要があるが、心電図同期を使用した場合は、使用しない場合と比較して小さいhelical pitchを使用しなければならない。提示した症例では、1.3helical pitchを用いているが、心電図同期を使用しないroutine撮影で用いる5.5helical pitchを使用した場合と比較して撮影時間が3倍近くかかり、その結果として被曝線量の増加が生じている。

小児の早い心拍数に心電図同期が対応するか

提示した症例の心拍数は、95~100beat/minであったが、RR間隔がそれぞれ20% (fig.8f) と70% (fig.8g) で処理した画像 (RR20%で処理した画像が拡張期に近い時点の画像であり、RR70%で処理した画像が、収縮期に近い時点の画



a	b	c
d	e	f
g	h	
i		

Fig.8 Cardiac hemangioma in a 3-year-old girl.

- a, b : Selective right and left coronary angiographies demonstrate vascular stain (arrow).
- c : A right ventriculogram demonstrates right ventricular outflow stenosis (arrow).
- d : An arterial phase CT image demonstrates a mass of the right ventricular outlet wall (arrow).
- e : The mass is enhanced homogeneously on a delayed image.
- f : An electrocardiographically (ECG) gated CT image on setting the center of the capture time to 20% of the R-R wave interval.
- g : An ECG gated CT image on setting the center of the capture time to 70% of the R-R wave interval.
- h : A sagittal multiplanar image using no ECG gated CT images.
- i : A sagittal multiplanar image using ECG gated CT images.



Fig.8

j | k | l

j : An usual axial CT image.

k : An axial CT image on setting the center of the capture time to 20% of the R-R wave interval.

l : An axial CT image on setting the center of the capture time to 70% of the R-R wave interval.

像である。)を比べると左心室内腔の大きさならびに左室自由壁の心筋の厚さの違いが確認でき、心電図同期がかかっていることがわかる。心電図同期下CTの経験は少ないが、100beat/min前後であれば、心電図同期は可能と思われる。

呼吸によるartifactの増加

心電図同期では、小さいhelical pitchを使用するため撮影時間の増加する。息止め下で撮影ができない小児の場合、呼吸によるartifactの増加がより多く生じる。Delay time 6秒で非心電図同期下helical pitch5.5で撮影した画像のMPRによる矢状断画像 (Fig.8h) とdelay time 30秒で心電図同期下helical pitch1.3で撮影した画像のMPRによる矢状断像 (Fig.8i) を示す。撮像時間が長くかかっている心電図同期下で撮影した画像がより多くの呼吸によるmotion artifactが入っていることがわかる。また、心電図同期処理前後の画像 (Fig.8j) : 同期処理なし、Fig.8k : RR20%で心電図同期処理後、Fig.8l : RR70%で心電図同期処理後) を比べると、心大血管の形態評価において、大きな違いが見られないことがわかる。

以上のことより、胸部大血管の評価には診断能および放射線被曝の観点から、心電図同期なしで十分と当センターでは考えている。しかし、小児領域の冠動脈病変の評価については当センターでは経験がなく不明である。

腹部CT

Routine腹部CTの撮影および造影条件とMSCTによるvolume dataの応用としてDIC-CTについて記載する。

1) 撮影条件

当院での腹部CTの撮影条件を示す (fig.1)。管電流の設定以外は、胸部CTと同一条件である。

2) 造影条件

SDCTによる小児腹部CT造影条件として、2.0ml/kgの造影剤量を注入流量時点より撮影を開始すると十分な増強効果が得られるという報告がある¹⁾。成人では、造影開始後60~80秒で撮影されている。MSCTによる小児腹部造影CTの至適造影条件の報告は認められない。当センターでは、胸部造影CTと同様に造影剤量は、SDCTと比べ減量可能であると考え、1.5ml/kg delay time 60~65秒で行い、診断に十分な増強効果を得ている。

3) DIC-CT

現在、胆道系の評価には、MRCPが多く利用されているが、息止めができない症例が多い小児領域の場合、MRCPでは、評価が難しい場合があり、このような場合、DIC-CTが有用なことがある。撮影条件は、大部分で通常の腹部CTの条件を使用しており、造影方法は、イオトロクス酸メグルミン注射液 (Biliscopin) を、5ml/kg (最大100ml) を、30分で滴下し滴下終了後1時間から1時間30分より撮影している。

症例呈示

3歳男児、腹痛、嘔吐、発熱を主訴に他院受診。超音波検査で、胆管囊腫が疑われ、当センター紹介受診。撮影は70ml Biliscopinを30分で静注し、静注終了後1時間30分後に撮影している。撮影は、安静呼吸下で、ディテクタ幅2mmで撮影を行っている。

横断像 (Fig.9a-d) では、総胆管の嚢胞状拡張があり、その下部には、膵管への逆流と思われる造影剤の異常流入部位が認められる。MPR画像 (Fig.9e) およびMIP画像 (Fig.9f) では、胆道系の全体像の評価が可能であり、本症例では、DIC-CTで膵胆管合流異常を証明でき、術中胆道造影で確認された。

このように、DIC-CTは、放射線被曝や造影剤の投与が必要な侵襲的な検査であるが、ERCPが容易に行えない小児の場合、胆道の全体像の把握に有用であり、ときに、合流異常の証明も可能である⁷⁾。ただし、protein plaqueなどによ

り、必ずしも合流異常を描出できるとは限らないため、画像の解釈には注意が必要である。

まとめ

当センターでの経験を踏まえ、MSCTによる胸腹部CTの使用法と有用性、限界につき供覧提示した。MSCTは、大量の画像データを短時間でもたすが、適切な条件設定および画像解釈を行わないと、間違った診断に到達する可能性がある。有用なMSCTの活用には、放射線科と臨床医の密接な情報交換が必要である。



Fig.9 Choledochal cyst in a 3-year-old boy.

- a-d : Drip infusion cholangiography (DIC) CT images show dilated common bile duct (arrow) and reflux of the contrast material into the pancreatic duct (arrowhead).
- e, f : A coronal MPR image and an MIP image show dilated bile duct (arrow) and reflux of the contrast material into the pancreatic duct (arrowhead).

●文献

- 1) Zeman RK, Baron RL, Jeffrey RB, et al : Silverman PM. Helical body CT : Evolution of scanning protocols. *AJR Am J Roentgenol* 1998 ; 170 : 1427-1438.
- 2) Fujita K, Aida N, Endoh K. : Optimaization of contrast enhanced multislice CT in pediatric chest : Preliminary experience in the routine study and CT angiography. In : 45th annual meeting of the society for pediatric radiology. Philadelphia, Pennsylvania, 2002 : 126.
- 3) Hopkins KL, Patrick LE, Simoneaux SF, et al : Pediatric great vessel anomalies : Initial clinical experience with spiral CT angiography. *Radiology* 1996 ; 200 : 811-815.
- 4) Brody AS, Kuhn JP, Seidel FG, et al : Airway evaluation in children with use of ultrafast CT : Pitfalls and recommendations. *Radiology* 1991 ; 178 : 181-184.
- 5) Brasch RC, Gould RG, Gooding CA, Ringertz HG, Lipton MJ. Upper airway obstruction in infants and children : Evaluation with ultrafast CT. *Radiology* 1987 ; 165 : 459-466.
- 6) Stern EJ, Graham CM, Webb WR, et al : Normal trachea during forced expiration : Dynamic CT measurements. *Radiology* 1993 ; 187 : 27-31.
- 7) Nambu A, Ichikawa T, Katoh K, et al : A case of abnormal pancreaticobiliary junction evidenced by 3D drip infusion cholangiography CT. *J Comput Assist Tomogr* 2001 ; 25 : 653-655.

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより *Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT*

4. 臨床医から見たMDCTの現況

北川博昭, 中田幸之介, 川瀬弘一, 脇坂宗親, 佐藤百合子, 佐藤英章, 古田繁行,
近藤睦子¹⁾, 宮崎 治²⁾

聖マリアンナ医科大学 小児外科, 放射線科¹⁾, 国立成育医療センター 放射線診療部²⁾

Clinical Points of MDCT (Multi-detector row CT) in Children

Hiroaki Kitagawa, Koonosuke Nakada, Hirokazu Kawase, Munechika Wakisaka,
Yuriko Sato, Hideaki Sato, Shigeyuki Furuta, Mutsuko Kondo¹⁾, Osamu Miyazaki²⁾

Departments of Pediatric Surgery and Radiology¹⁾, St. Marianna University School of Medicine.

Division of Radiology, National center for Child Health and Development²⁾.

Abstract

After the introduction of multi-detector row CT (MDCT) in children a lot of information became available in a short time. A major advantage is the ability to scan a large longitudinal volume with high resolution and low image artifacts in a shorter examination time. We describe the usefulness and limitations of the clinical application of MDCT in children.

Accurate evaluation of airway problems is possible by creating a three-dimensional image provided by MDCT, giving results that are very similar to the findings obtained using a fiberoptic bronchoscope. In addition, it is possible to get a clear view of the MDCT image in newborn patients without sedation because of the shorter scanning time compared with a conventional CT.

An image of a sagittal and a coronal section similar to that seen on MRI examination is provided by MDCT and our experience suggests that MDCT may replace MRI examinations in tumor patients in the future. The CT angiogram provided by MDCT provides information very similar to that provided by conventional angiography, without the need for arterial puncture.

We conclude that MDCT is a very useful diagnostic tool for children but we still have to select the most suitable examination for each child.

Keywords: Multi-detector row CT (MDCT), Children, Fiberoptic bronchoscopy

はじめに

最近の画像診断の進歩はめざましく、X線CTにおいても、検出器が一つのSingle-detector CT (SDCT) から画像の連続性を有する情報を取得できるヘリカルCTが出現した。さらに最

近では複数の検出器を配列し、X線の管球が1回転する間に同時に複数の画像情報を取得できるMulti-detector row CT (MDCT)へと進歩した^{1, 2)}。小児外科医としても日常臨床上、これらの新しい機器がどのように利用され、効果を発揮しているのか興味をもたれる。そこで自験

例をもとにMDCTの有用性について検討した。

対象及び方法

聖マリアンナ医科大学病院にMDCTが導入された1999年11月以降の18ヵ月間にMDCT検査が施行された小児患者を対象にした。この間の入院患者数は小児科1,328人、小児外科380人であった。このうち外来、入院、緊急すべて合わせた小児科患者931名、小児外科患者157名にMDCT検査を施行した。対象となったこれらの患者を気道閉塞疾患、新生児疾患、腫瘍、外傷および急性腹痛とに分け、それぞれに施行したMDCTの有用性について検討した。

気道系検査における有用性

症例：呼吸困難を主訴に来院した5歳女児。在胎26週、744gで出生、出生直後から気管内挿管による人工換気が行われており、生後10ヵ月で抜管し得たが、その後も頻回の肺炎・無気肺を繰り返していた。乳児期に施行した気管支鏡検査では気管軟化症と診断され、気道閉塞症状は年齢とともに改善する傾向にあった。しかし4歳10ヵ月時、感冒を契機に呼吸困難が増強したため再び気道閉塞疾患の存在が疑われ、気管支鏡検査を施行したところ、中部気管に著しい狭窄を認めた。胸部CT (Fig.1a) では気管の前後方向からの圧迫所見を認め、同時に斜め方向に軸の偏位を認めた。MDCTから3次元構築した画像(3D CT)はその範囲が明らかで、virtual endoscopyの“cruising eye view”では気管分岐部が変形し、観察することができなかった。全身麻酔下の気管支鏡検査では同様の形態的变化を認め、気管壁の色調変化、気管粘膜の変化が観察できた (Fig.1b)。術前画像所見から中部気管の約5 cmが変形を伴って著しく狭窄していることが判明したため (Fig.1c)、手術では狭窄範囲を切除し気管の断端をslide tracheoplastyにて吻合した^{3,4)}。術後に施行した3DCTおよび気管支鏡検査では吻合部に肉芽形成などは認めず、粘膜色調も良好であった (Fig.2a, b)。また気管の屈曲変形も無くなり気管分岐部が直視できるようになった (Fig.2c)。

新生児における有用性

症例：妊娠37週、体重2,910gで出生した男児。胎児超音波検査で左頸部の嚢胞性腫瘍を指摘され、頸部リンパ管腫と診断されていた。出生時、左側頸部に4×4 cmの弾性軟の単房性の嚢胞状腫瘍を認めた。腫瘍の周囲臓器への影響を見るために施行したMDCTの冠状断および矢状断像で腫瘍内に液体の貯留と空気存在を認めた。尚、検査は患者を固定したのみで鎮静剤は投与せず、短時間で終了し必要十分な画像が得られた。すなわち、CT画像からは瘻孔の位置を確認することはできなかったが、嚢胞内に気体を有することから咽喉頭と交通する瘻孔の存在が示唆され、下咽頭梨状窩瘻が強く疑われた^{5,6)}。また嚢胞に接して気管は右側方に偏位しており出生後増大した嚢胞による圧排の所見であった (Fig.3)。生後2日、頸部気管の閉塞症状が出現してきたため気管内挿管を行い、生後3週で手術を施行、嚢胞および瘻孔を全摘出した。

外傷へのMDCTの応用

症例：16歳女児。腹部を蹴られ腹痛を主訴に夜間急患センターを受診した。腹部CTを施行したところFig.4aのような脾破裂が明らかとなったが、保存的治療が奏功し受傷後5日、経過観察目的に腹部造影CTの早期動脈相で、従来型CTでは検出困難な脾動脈の仮性動脈瘤が3カ所に認められた (Fig.4b)。MDCTをもとに構築された3D画像 (Fig.5a) で血管撮影に匹敵する所見が得られた (Fig.5b) ことで、引き続き腹部血管造影により脾動脈瘤の塞栓療法を施行し著効を得た⁷⁾。

腹部腫瘍に対するMDCT

症例：8歳男児。血尿、嘔吐、食欲低下を認め近医を受診し感冒として治療された。その後次第に下腿浮腫と胸水が出現、同時に腹部腫瘍を触知され右腎腫瘍が疑われ当院転院となった。入院時の腹部造影CTでは右側腹部に右腎から発生したと考えられる巨大な腫瘍を認め、一部残存している腎下極は下方に圧排されていた。腫瘍は充実性部分と嚢胞性部分が混在してい

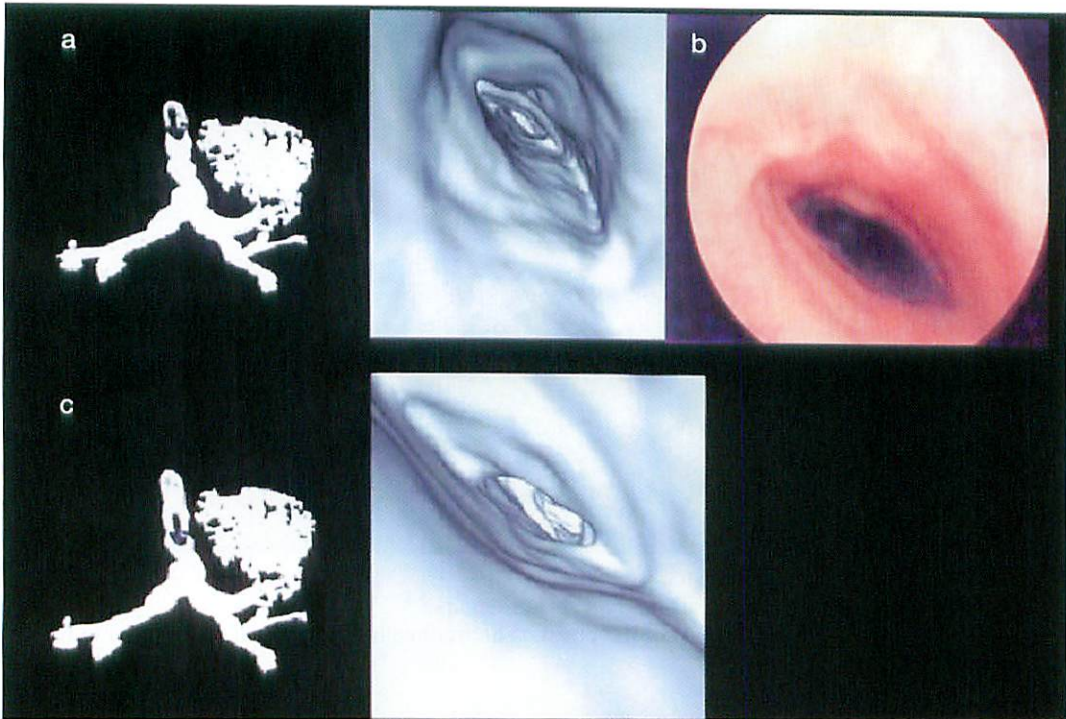


Fig.1 Tracheal stenosis in a 5-year-old girl.

- a : A three-dimensional CT image (3D image) of the trachea shows a narrow tracheal lumen with a very flattened oval shape.
- b : Fiberoptic bronchoscopy under general anesthesia. The views of the trachea demonstrate the oval shape with a white scar visible above the stricture site. This shape is very similar to the picture obtained from the 3D-CT but the scar formation in the trachea is not identified by the CT.
- c : At 5cm below the above site there is still a severe deformity. The carina cannot be seen in this picture because of transformation of the trachea.

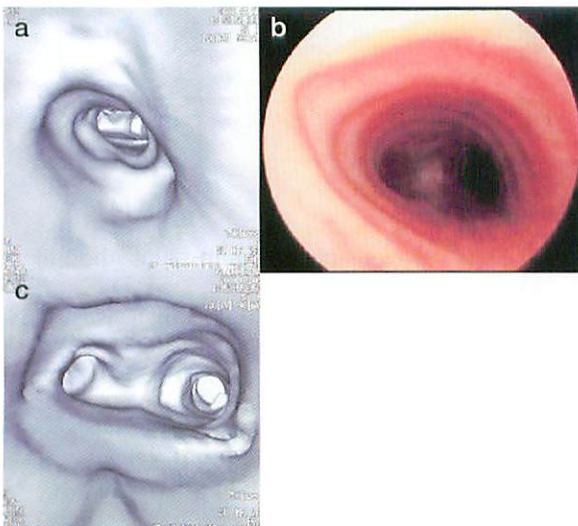


Fig.2 After the tracheal reconstruction (slide tracheoplasty).

- a : The upper part of trachea became round after resection of the stricture site.
- b : The findings from fiberoptic bronchoscopy visualized a view similar to the view seen in Fig c.
- c : The lower part of the trachea is also round. The carina is not identified on the previous image but in this image it is clearly identified.

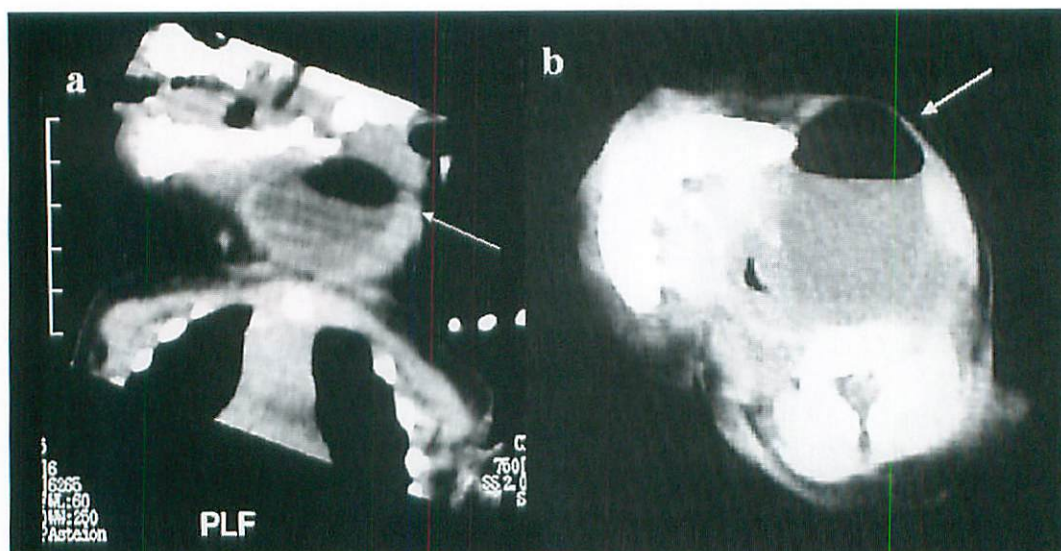


Fig.3 Newborn baby with a cervical mass.

- a : The virtual image shows the air-fluid levels in the mass.
 b : Axial CT scan of the upper part of the chest. The trachea is compressed and shifted to the right side.

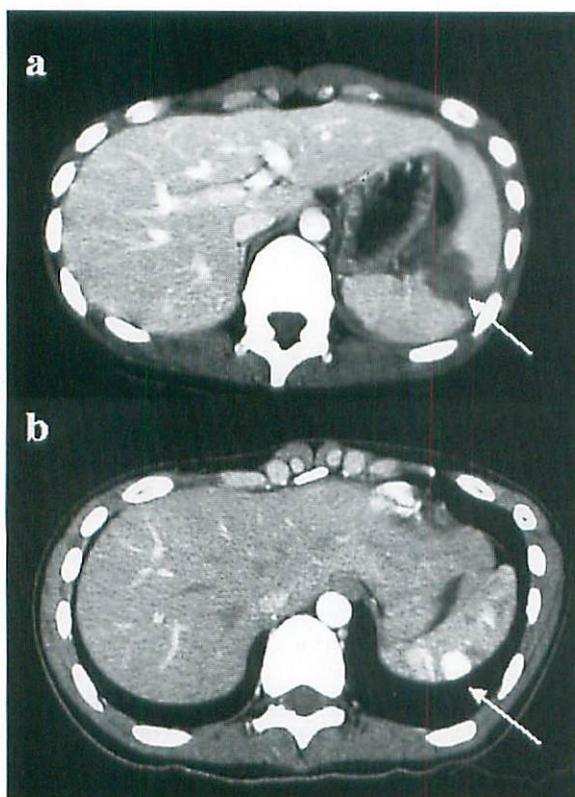


Fig.4 16-year-old girl with blunt abdominal trauma.

- a : Axial CT scan of the abdomen visualized a laceration of the spleen. This is a Type III laceration according to the Japanese traumatic injury classification.
 b : This axial CT is a very early phase of an enhancement MDCT of the spleen 5 days after admission. White arrow indicates a large pseudo aneurysm in the spleen.

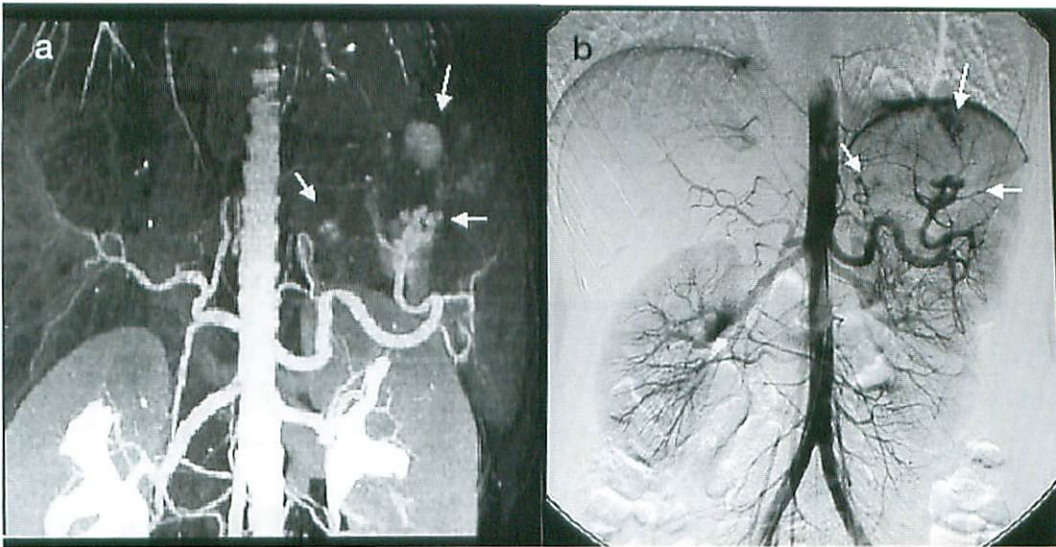


Fig.5

- a: The 3D-CT angiogram also demonstrated a picture similar to that seen on the conventional angiogram shown in Fig 5b.
 b: This is the conventional angiogram of this patient. Three pseudo aneurysms are seen.

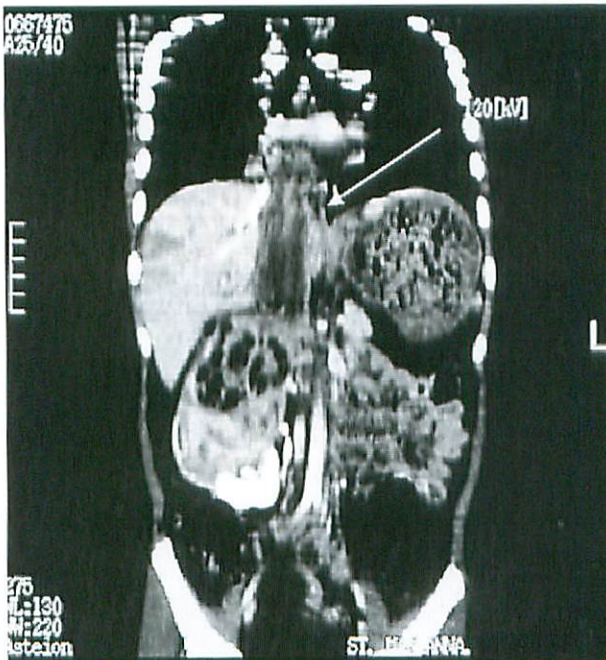


Fig.6 The coronal MDCT of an 8-year old boy with a large abdominal tumor. The huge tumor occupies the right side of abdomen and a tumor thrombosis is identified in the IVC. The vertical extent of the tumor is clear in the coronal view.

た、右腎上極に発生したWilms腫瘍の下大静脈・右房内腫瘍侵潤と診断、化学療法を先行させた (Fig.6)。日本ウィルムス腫瘍Regimen DD-4Aで化学療法を10ヵ月施行後、腫瘍の充実性部分の殆どは嚢胞性に変化した。また腎静脈分岐部より頭側の下大静脈から右房内に至りその大部分を占拠していた腫瘍塊は著しく縮小

したが、なおその先端は横隔膜上まで達しており、右房内にわずかに突出していた (Fig.7)。化学療法による抗腫瘍効果は限界と考え、腫瘍の分布を再評価して手術を施行することとした。術前の冠状断のMPR再構成画像から腫瘍の上下方向への進展状況が把握可能であり、また血管造影効果により、腫瘍の栄養血管、大血

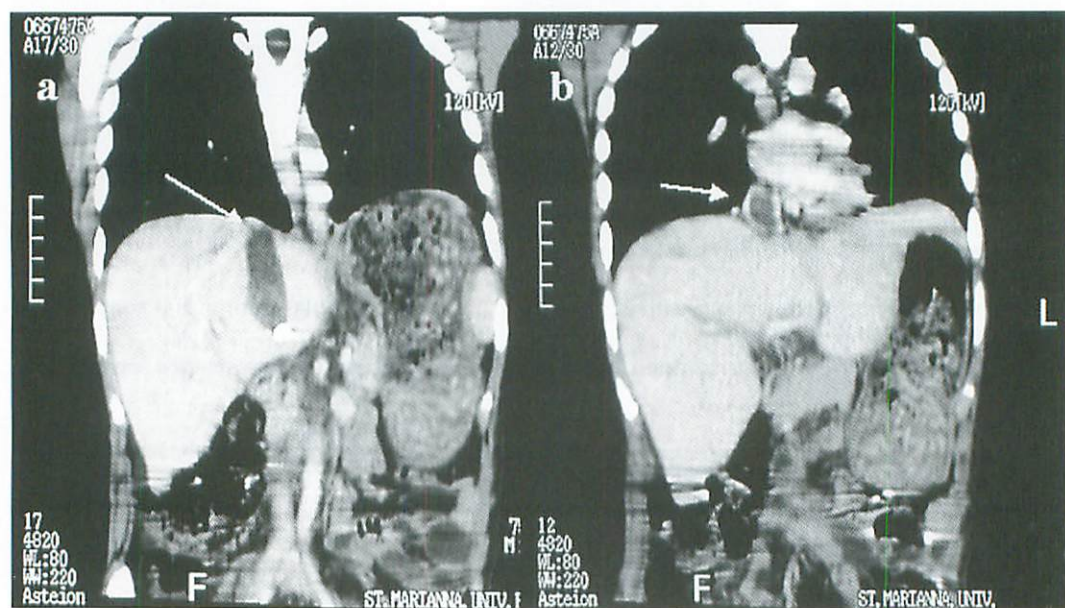


Fig.7 This is a coronal view of the MDCT after chemotherapy. A venous thrombosis is identified in the IVC and the top part of the thrombus reached into the right atrium. This result indicated the need for a cardiovascular surgeon to be involved with the definitive resection.

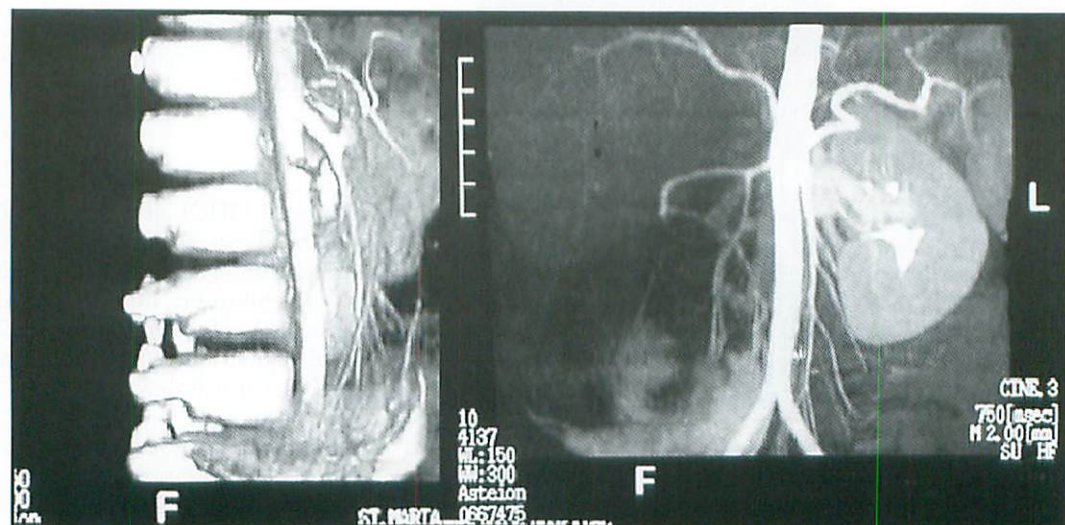


Fig.8 The 3D angiogram clearly identified the tumor vessels supplying this Wilms' tumor. This made a conventional preoperative angiogram unnecessary.

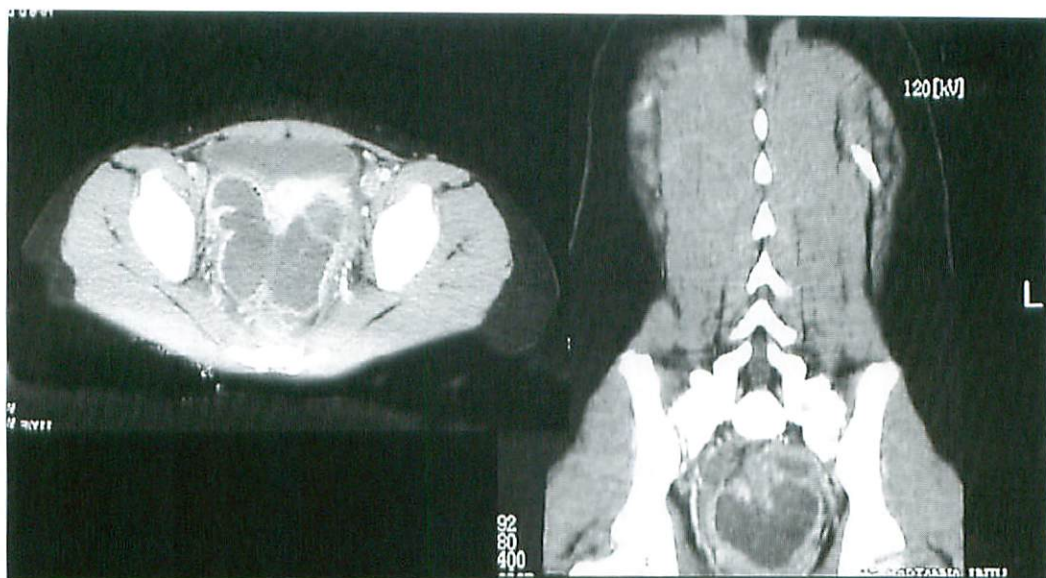


Fig.9 An 11-year old girl with a 10 day history of abdominal pain. The axial views of the CT identified the huge abscess in the lower abdomen. The coronal view also identified the abscess in the lower abdomen.

管の変位などを明瞭に把握することができ、血管撮影を省くことができた (Fig.8)。手術は人工心肺下に右房切開、右腎摘除・下大静脈部分摘除を施行した。下大静脈内および右房内の腫瘍塊は生検の結果すべて癒着化した線維組織であり、いずれにも腫瘍細胞は認めなかった。

腹痛に対するMDCTの有用性

症例：11歳女児。夜間急患センターを受診した際、感冒及び便秘と診断された。その3日後に下痢を発症し来院したが、超音波検査で虫垂は描出できず腸炎の診断で経過観察されていた。発症から10日後にCRP再上昇を認め、腹痛が増強することから当科紹介となった。腹部CTでは下腹部に膿瘍を認めた (Fig.9)。臨床経過は典型的な虫垂炎とは異なるが発症頻度からして穿孔性虫垂炎による膿瘍形成と診断した。また便培養で病原性大腸菌が検出され、腹痛・下痢に対する治療法を選択したことから診断がいくることとなった。膿瘍検出後、緊急手術で穿孔した虫垂を切除しドレナージを行った。

考 案

小児外科医が手術を行う際には常に病変部の

局所解剖と病巣への到達経路を事前に頭の中に描くことが必要であり、またそれを詳細に把握できることが手術成功の鍵である。今回行った検討のなかで、MDCTを用いて気管の構造を描いた3D画像は、気管支鏡検査とほぼ同様の所見であり、有用な情報が得られたと考える。その上でさらにMDCTが有利であった点は、気管と周囲臓器ことに心・大血管との関係、気管病変部の長さ、あるいは狭窄や変形の範囲を正確に把握できたことである。もちろん、気管の走行や気管壁自体の変形、あるいは気管粘膜の色調や分泌物の性状など、内腔からの観察は従来通りに気管支鏡検査が必要であろう。また気管軟化症など、自発呼吸下における気管の動的観察は被曝を考慮するまでもなく画像の限界と言え、その点は気管支鏡に譲らざるを得ない。

以上から気管病変の診断のmodalityを考える場合、気道病変の診断は藤田らの述べているように、“CT versus Bronchoscopy”としていづれかを選択するのではなく、お互いに補い合う“together with”と考えるべきであろう⁸⁾。さらに術後評価に関しては初回に気管支鏡での粘膜評価を行っておけば、経過観察はMDCTのみで充分であり、全身麻酔下の気管支鏡を避ける

ことができると思われ、これもMDCTの利点と考えられた。

MDCTは新生児を対象とした場合においても、検査が短時間で施行できる点できわめて有利と考える。呼吸数が多く体動のはげしい新生児で鮮明な画像を得ようとすれば、従来法では患児の鎮静が必須であった。しかしそのために呼吸抑制を招いたり、低体温に陥るなど、長時間の検査による危険性は否めなかった。経験したごとく、MDCTであれば患児を鎮静させることなく、検査は短時間で終了し、その結果も診断に十分な画像が得られた。ことに矢状断、冠状断の画像構築は腫瘍の位置関係を明らかにし、また腫瘍の質的診断をかなり明確に行うことができると思われた。その例として自験胎児診断例において、出生直後から患児が涕泣することで空気の流入による嚢胞の急激な増大が起こり、顕著な気管の圧迫所見が得られたことである⁵⁾。生後2日、次第に気道閉塞症状が出現したため、直ちに気管内挿管下に呼吸管理を行い、手術も安全に実施できた。

外傷におけるCTの有用性は従来型でも広く認められており^{9, 10)}、特に実質臓器損傷における造影CTの診断性能は高い。救命センターを抱える施設では小児外傷にかかわらず多数例で短時間に多くの情報を得ることが必要不可欠である。その点、MDCTは短時間に複数の画像情報を得ることができそれに適した機器である。今回とくにMDCTが有用だった点は損傷脾の保存的治療後の安定期に施行した結果、仮性動脈瘤を血管造影前に診断することができたことである。仮性動脈瘤は保存的治療を行った実質臓器損傷例の15%に認められ^{11, 12)}、その破裂が腹腔内大量出血を招くとも言われている。小児において仮性動脈瘤の診断は血管造影以外では難しく、今回のようにMDCTの早期撮影で描出できれば実質臓器損傷を伴った患児の退院時検査に充分応用できるmodalityである。

小児悪性腫瘍の診断にも従来からCT検査が繁用されてきた。しかし従来型CTでは水平断での画像のみであり、得られる情報は断片的なため次の画像検査に血管造影に代えてMRIを施行することが一般的となった。しかしMDCT導入

後は、必ずしもMRIを必要としなくなった¹³⁾。すなわち冠状断、矢状断画像が追加されたことで腫瘍構造がより詳細に表現され、また栄養血管の同定が可能となったことによる。自験例のように下大静脈切除を考慮する必要がある場合、術中人工心肺装着の可能性の判断を含め、より詳細な情報を得るのにきわめて有用であった。

そのほか急性腹症、特に虫垂炎のCTに関し自験例を分析した結果では超音波検査がより情報量が多かった。しかし膿瘍形成性虫垂炎ではCTが病変の広がりや診断するのにより有用であった。最近虫垂炎での腹部CTの有用性を強調する論文が散見され、以前のように虫垂炎の診断にCTを繁用すべきでない、という論調はきわめて少なくなった^{14, 15)}。しかし、当施設での小児の急性腹症に対する診断の流れは、腹部超音波検査をfirst lineとし、腹部診察所見と超音波診断に差を認める場合、あるいは血液検査所見と腹部超音波所見で差が認められる場合、また腹腔内膿瘍が疑われその詳細を調べるためには造影MDCTを追加している。

まとめ

小児疾患の診断にMDCTが導入されたことで、短時間に多くの情報が得られるようになり、ことに急性気道閉塞疾患や外傷および急性腹症では生命に関するリスクは軽減された。また検査の迅速性から、患児を鎮静することなく実施できるのも有用な点であり、胸郭および胸腔内諸臓器の画像も呼吸運動の影響が少なく鮮明であり、気管手術の術式の選択や肺切除範囲の決定にきわめて有用であった。さらに画像処理で得られる矢状断の情報はMRIに匹敵する画像を得ることができ、MRI単独の検査に勝つと思われた。現在、多種多様の画像検査が実施可能であるが、安易に多数の検査法を用いることなく、患児の病態や状況に応じてより短い過程を経て効率的に正確な情報が得られるよう、検査法を選択することが肝要である。

●文献

- 1) 望月博之、重田 誠、森川昭廣：小児の臨床検査。最近の進歩。超高速CTによる小児呼吸器

- 疾患の診断, 小児科臨床 1997; 50: 769-775.
- 2) 飯村文俊, 河野達夫, 桑島成子, 他: Contrast Imaging Exhibition症例で見る高速ラセンCTの実際 検査・診断のテクニックシリーズ 小児 小児領域におけるMDCTの有用性, INTERVENTION 2001; 16: 61-65.
 - 3) 津川 力, 西島栄治, 連利 博: 食道閉鎖症と気管狭窄症の治療(解説/特集) 日外会誌 1997; 98: 1008-1012.
 - 4) Grillo HC: Slide tracheoplasty for long segment congenital tracheal stenosis. Ann Thorac Surg 1994; 58: 613-619.
 - 5) 伊藤充宏, 橋都浩平: 先天性梨状窩瘻の摘出術式, 小児外科 1998; 30: 1278-1282.
 - 6) Tyler D, Effmann E, Shorter N.: Pyriform sinus cyst and fistula in the newborn: the value of endoscopic cannulation. J Pediatr Surg 1992; 27: 1500-1501.
 - 7) 山岸英樹, 高橋 均, 山本雄豊, 他, 外傷性脾内仮性動脈瘤に対する脾動脈塞栓術の経験, 日腹部救急医学会誌 1998; 18: 1029-1031.
 - 8) 藤田和俊, 相田典子: 気道病変: CT vs. Bronchoscopy (BS)-CT側から, 日小放誌 2002; 18: 62-67.
 - 9) 市川徹, 横山隆, 檜山英三, 他: 小児鈍的腹部外傷と緊急CT, 小児外科 1993; 25: 38-45.
 - 10) 瀧藤克也, 谷村弘, 中森幹人, 他: 小児腹部外傷の画像診断, 小児外科 2001; 33: 621-627.
 - 11) 佐々木秀章: 鈍的外傷による脾内仮性動脈瘤の1例, 日臨外会誌 1999; 60: 2207-2211.
 - 12) Fultz CT, Altemeier WA: Delayed rupture of the spleen after trauma. Surgery 1955; 38: 414-422.
 - 13) 金川公夫: 縦隔病変: CT vs. MRI, 日小放誌 2002; 18: 80-88.
 - 14) 木村賢哉, 松田真佐男, 弥政晋輔: 小児急性虫垂炎のCT診断, 小児外科2001; 33: 480-486.
 - 15) 戸倉康之, 山藤和夫, 服部裕昭, 他: 急性腹症 画像診断から初期治療まで 急性虫垂炎, 臨床外科 1996; 51: 1153-1156.

症 例 報 告

右胸腔内嚢胞性腫瘍を呈した短食道、 両側横隔膜ヘルニアの1例：胎児MRI

桑島成子，飯村文俊，河野達夫，藤岡睦久

獨協医科大学 放射線科

A Case of Short Esophagus and Bilateral Diaphragmatic Hernia Causing a Cystic Mass in the Right Hemithorax : Fetal MRI

Shigeko Kuwashima, Fumitoshi Iimura, Tatsuo Kohno, Mutsuhisa Fujioka

Department of Radiology, Dokkyo University School of Medicine

Abstract We report a rare case of short esophagus and intrathoracic stomach. Fetal MRI was very useful for the differential diagnosis in a huge congenital intrathoracic cystic mass. MR images can display fetal anomalies that are undetected by ultrasonography.

This fetus showed a huge intrathoracic cystic mass on ultrasonography at 21 weeks of gestation. Fetal MRI was performed at 30 weeks of gestation. The cystic lesion was contiguous to the abdominal cavity and there was no stomach bubble on T2-weighted images. An intrathoracic stomach was suspected from these MRI findings.

T2-weighted images also showed that a part of the liver had herniated into the opposite hemithorax and that both lungs were hypoplastic. Gastric outlet obstruction or duodenal stenosis was suspected from these findings. Nuchal hygroma and hydramnios were also revealed.

Detection of these severe anomalies was very helpful in deciding on the obstetric and neonatal management.

Keywords short esophagus, diaphragmatic hernia, hypoplastic lung, fetus, MRI

はじめに

新生児の胸部嚢胞性腫瘍は呼吸器系の先天奇形の頻度が高く，出生後，早期に外科的治療が行われる．今回片側胸腔内巨大嚢胞性腫瘍を呈した胸腔内胃の診断に胎児MRIが有用であった1例を経験したので報告する．

症 例

胎児は21週の超音波検査で右側胸腔内巨大嚢胞性腫瘍と羊水過多を指摘され，精査目的のため30週でMRIを施行した．

MRI装置は1.5T Magnetom Vision (Siemens社製)を使用し，高速撮像法のHASTE (half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo)法とFSE法のT1強調像を撮影した．

原稿受付日：2002年6月19日，最終受付日：2002年9月28日

別刷請求先：〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町大字北小林880

獨協医科大学放射線医学教室

MRI所見：T2強調冠状断像で右胸腔内に単房性嚢胞性腫瘍が認められ、腫瘍は尾側で腹腔内に連続している。上腹部に胃が認められない (Fig.1a)。これらの所見から、嚢胞性腫瘍は食道裂孔ヘルニアにより右胸腔内に脱出した拡張した胃と診断した。また、両側肺の容積は小さく、在胎30週であるにもかかわらず肺胞液による高信号がほとんど認められないことより両側肺の低形成と診断した (Fig.1a)。胃が拡張している原因はヘルニア門での絞扼か、T1強調像冠状断像で結腸の胎便による高信号が腹部にわずかししか見られない所見から、胃出口部から十二指腸にかけての狭窄を疑った (Fig.2)。さらにT2強調冠状断像で肝はほぼ腹部正中に位置し、一部が左胸腔内に脱出しており、左横隔膜ヘルニアと診断した (Fig.1b)。矢状断像で頸部に嚢胞性腫瘍が認められ羊水過多が明らかであった (Fig.3)。

経過：在胎34週、2,300gで出生した。蘇生を試みたが生後1時間で呼吸不全にて死亡した。染色体は46, XXと正常であった。

剖検所見：右胸腔は拡張した全胃で占められて

いた。食道は約3cmと短食道で食道裂孔ヘルニアも認められた。食道に異所性胃粘膜の所見はなかった。左の横隔膜の形成はほとんどなく左



Fig.2
Coronal T1-weighted image. Only a few bowel loops are seen in the abdomen (arrow).

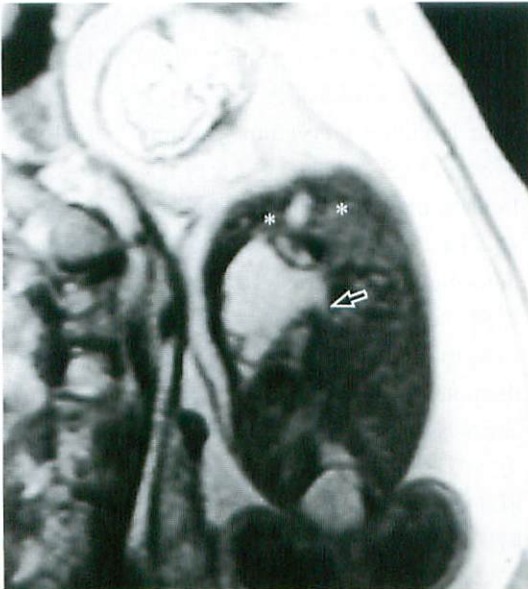


Fig.1a
Coronal T2-weighted image. The cystic lesion is contiguous to the abdominal structure (arrow). There is no stomach. Both lungs are small and show an abnormal low intensity (*).

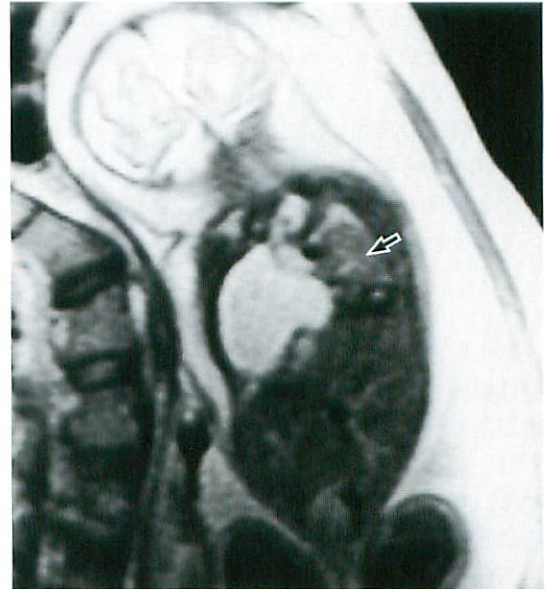


Fig.1b
Coronal T2-weighted image. The liver is in the center of the abdomen. A part of the liver has herniated into the left hemithorax (arrow).



Fig.3

Sagittal T2-weighted image. There is nuchal hygroma (arrow). Hydramnios can be seen.

胸腔内には肝左葉が脱出していた。両側肺の重量は左右それぞれ4.5g, 4.1g (肺/体重比: 0.0019, 0.0017, 肺低形成の診断基準<0.012)と低形成であった。輪状肺があり十二指腸狭窄が認められた。その他、頸部のhygroma, 右肘, 手関節の屈曲, 右屈指, 右肘関節の翼状片, 第4頸椎から第3胸椎にかけて椎体の形成不全による著明な側弯, VSDが認められた。脳については剖検許可がとれなかった。

考 察

新生児の胸腔内囊胞性腫瘍としては先天性囊胞性腺腫様奇形, 肺分画症, 気管支囊胞など呼吸器系の疾患の頻度が高く, 超音波検査所見からは上記の疾患を疑った。MRI T2強調像で胃や十二指腸, 小腸の液体成分は高信号を示し, 冠状断像の胸腹同一画面から胸腔内囊胞性腫瘍が胸腔から腹腔に連続する消化管の一部であると判断できた。さらに胃が描出されないことから, 拡張した胃と診断した。しかし, 短食道は指摘できなかった。食道異常の胎児MRI診断は未だ困難で¹⁾, 食道閉鎖のA型のみが, 腹部に

胃泡や消化管が描出されないことと羊水過多という二次的所見が認められた場合に, 鑑別診断としてあげられる程度であり, 現在の段階では短食道の出生前診断は困難と思われる。通常, 短食道は胃食道逆流により二次的に認められることがほとんどで, 先天性は非常に稀である。今回の症例では食道に狭窄はなく, 異所性胃粘膜が認められなかったことから先天性と考えた。短食道では食道裂孔ヘルニアを伴う場合が多く, 胃の一部が胸腔に管状, あるいは小さな囊状構造として認められる^{2, 3)}, 今回の様に右胸腔を占める, 巨大囊胞性腫瘍を呈した原因としては胸腔内に脱出していた胃が一部ではなく全胃であったことや十二指腸狭窄が考えられる。囊胞性腫瘍が左右どちらの胸腔に存在しているかはMRIでは肝の脱出を伴う横隔膜ヘルニアや著明な側弯, 心臓の位置が同定しにくいことなどから困難で, 超音波検査による心臓の位置から判断できた。

さらに今回MRIにより左横隔膜ヘルニアと両側肺の低形成を出生前診断することができ⁴⁾, 分娩時の呼吸管理体制を整えることができた。今回の症例には複数の奇形が認められた。診断としては, 翼状片は一カ所で典型的ではないが, 肺低形成, 頸部のhygroma, 関節の屈曲, 十二指腸狭窄, 横隔膜奇形が認められたことから Lethal multiple pterygium syndrome⁵⁾ あるいは, 翼状片はないが同じような所見が認められる Pena-Shokeir syndrome⁶⁾ を考えている。これらは同じ病因であり, まとめて Fetal akinesia deformation sequence とする考えもある。また鑑別として, 椎体の奇形, 先天性心疾患, 頸部のhygromaを特徴とする Subclavian artery disruption syndrome⁷⁾ を考えている。これらの奇形の障害時期は, 横隔膜形成時期, 食道の下方への進展時期, 肺葉形成時期, 胃および腹側腸を始めたとする消化管回転時期, 椎体の骨化の時期である胎生6~8週と考えられ, 病因としては頸部のリンパ流閉塞, 鎖骨下動脈/椎骨動脈の血流途絶, 胎生早期の無動症, 脆弱な膠原質などが推測される。

●文献

- 1) 桑島成子, 飯村文俊, 河野達夫 他: 胎児MRIの有用性と限界—55病変の検討 (胎児MRI). 日本医放会誌 2001; 61: 491-495.
- 2) Peter PM: The congenital short esophagus. Thorax 1958; 13: 1-11.
- 3) Brown RE, Madge GE, Howell TR: Congenital short esophagus in the newborn. Digestive Disease 1970; 15: 863-868.
- 4) Kuwashima S, Nishimura G, Iimura F, et al: Low intensity fetal lung on MRI may suggest the diagnosis of pulmonary hypoplasia. Pediatr Radiol 2001; 31: 669-672.
- 5) Spearritt DJ, Tannenberg AEG, Payton DJ: Lethal multiple pterygium syndrome: report of a case with neurological anomalies. Am J Med Genet 1993; 47: 45-49.
- 6) Hageman G, Willemse J: The heterogeneity of the Pena-Shokeir syndrome. Neuropediatrics 1987; 1: 45-50.
- 7) Bavinck JNB, Weaver DD: Subclavian artery supply disruption sequence: Hypothesis of a vascular etiology for Poland, Klippel-Feil, and Mobius anomalies. Am J Med Genet 1986; 23: 903-918.

Pictorial Essay

3D-Gd造影MR-Angiographyが有用であった 巨大後腹膜奇形腫の1手術例

池田太郎, 福澤正洋, 小沼憲祥, 若林久実子, 井上幹也, 後藤博志, 杉藤公信,
萩原紀嗣, 越永従道, 早坂和正¹⁾

日本大学第一外科, 放射線科¹⁾

A Case of Giant Retroperitoneal Teratoma in which 3D-Gd Enhanced MR-angiography was Useful for Surgery

Taro Ikeda, Masahiro Fukuzawa, Noriyoshi Konuma, Kumiko Wakabayashi,
Mikiya Inoue, Hiroshi Gotoh, Kiminobu Sugitoh, Noritsugu Hagiwara,
Tsugumichi Koshinaga, Kazumasa Hayasaka¹⁾

First Department of Surgery, Nihon University School of Medicine

Department of Radiology, Nihon University School of Medicine¹⁾

Abstract A nine-month-old female who had developed abdominal distension from about the age of four months was diagnosed as having an abdominal tumor and referred to our department and hospitalized. In the right epigastric region an infant's head size elastic hard mass was palpable. Abdominal ultrasound and abdominal CT revealed a cystic tumor with a septal wall accompanied by a solid portion showing partial calcification suprarenally on the right side. MR-angiography showed that the inferior vena cava and left renal vein had deviated anteriorly, and the right renal artery and vein had deviated inferiorly.

The patient was thus diagnosed as a retroperitoneal teratoma and tumorectomy was performed. The inferior vena cava was compressing the anterior surface of the tumor. The left renal vein and right renal artery and vein ran consistently with the MR-angiography findings and the right kidney was preserved. The histopathological diagnosis was mature teratoma. On day 18 after surgery the patient had improved and was discharged.

Keywords Retroperitoneal teratoma, MR-angiography

はじめに

3D-Gd造影MR-Angiographyが有用であった
巨大後腹膜奇形腫の1手術例を経験したので報
告する。

症 例

症 例：9 ヲ月, 女児。
主 訴：腹部膨隆。
既往歴：特記すべきことなし。
家族歴：特記すべきことなし。

原稿受付日：2002年 8 月 7 日, 最終受付日：2002年11月 1 日

別刷請求先：〒173-8610 東京都板橋区大谷口上野30-1

日本大学第一外科

現病歴：生後4ヵ月頃より腹部膨隆を認め、生後5ヵ月後近医受診。腹部腫瘍と診断され、その約1ヵ月半後、精査加療目的にて当科紹介され入院となる。

入院時現症：右上腹部に小児頭大の弾性硬の腫瘍を触知し、可動性は乏しかった。

血液検査所見：特記すべき異常所見は認めなかった。腫瘍マーカーの上昇も認めなかった。

腹部単純X線検査(立位)：腸管ガス像の右下方への圧排を認めたが、石灰化像の所見は認めなかった (Fig.1)。

腹部超音波検査：右腎が尾側に圧排され、その上方に隔壁を伴う多房性嚢胞と一部充実性の腫瘍を認めた (Fig.2)。

腹部CT検査：一部石灰化を認める充実性部分を伴う隔壁を有する嚢胞性腫瘍を認めた (Fig.3)。

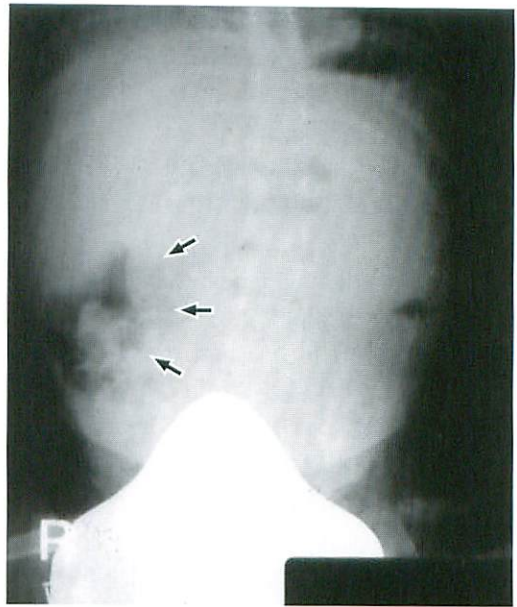


Fig.1 Plain abdominal radiograph

The bowel gas image shows compression on the lower right (arrows), but there are no calcifications.

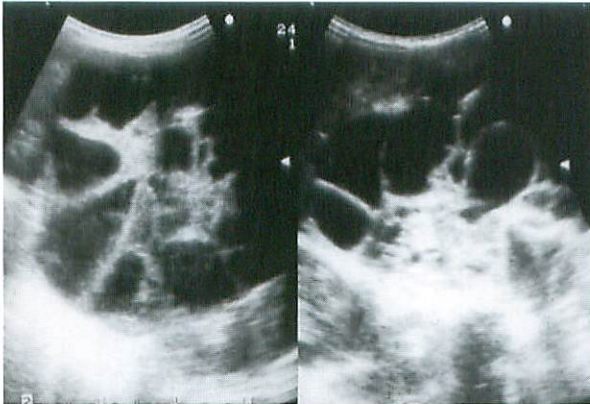


Fig.2 Abdominal ultrasonography

The right kidney is compressed caudally, and a multilocular cyst together with a septal wall superiorly and a partial solid mass are detected.



Fig.3 Abdominal plain CT

A cystic mass with a septal wall together with a solid calcified portion (arrows) is identified.

CT検査では、腹部大動脈及び門脈は同定しえたが、下大静脈及び左右腎動静脈と腫瘍との関係は不明であったため、3D-Gd造影MR-Angiographyを施行した。

腹部MRI：内部はT1強調画像にて低信号域でT2強調画像にて高信号域の嚢胞性腫瘍を認めた (Fig.4)。

3D-Gd造影MR-Angiography (以下、MRA)：下大静脈及び左腎静脈は前方へ偏位し、右腎静脈及び右腎動脈は下方へ偏位していた。左腎静脈に関しては途中で途絶しており下大静脈流入部は同定不能であった (Fig.5)。

以上より後腹膜原発の奇形腫と診断し、入院より1ヵ月後に腫瘍摘出術を施行した。

手術所見：開腹時、腫瘍前面には上行結腸が癒着しており、上行結腸及び結腸間膜を剥離するとその直下の腫瘍前面には圧排された下大静脈が腫瘍の中央前面を縦断するように存在した (Fig.6)。左腎動静脈及び右腎動静脈の走行もMRAの所見と同様であり、右腎動静脈を損傷することなく、右腎を温存し得た。また、左腎静脈は腫瘍による過伸展により、一部閉塞を疑

わせる所見でMRA同様であった。また腫瘍の栄養血管は不明であった。

摘出検体は25×13cmで、総重量 (内容液を含む) は3kgであった。腫瘍断面は嚢胞成分が主体で、その内容は黄色の漿液性であった。また一部充実成分を有し、軟骨様の部分を認めた。

病理組織検査所見：中枢神経組織、線毛円柱上皮及び扁平上皮からなる嚢胞構造、皮膚付属腺、骨及び軟骨組織などを構成成分とした mature teratoma, grade 0と診断された。

術後経過は良好で、術後のレノグラムでは、分腎機能も正常であり、術後18日目に退院となった。

考 察

小児腫瘍については、良性腫瘍はもちろんのことながら悪性腫瘍についても近年、特に縮小手術が行われる様になり、機能温存のために術前の診断が重要視されている。術前診断については各種画像診断の進歩により、容易になってきた。小児においてはなるべく低侵襲な検査が重要であり、血管系の情報を得るためには血管



Fig.4 Abdominal MRI

A cystic mass (arrows) with a low signal area by T1 and a high signal area by T2 are seen in the abdomen.

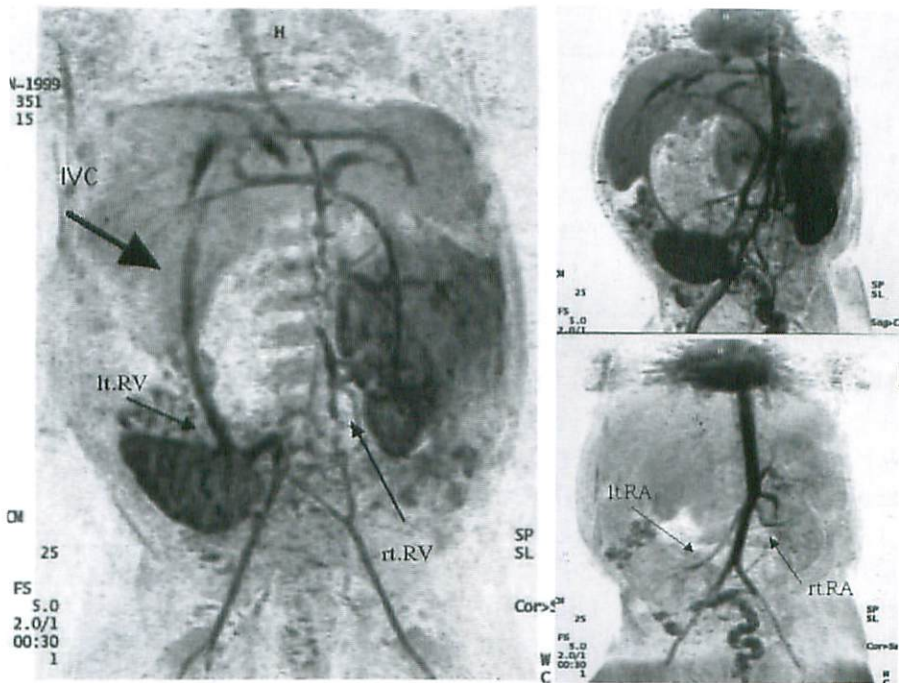


Fig.5 3D-Gd enhanced MR Angiography

The inferior vena cava (arrows) and left renal vein have deviated anteriorly, and the right renal vein and right renal artery have deviated inferiorly. The left renal vein is blocked midway. Inferior vena cava blood inflow could not be identified.

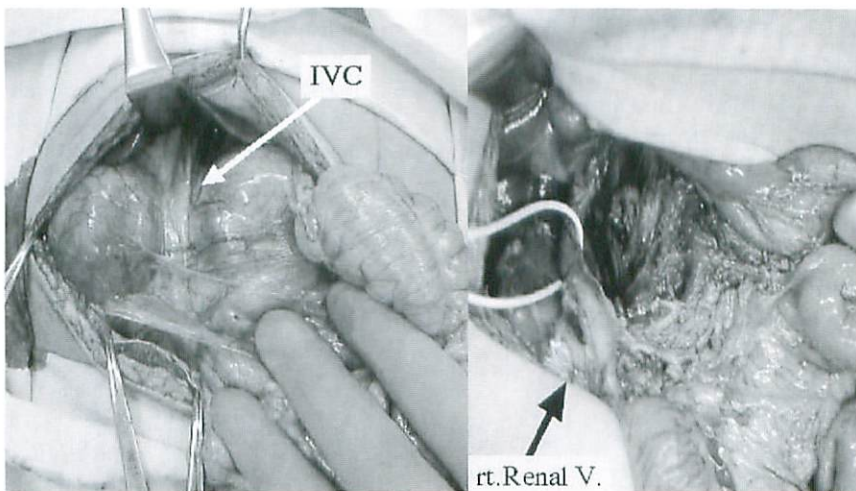


Fig.6 Operative finding

The inferior vena cava was compressed on the anterior surface of the tumor.

造影を要するが、直接血管造影は麻酔や被曝の問題もあり、また手技も容易でないため、MRAができてからはMRAが頻用されるようになってきた。従来はMRAとしては造影剤を用いないtime-of-flight法やphase-contrast法によるものが一般的であったが、近年の高速撮影法の進歩により、呼吸停止下に広い範囲を撮影可能な3Dグラディエントエコー法を用いて、Gd製剤静注によるT1短縮効果を利用した造影MRAを施行することが可能となった¹⁻⁹⁾。造影MRAは15~30秒でデータを収集できるため、1回の呼吸停止下で撮影することができる。そのため呼吸停止に伴う動きのアートファクトを最小限にすることができる。また、造影剤を経静脈的にボラス注入し、そのfirst passを捕らえることにより優れたコントラストも得ることができる。同方法はLossefら¹⁾が報告し、Prince²⁾により広範囲の動脈を描出する方法が報告されてから特に躯幹部の血管の評価に対してその有用性が報告されている³⁻⁹⁾。造影MRAには末梢血管や静脈系といった血流の遅い血管の描出能を改善出来ることや、心拍動や血流の影響を受けにくいというメリットがある。またDSAと同等の血管形態を描出することが可能との報告¹⁰⁾もあり、小児において血管温存を要する手術に際し有用な検査法である。

本症例では、3D FISP (fast imaging with steady procession) 法を用いてMRAを行った。マトリックス 106×256、スラブ厚 96mm、スライス厚 1.25mmで冠状断で撮像した。撮像時間20秒で7回連続して撮影した。自動注入器を用い、ガドリニウム製剤を0.1mmol/kgを0.8ml/sで投与し、直ちに生理食塩水 5 mlを同速度で投与した。血管像はサブトラクション後、最大投影法 (MIP) で画像処理し得られた。

今回、我々の症例においては両側腎臓を温存することに留意し手術に臨んだが、術前のMRAは血管の走行が把握でき、手術の際に有用であると考えられた。また、MRAでの血管の走行、腫瘍血管や血管変位の状態で原発部位の同定も可能であると考えられ、術前診断にも有用である。本症例においては腫瘍血管は不明であったが、血管の走行や変位の状態から後腹膜原発腫

瘍との診断は容易であり、温存すべき臓器の血管走行はほぼ把握し得た。左腎静脈は腎門部の静脈拡張と下大静脈への流入が認められなかったことから、腫瘍による圧迫・伸展での狭窄あるいは閉塞を考えた。術中にはこのことに留意して左腎門部より血管の剥離を行い、前述の術中所見を得た。また、その他の血管温存は比較的容易であり、両側腎臓を温存し得た。

おわりに

3D-Gd造影MR-Angiographyが有用であった巨大後腹膜奇形腫の1手術例を報告した。

●文献

- 1) Lossef, S.V., Rajan, S.S., Patt, R.H., et al : Gadolinium-enhanced magnitude contrast MR angiography of popliteal and tibial arteries. *Radiology* 1992 ; 184 : 349-355.
- 2) Prince, M.R. : Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology* 1994 ; 191 : 155-164.
- 3) Leung, D.A., McKinnon, G.C., Davis, C.P., et al : Breath-hold, contrast-enhanced three-dimensional MR angiography. *Radiology* 1996 ; 200 : 569-571.
- 4) Prince, M.R., Narashimham, D.L., Stanley, J.C., et al : Breath-hold, contrast-enhanced three-dimensional MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. *Radiology* ; 1995, 197 : 785-792.
- 5) Earls, J.P., Rofsky, N.M., DeCorato, D.R., et al : Breath-hold, single-dose gadolinium-enhanced three-dimensional MR aortography : Usefulness of a timing examination and MR power injector. *Radiology* 1996 ; 200 : 569-571.
- 6) 山下康行, 満崎克彦, 高橋睦正 : ガドリニウム造影 3 次元躯幹部MR angiography. *日磁医誌* 1998 ; 18 : 121-138.
- 7) 高原太郎, 大淵真男, 高橋光幸, 他 : 3D造影MRA. *映像情報MEDICAL 臨増* 1997 ; 28 : 81-90.
- 8) 高原太郎, 大淵真男, 黒木一典, 他 : ここまで来た躯幹部MRA- 3 次元造影MR angiography. *画像診断* 1998 ; 18 (1) : 59-74.
- 9) 高原太郎, 大淵真男, 高橋光幸 : 造影MRAの実際 [1] MR angiography. *臨床画像* 1998 ; 14 : 634-641.
- 10) 大淵真男, 高原太郎, 本田 実, 他 : 血行再建症例に対する呼吸停止下造影3D-MR-angiographyの有用性. *日血外会誌* 1999 ; 8 : 631-636.