

総説

第33回 日本小児放射線学会シンポジウムより

小児におけるMRI —小児心・大血管のMRI—

原田潤太

東京慈恵会医科大学附属柏病院 放射線科

MRI of Congenital Cardiovascular Disease

Junta Harada

Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine, Kashiwa Hospital

Abstract MRI can perform multi-directional imaging of heart and great vessels without use of contrast material. Intracardiac anomaly, atrio-ventricular and ventricular-great vessels relationships are easily evaluated by MRI. Evaluation of great vessels and trachea by MRI is also a useful diagnostic procedure, especially for detection of tracheal stenosis.

Fast MRI is now available during breath-holding, and in the near future, MRI will become an excellent diagnostic procedure for cardiovascular disease.

Key words MRI, Anomaly, Heart, Great vessels.

はじめに

小児の心・大血管疾患の基本的な診断法は胸部単純撮影とカラードップラ法を含む超音波法であることは周知の事実である。MRIは最大の利点として、造影剤なしに心・大血管を全体像として描出でき、かつ任意の方向から心臓や大血管の複雑な病態を観察できることである。MRIの欠点としては撮像時間が長いこと、心房細動例では画像が劣化し石灰化の描出が不可能であることなどがあげられる。しかし、MRIの高い組織分解能は小児の先天性心疾患の画像診断においてその役割は大きく期待できる。

撮像パラメータと断層面の決定

基本となる撮像法は、心電図同期スピネ

コー法とグラディエントエコー法によるシネMRIである。撮像時間はおおむね1時間を限度とし、適度の鎮静が必要となる。

1. 心電図同期スピネコー法

繰り返し時間は心電図同期のためRR間隔、あるいはその整数倍に一致する。この場合心電図のR波にトリガーし時相をずらして多段階のスピネコー像を得るため各断面の心時相は異なる。新生児や小児の場合は頭部コイルを用いる。スライス厚は、10mmを基本とするが、乳幼児ではできるだけ薄いスライスで撮像する。5mmスライス厚で撮像した場合、さらに2.5mmずらして撮像を追加することにより詳細な画像が得られる。スピネコー法では心・大血管の血流は無信号となるが、停滞する血流は高信号となるため注意を要する。スライス面は横断像が

基本となるが形態診断に必要とされる載断面を随時追加して撮像することが重要である。

2. グラディエントエコー法によるシネMRI

ディフェーシング効果をもつグラディエントエコー法によるシネMRIでは血流は高信号に描出される。撮像は心電図同期下に同一面で一心拍に10数フレームのマルチフェーズを得、動画像として観察できる。先天性心疾患では合併するシャントや弁膜逆流の評価に有用な方法となり、flow voidとして認めることができる。

3. 断層面の決定

基本となる横断像から疾患により必要となる撮像面を適宜追加する。図1は動脈管開存症の撮像を示している。横断像を撮像後、冠状断、矢状断さらに斜断面を追加することにより動脈管の肺動脈幹と大動脈との関係や動脈管の太さや形を正確に描出できる。このように各々の心疾患の診断においては、必要となる載断面の撮

像を適宜行うことが重要である。

異常形態の診断へのアプローチ

1. 内臓心房位

内臓位は正位、逆位、不定位に分類され、内臓位により解剖学的右房を決定する。解剖学的右房は下大静脈に連続し肝臓側にある。正位の右側構造は肝臓、下大静脈、短い主気管支(三葉)、左側構造は胃、脾、大動脈および長い主気管支(二葉)であり、逆位では正位の鏡像を示す。不定位は右側優位の無脾症と、左側優位の多脾症に分かれる。無脾症では対称肝とともに両肺三葉、下大静脈と大動脈は同側(juxtaposition)、両側肺動脈は気管支の下方を通り、複雑心奇形の合併が多い。多脾症では対称肝とともに、多数の脾、両肺二葉であり両側肺動脈は気管支上後方を通過し、下大静脈欠損の合併が多い。

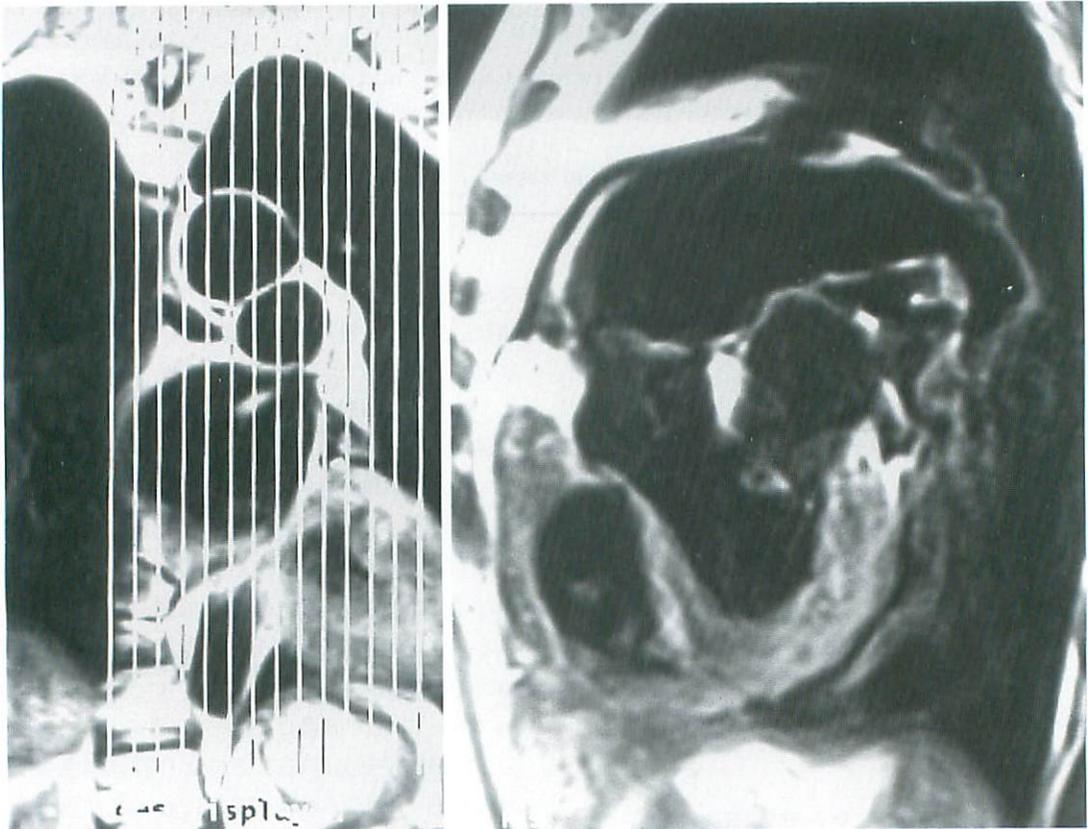


図1. 動脈管開存症

冠状断、矢状断および斜断面を追加することにより動脈管の大きさ、形が明瞭となる。冠状断 a から得られた矢状断 b。

a b

2. 心房・心室関係

MRIによる左右心室の決定は他の検査法と同様に全体に三角形を呈し、肉柱が粗く心尖部中隔から前壁に沿った moderator band を認

める解剖学的右室と、内腔が平滑であり太い乳頭筋を持つ解剖学的左室に分類する。心房と心室の接続関係は正常房室接続、逆房室接続（修正大血管転移）、房室弁同時挿入（単心室）、房

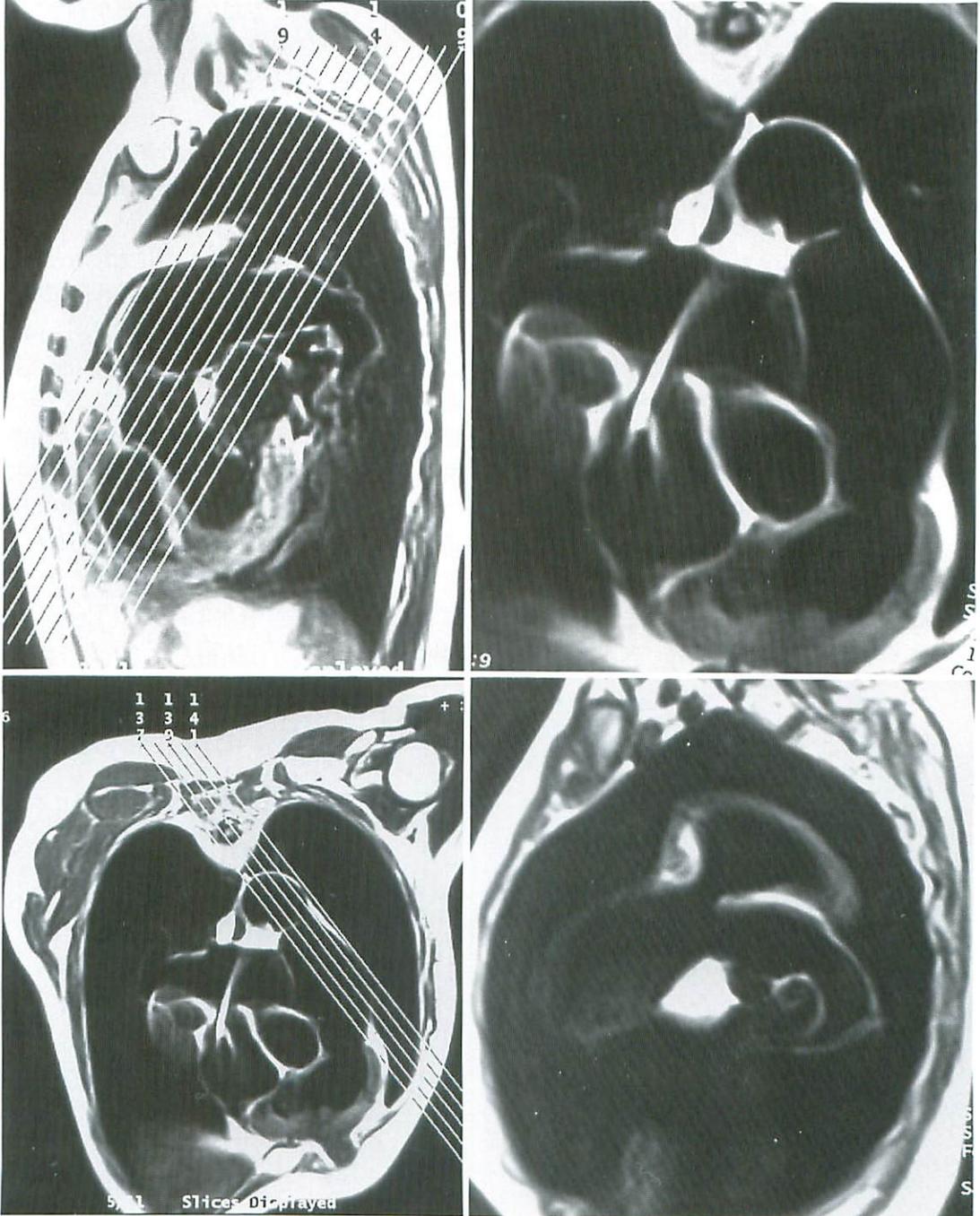


図1. 動脈管開存症

b に対して載面を設定した c から得られた冠状斜断面 d, d に対して載面を設定した e から得られた斜位矢状断 f を示す。



室弁閉鎖（三尖弁閉鎖，僧帽弁閉鎖），房室弁騎乗の5つに分かれる。

ファロー四徴症は正常房室接続であり，高位心室中隔欠損，肺動脈狭窄，大動脈騎乗，右室肥大四徴からなる疾患であり心室中隔欠損と肺動脈狭窄が基本となる。

房室弁同時挿入は単心室であり，左右の心房から二つの房室弁または共通房室弁から一つの心室に流入するものである。心室の解剖的構造から左室型，右室型に分類され，大きな心室内に小さな痕跡的心室がある。左室型では痕跡的右室は前方にあり心室の流出部を形成する。右室型では痕跡的左室は後方にあり房室間溝の近くにあるものが多い(図2)。

房室弁閉鎖は右房室弁閉鎖と左房室弁閉鎖に分かれるが，右房室弁閉鎖(三尖弁閉鎖)はより頻度が高い。三尖弁閉鎖(図3)では心房中隔欠損，心室中隔欠損，右室形成不全などを合併する。右室腔は厚い筋性組織塊に囲まれ低形成である。右房の盲端(dimple)は右室より左室に解剖的に密着している⁹⁾。

3. 心室・大血管関係

心室・大血管接続は正常接続，大血管転位，

両大血管右室起始，単一動脈幹(総動脈幹)，両大血管左室起始に分類できる。正常接続は右室と肺動脈，左室と大動脈の接続を示す。

大血管転位は，心室大血管接続が正常とは逆に右室から大動脈，左室から肺動脈が起始した状態である。肺動脈弁と僧帽弁は線維性連続を示すが，大動脈弁と三尖弁は右室円錐部の存在により線維性に接続しない。心房と心室が正常な接続を示すものは完全大血管転位であり，心室が左右に入れ替わったものが修正大血管転位である。

両大血管右室起始症(図4)は，大動脈と肺動脈が共に右室から起始し，常に心室中隔欠損を合併する。大動脈弁と肺動脈弁はほぼ同じ高さであり，円錐の存在により両房室弁との間に線維性の連続はない。心室中隔欠損の位置や肺動脈狭窄の有無により血行動態が異なる。肺動脈狭窄を伴うものは血行力学的にファロー四徴症に類似し，肺動脈狭窄を伴わず心室中隔欠損が高位にある場合，血行力学的に大血管転位に類似する。心室中隔欠損が肺動脈弁下にあり，肺動脈が心室中隔に騎乗した場合Taussing-Bing complexと呼ばれる。

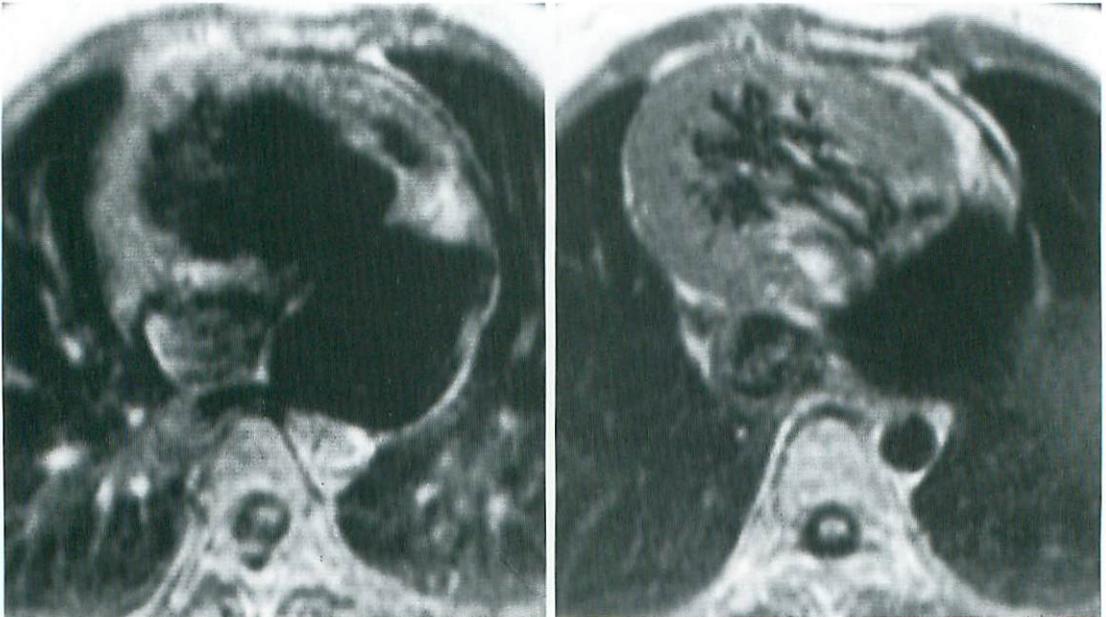


図2. 単心室(右室型)

心室は1つで肉柱が粗く見られる。痕跡的左室が房室間溝近傍に見られる。両房室弁は単心室に流入する。

a | b

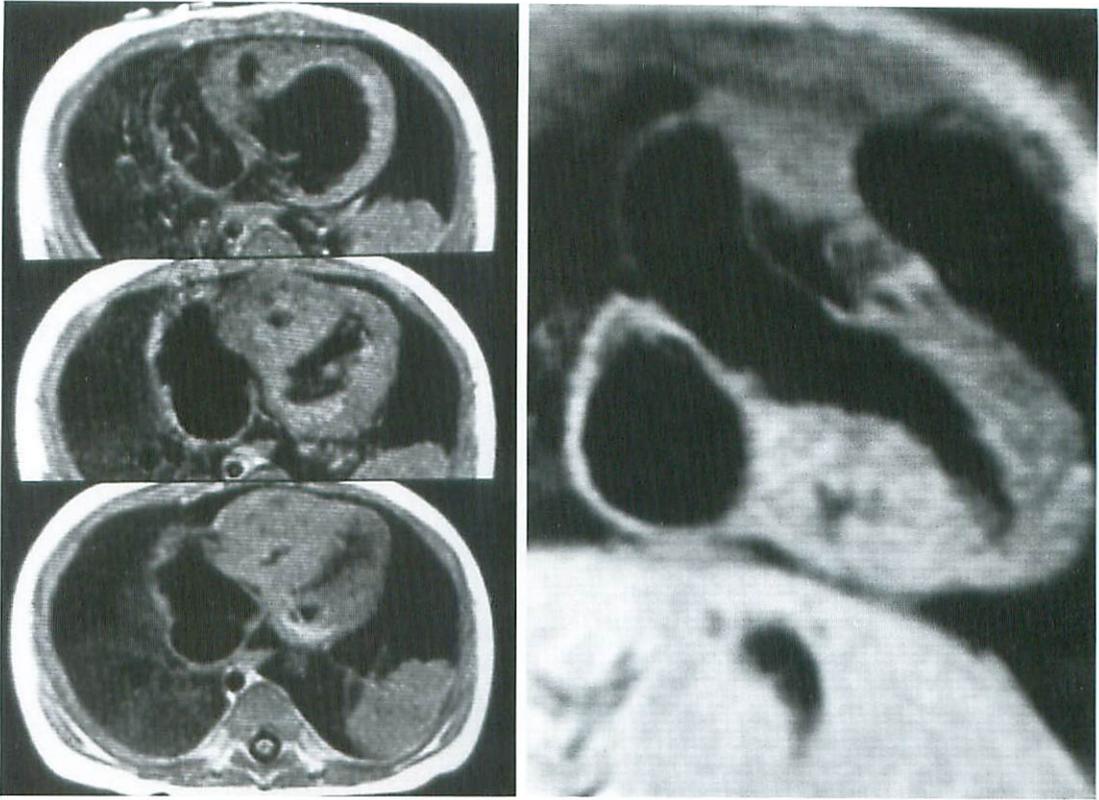


図3. 三尖弁閉鎖

右房右室の連絡は途絶し三尖弁閉鎖を示す。右室内流出路は低形成である(a).
 冠状断(b)では、横断像と同様、右房・右室との連絡は途絶している。
 大動脈の左側に低形成の肺動脈幹部が見られる。

a | b

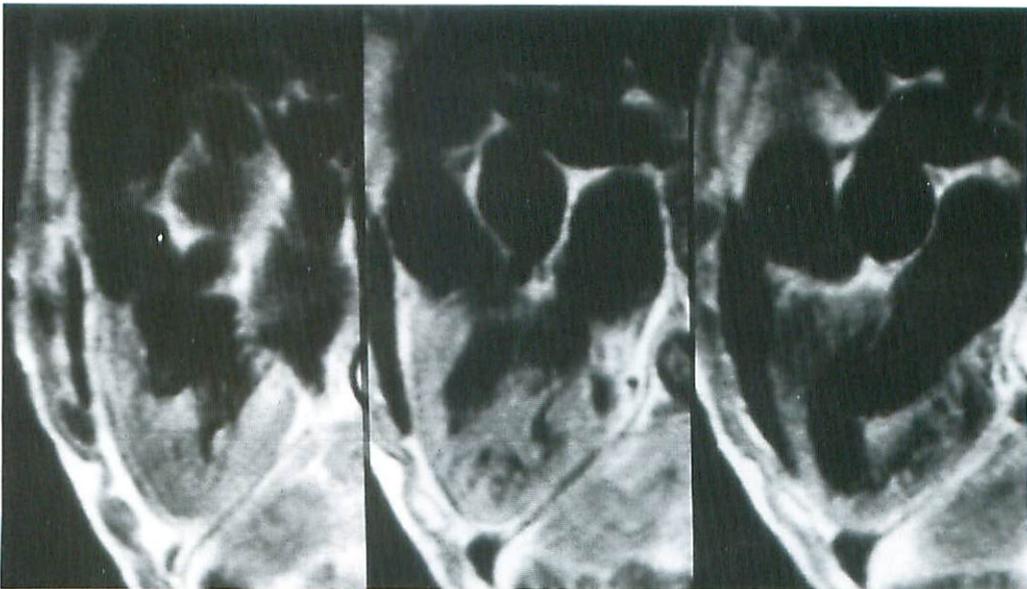


図4. 兩大血管右室起始症

右室から大動脈と狭小化した弁口部を持つ肺動脈が起始している。筋性部心室中隔はその前部で欠損を示す。大動脈は前、肺動脈は後ろのmalpositionを示す。

大血管の先天奇形

1. 動脈管開存

動脈管開存は閉鎖すべき動脈管が開存して左右短絡をきたしたものである。胎生期に開存する動脈管は生後12時間までに機能的に閉鎖し、6週までには器質的にも完全に閉鎖するとされている。MRIでは大動脈弓から下行大動脈移行部と肺動脈との間に連続した管腔構造として

認められる(図1)。

2. 大動脈縮窄症

大動脈弓部の先天性狭窄であり、狭窄部が動脈管付着部よりも中枢側にあるものを管前型(図5)、末梢にあるものを管後型に分類される。管前型では、心室中隔欠損や動脈管開存を合併することが多く、動脈管を通して肺動脈血が下行大動脈に流れるため下半身にチアノーゼを生じる。管後型の頻度は高く胎生期より側副

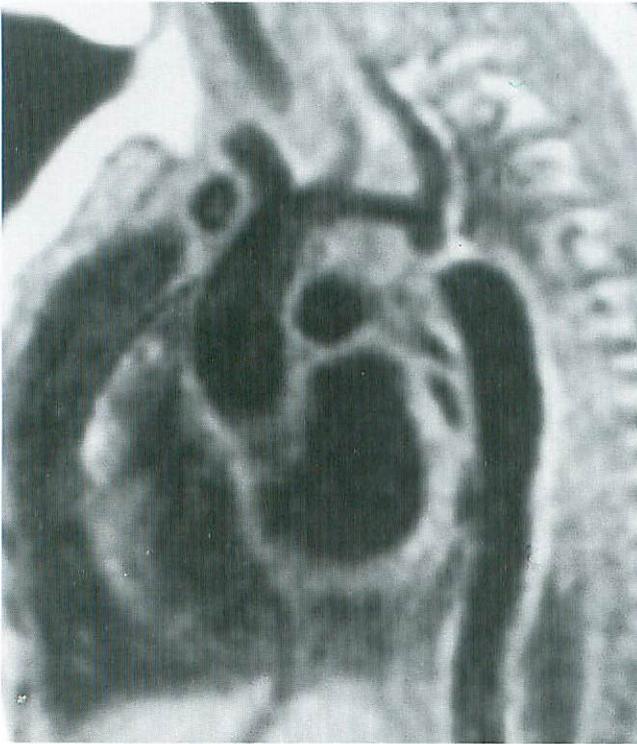


図5. 大動脈縮窄症

大動脈弓部の狭小化がみられ、鎖骨下動脈分岐後に強い縮窄を認める。



図6. 重複大動脈弓

狭小化した気管の両側に大動脈弓が見られる。

血行が発達し、肋間動脈や内胸動脈が拡張する。

3. 大動脈弓部の奇形

大動脈弓部の奇形の理解にはエドワードの仮想による考え方が参考になる^{2,3)}。

右側大動脈弓は心奇形の合併が少ない左鎖骨下動脈起始異常、ファロー四徴症や総動脈幹に合併することが多い正常と鏡像をなすものが挙

げられる。最も頻度の高い大動脈弓の奇形は右鎖骨下動脈起始異常であり、ほとんどの場合は無症状でMRIでは食道後面を右側に上行する管腔構造として偶然に発見されることが多い。

4. 大血管の異常と気管、気管支

大動脈や肺動脈の奇形はしばしば気管の圧迫や気管支の奇形を伴う。特に大動脈弓部の奇形

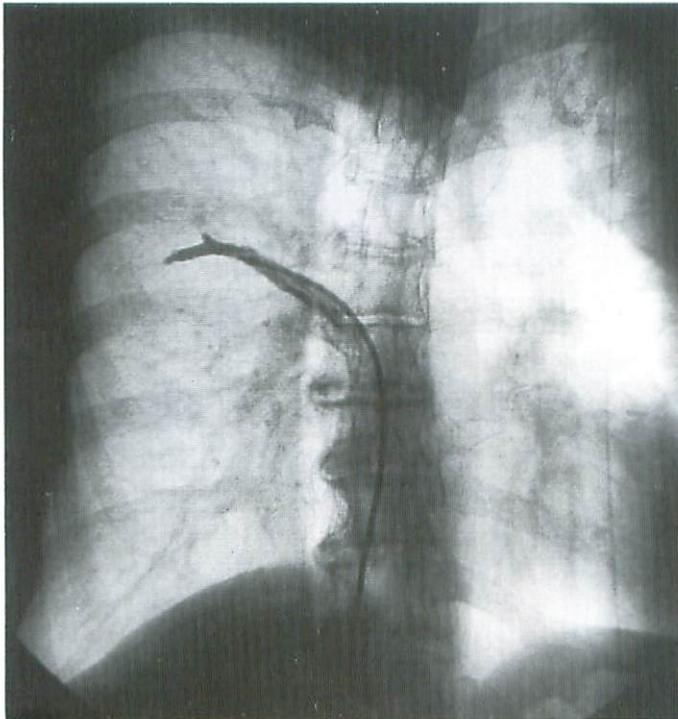


図7. 心房中隔欠損(上大静脈型)部分肺静脈環流異常合併

血管造影(a)では右上肺静脈は上大静脈に環流する。MRIでは上大静脈に異常環流する肺静脈(b)と上大静脈型の心房中隔欠損(c)がみられる。

a
b | c



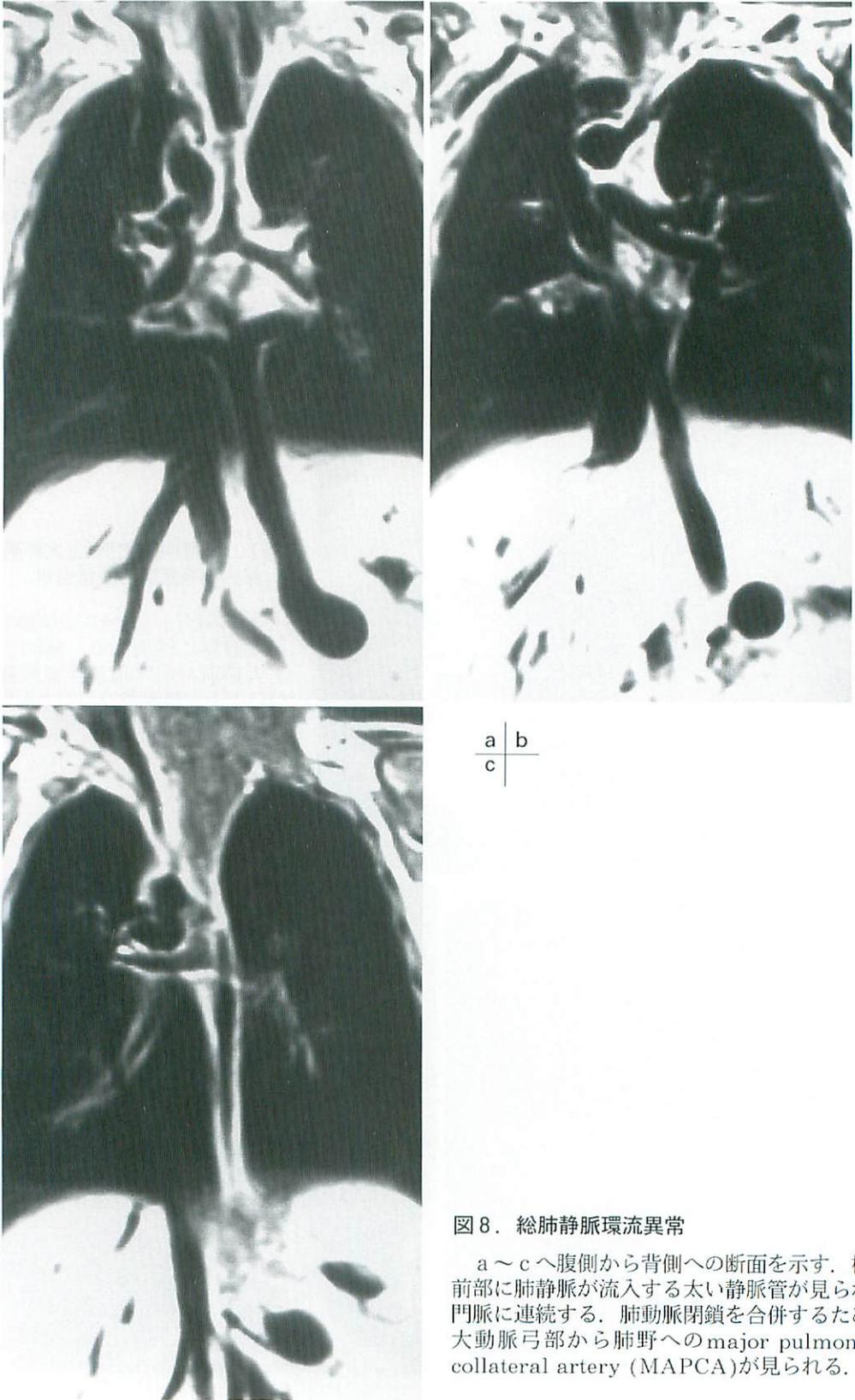


図8. 総肺静脈環流異常

a ~ c へ腹側から背側への断面を示す。椎体前部に肺静脈が流入する太い静脈管が見られ、門脈に連続する。肺動脈閉鎖を合併するため、大動脈弓部から肺野へのmajor pulmonary collateral artery (MAPCA)が見られる。

である重複大動脈弓(図6)や異常左肺動脈では気管の異常を伴うことが多い⁴⁾。

異常左肺動脈では左肺動脈が正中より右側で右肺動脈と分かれ、気管の右側から背側に周り、食道との間を通過して左肺に達する。異常左肺動脈は気管、気管支の奇形による分類がなされており⁵⁾、気管狭窄による呼吸困難が生後速やかに出現する。

5. 肺静脈の奇形

肺静脈の奇形としては部分肺静脈環流異常、総肺静脈環流異常、三心房心、肺静脈狭窄が挙げられる。

部分肺静脈還流異常は、肺静脈の一部が右心系に還流異常した状態であり、還流部位により心臓上部型(上大静脈、無名静脈、奇静脈)、心臓部型(右房、冠状脈洞)、心臓下部型(下大静脈、門脈)に分類される。心房中隔欠損(図7)、ファロー四徴症、三尖弁閉鎖、三心房心などの合併奇形としてみられることが多い。

三心房心は肺静脈幹と左房との結合の異常であり、その結合部に狭窄を生ずる。狭窄前部の肺静脈幹は拡張し通常の左房の位置にあたる。三心房心では左房内の線維筋性の隔膜が背側上部の肺静脈幹と腹側下部の左房に二分している。腹側下部の左房は左心耳を伴い左室と交通する。三心房心はしばしば肺静脈還流異常の合併奇形としてみられる。

総肺静脈還流異常は、四つの肺静脈がcommon chamberを形成し体静脈に還流した状態である。心臓上部型が最も多く、common chamberは垂直静脈幹を形成し無名静脈を通して拡大した上大静脈へ還流する。通常、心房中隔欠損を合併しており、右左短絡によりチア

ノーゼを呈する。心臓下部型で門脈へ異常還流すると、肺静脈圧が上昇し、肺野に間質性浮腫を呈する(図8)。

おわりに

MRIの有用性と読影法の実際に関して、先天性・心大血管疾患を区分分析法に沿って解説するとともに大血管の先天異常について述べた。MRIは心房・心室・大血管のつながりや大血管の異常の三次元的な形態診断とともに規格的な評価が可能である。高速撮像法はすでに臨床の場で多く使用され、今後さらにMRIは有用な診断法になるものと確信される。

●文献

- 1) Fletcher BD, Jacobstein MD, Abramowsky CR, et al: Right atrioventricular valve atresia; Anatomic evaluation with MR imaging. AJR 148: 671-674, 1987.
- 2) Albert A, Moss, Gordon G, Harry K, et al: Computed Tomography of the Body, Saunders, Philadelphia, 1983.
- 3) Shuford WH: The three types of right aortic arch. AJR 109: 1, May, 1970.
- 4) Backer CL, Ilbawi MN, Idriss FS, et al: Vascular anomalies causing tracheoesophageal compression: Review of experience in children. J Thorac Cardiovasc Surg 97: 725-731, 1989.
- 5) Wells TR, Gwinn JL, Landing BH, et al: Reconsideration of the anatomy of sling left pulmonary artery: The association of one form with bridging bronchus and imperforate anus: Anatomic and diagnostic aspects. J Pediatr Surg 23: 892-898, 1988.