

## 小児 MR 撮像法

筑丸 勝人, 相田 典子

神奈川県立こども医療センター放射線科

### 小児 MRI 撮像にあたる基本的な考え方

小児 MRI 検査では, 成人同様に頭頂部から指先まで広く全身の検査を行われるようになってきている. 機器のハードおよびソフトの進歩により, 今まで画像を低下させていた呼吸や嚥下によるアーチファクトの低減を可能にする高速撮像シーケンスを活用できるようになり, 依頼科の要望に十分にこたえ得る画像を提供できるようになったからである. 小児ではできるだけ避けたい放射線被曝がなく高い濃度分解能の得られる MRI の有効活用は, 小児画像診断において非常に重要である.

小児の MRI 検査では鎮静剤投与下での検査比率が高く, 患児の中には側臥位や腹臥位での睡眠を好む子供も多くみられる. 当院では MRI 検査を遂行することを最優先と考え, 体位変換で覚醒の危険が高いと判断した場合には無理に正中仰臥位の検査体位にし“寝た子を起こす”ようなことは避け, 患児の好む姿勢下の検査でも再現性のある検査を施行できる工夫を行い, 日常検査を行っている. また, 小児は日々成長し MRI 画像上も変化しているため, 経時的な検査においても再現性の高い画像を提供できることが, 診断精度の高い検査を遂行するために必要である. 特に乳幼児の脳では水分の減少と髄鞘形成がダイナミックに進行しており<sup>1)</sup>, 微細な変化を観察するには再現性がより

重要である. つまり MRI 撮像技術として, 患児が成長して撮像部位の大きさや水分量が変化しても, どのような患者体位でも, 再現性の高い画像を提供できるような撮像法を確立しておくことが重要である.

もう一つ重要なこととして, 短時間撮像を基本としてできるだけ早く画像情報を得るといふことがある. 鎮静下の患児はいつ覚醒するかわからない. また, 鎮静なしの患児でもいつ検査に飽きて静止困難になるかわからない. つまり, 小児相手の検査は, できるだけ早い時間に情報を収集するのが基本である. 具体的にはまず, 高分解能の 3 分のシーケンスより, 分解能を下げた 1 分半のシーケンス二つ, あるいは 1 分のシーケンス三つを選択する. 後 2 者であれば患児が検査開始 1 又は 2 分で覚醒, 検査続行不能になっても, 少なくとも一つか二つのシーケンス分の画像が得られる. 確実に 1 方向からの画像情報が得られていることが大きいのである. 検査が続行でき必要であれば, 高分解能シーケンスを後から追加すればよい. こういう考え方は小児検査領域全般において重要な検査哲学である.

以上のような考えに基づいた, 当センターでの過去約 12 年間の小児 MRI 検査内容の変遷, 使用している代表的な撮像条件および撮像法, 小児検査に対する工夫と考え方を, 各論では頭部 (脳)・頭頸部・脊髄・躯幹部について

キーワード MRI, children and infants, technique

述べる.

**使用機種, 件数, 検査内容の変遷**

当センターは1990年11月からMRI検査を開始した. 当初の設置機種は, 東芝社製MRT200-FX IIで, その後1992年にFX IIIにバージョンアップ, 1998年にVISARTに更にバージョンアップし現在に至っている. 1991年から2001年までの各年度の検査人数のグラフをFig. 1に, 鎮静剤投与下の検査比率のグラフをFig. 2に示す.

鎮静剤使用の検査比率は, 1997年以前で約60%であったが, 現在では約55%に低下している. これは, 同年以降最短時間撮像プロトコル(当センターで使用している読影・診断が可能な最短のシーケンス, 頭部ではT<sub>2</sub>強調像44秒, T<sub>1</sub>強調像55秒)が使用できるようになったため, これまでは鎮静剤投与下で検査を行っていた年齢層(約4~6歳)において, 鎮静なしで検査遂行できる比率が増加した結果である. 年齢にかかわらず体動が予想される場合には, まず最短時間撮像プロトコルで検査を行っている(Fig. 3, Table 1 (21~24)). 一般的に短時間の検査で自信をつけた患児は, 次

Percentage of the MR images performance under sedation per each year

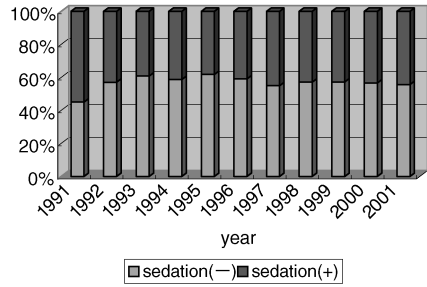


Fig. 2. Percentage of MR examinations under sedation per each year

The mean percentage of MR exams under sedation was about 55%.

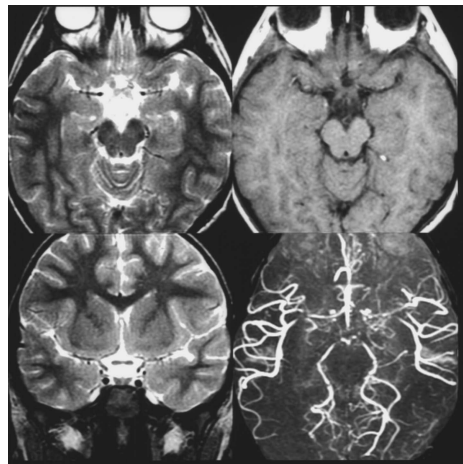


Fig. 3. An MR and MRA study performed by using "the fastest sequence" in a 6-year-old girl without sedation

T<sub>2</sub> weighted axial (A) and coronal (C) images were obtained in 44 s for each, while T<sub>1</sub>-weighted SE axial images (B) 55 s. 3D TOF MR angiography of 76 s acquisition shows a stenosis of the left middle cerebral artery.

Total population of MR images performance per each year

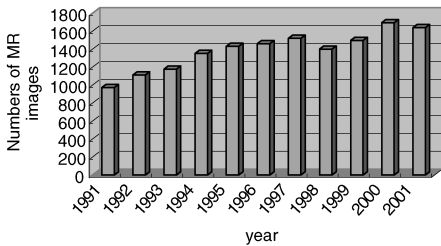


Fig. 1. Total number of MR examinations per each year

2002年10月28日受理

別刷請求先 〒232-0066 神奈川県横浜市南区六つ川 2-138-4 神奈川県立こども医療センター放射線科 筑丸勝人

回の検査時には撮像時間の長い conventional spin echo (SE) 法を含む通常のプロトコール (後述) で撮像できることが多く、小児 MRI 検査では臨機応変に患児の状態、状況に応じて対処し、検査を進めることが重要である。

監視モニターとして MRI 検査対応型パルスオキシメーターを導入した 1995 年以降は呼吸管理の安全性が高まり、鎮静剤使用下での検査人数が増加した。それに伴い年間検査人数は増加を示している。検査部位別比率では、現在、おおよそ頭部 55%・脊髄 15%・その他 30% である。小児では成人に多い椎間板ヘルニア等の検査依頼がないため、脊髄検査の比率が一般施設に比べ少ない特徴がある。現在の年間総検査人数は約 1700 人前後であるが、鎮静剤投与下の検査では複数の検査部位を一度の検査時に行うことが多く (脳と脊髄・眼窩と脳・全脊髄造影検査の重複検査例が多い) 撮像部位別に総検査数を集計すると総検査人数より約 10% 多く、約 1900 件である。

### 頭部 (脳) 撮像法

代表的な頭部の撮像シーケンスプロトコールを示す (Table 1 (1~24))。新生児用・1歳未満乳児用・1歳からの幼児用・6歳からの学童用・中学生からの一般用と鎮静の必要が必要か否かの曖昧な年齢時の患児 (4~6歳) や体動が予想される患児の場合に用いる最短時間撮像プロトコールの 6 種類をプロトコールとして使用している。T<sub>2</sub> 強調画像の撮像シーケンスは fast spin echo (FSE) 法が SE 法に比較して、デオキシヘモグロビンやヘモジデリン等の出血の判読に鋭敏でない点や髄鞘化の判定に劣るという報告<sup>2)</sup>があり、実際に微妙な信号変化の検出に SE 法が優れているため、軸位断面撮像には SE 法を用いている。当センターでの新生児例 66 名 (修正週数 35~42 週) の白質・灰白質の T<sub>2</sub> 値測定では、平均および SD は 175 ± 17 ms・125 ± 10 ms であった<sup>3)</sup>。この結

果から新生児用 T<sub>2</sub> 強調画像シーケンスは TE 130 ms 程度の使用が理想と考えられるが、使用機種の制約により 120 ms を使用している。また新生児期脳では T<sub>1</sub> 値も延長しているため、プロトン密度画像の指摘撮像条件は成人、年長児より長めの TE 設定が必要であり、60 ms を使用している<sup>4)</sup> (Table 1 (2))。FLAIR 法は、TI の設定値により描出する情報が大きく変化することと、長い TR 設定のため短時間撮像ができないので、当院では多用せず追加シーケンスとして使用している。また、原理的に FLAIR 法の画像はプロトン密度画像、T<sub>2</sub> 強調画像の代用にはなり得ないと考えている。新生児期ではその有用性を疑問視する教科書もある<sup>4)</sup>。

撮像断面は、SE 法 T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub> 強調横断面と 2 方向からの情報取得と頭頂部までの撮像のために T<sub>2</sub> 強調 FSE 冠状断面を基本としている。新生児では、微小出血が T<sub>1</sub> 短縮効果として描出しやすいことと、この時期の髄鞘化の観察に適しているために冠状断に T<sub>1</sub> 強調像を選択している。

小児の脳 MRI 検査で最も注意しなければならないことの一つは、画像感度ムラの出現を抑えることである。頭囲が小さい乳幼児に一般成人用のヘッドレストを使用して撮像すると、コイル中心から離れた頭部位置設定になる。このため水分量が多い乳幼児脳の画像では T<sub>2</sub> 強調画像で特に感度ムラが出現しやすい。新生児期や乳幼児期の脳では髄鞘形成の進展や水分量の減少が並行してダイナミックな変化をしている<sup>1),4)</sup>。こうした時期の微妙な所見の経時的観察や皮質の連続性を詳しく観察するためには、ヘッドレストの高さと位置の補正をして患児の頭部がコイルの正中の位置に設定できるようにして感度ムラを極力減らすことが、診断情報に富む MRI 画像を提供するために必要である<sup>5)~10)</sup>。側臥位や腹臥位での撮像の場合も同様である。

再現性のある画像を撮像することの重要性は

先に述べたが、1990年検査開始当時から現在まで使用している再現性が高い撮像手順を Fig. 4 に示し具体的に述べる。紙面上判読しやすいようにすべての画像は Table 1 (13) のシーケンスを用いている。最初に field echo (FE) 法 3 秒の軸位像を撮像し、この画像より頭部左右軸に平行な冠状断像を同条件で撮像する。この冠状断像により正中矢状断像を撮像し、これを位置決め基準断面とする。39 秒で撮像したこの矢状断位置決め基準画像は、下垂体視床下部や頭頸移行部および上位頸髄の形態確認や上矢状静脈洞の信号異常等の確認が十分に可能な画質をもつ。検査を進める上で重要な

情報を与えることが多い。横断像は、前交連-後交連 (AC-PC) ラインで撮像している (Fig. 4A~C)。スライス断面を中脳の上端に接するように設定すると、頭尾方向のズレのない再現性の高い画像を得ることができる。MRI の大きな利点の一つである任意断面設定を十分に有効活用し検査を進めることが重要である。冠状断面は、矢状断像の脳幹背側に沿うように設定している。

微細構造部位で再現性は特に重要である。当センターで行っている方法を具体例で示す。Fig. 5A, B は、視交叉部の小視神経鞘腫疑いの神経線維腫症 1 型の症例で、1 か月間隔に 2

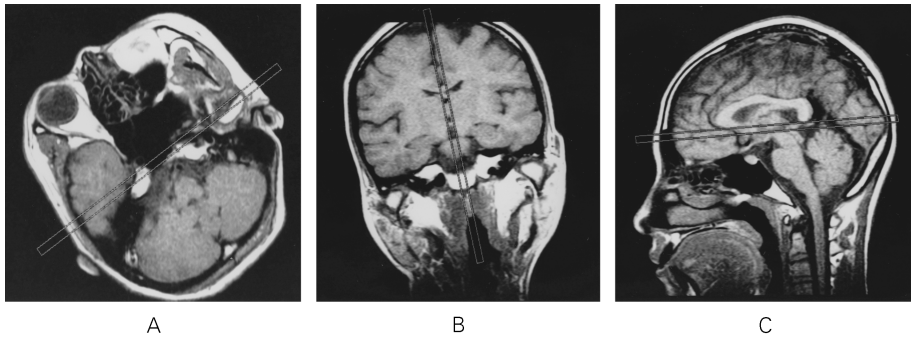


Fig. 4. Our method to have same transverse images parallel to AC-PC line  
At first we obtain a four seconds FE axial image perpendicular to Z-axis (A) followed by a coronal slice (B) perpendicular to an axial slice (A). Then we can have a base SE mid-sagittal slice (C) from B. We can establish transverse slices along the AC-PC line on C.

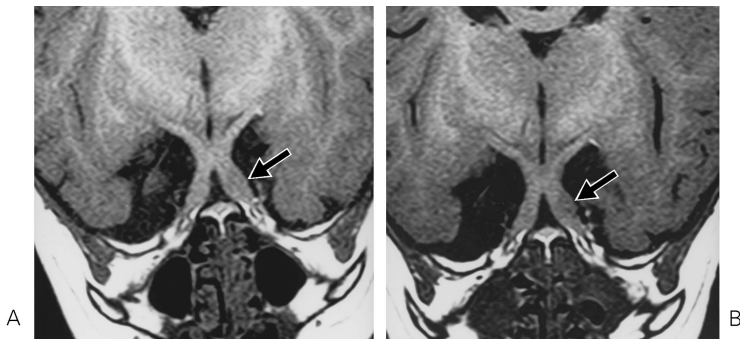


Fig. 5. A 2-year-old boy with neurofibromatosis type I  
An identical slice to the initial image (A) of the optic chiasm was obtained accurately one month later (B) (arrow).

回の検査を施行した画像である。この視交叉に沿った撮像断面は、位置決め矢状断像より両側の視索が描出した2断面を選択し、左右の視索を結ぶ角度で撮像断面設定する2枚位置決め法を用いることで得られる。再現性が得られなければ正確な経過観察ができない症例である。このように独自の撮像法を確立しておけばどの部位でもどんな検査体位でも十分に再現性の高い画像を得ることができる。視神経・視交叉部・視索では設定撮像角度は異なるため、検査依頼時には十分な臨床情報が必要である。撮像断面設定には多くの方法があるので、施設ごとに使用機種の特徴を生かした独自の撮像法を確立しておくことが必要である。

自由な検査体位の活用が必要な反面、注意しなければならないこともある。これは頭部に限ったことではないが、右側臥位と左側臥位ではケミカルシフトの出現方向が反転する。特に検査体位設定が約45度の角度設定時にはGx, Gyの傾斜磁場強度の±方向が判別できにくい。そのため、位置決めシーケンスを使用してケミカルシフトの出現方向を確認してから検査を開始することが重要である。腹臥位での検査時やガントリー進入方向等の違いによるケミカルシフトの出現方向も十分熟知しておく必要がある。小児の検査では、鎮静下の呼吸状態の変化などで検査中でも急な体位変換が必要となることも少なくない。したがって、患児のガントリー進入方向の違いや検査体位の違いによるケミカルシフトの出現方向を十分に熟知しておく必要がある。その知識がないと例えば眼球の撮像時には、網膜強膜部の読影に大きな支障を来すことになる (Fig. 6)。

小児期の脳腫瘍検査では、髄芽腫・上衣腫・星細胞腫・頭蓋咽頭腫・胚細胞腫が多く、成人に比べ天幕下に多発する傾向にある<sup>11)</sup>。MRI検査の目的は、成人と同様であるが、髄液播種の有無の確認が重要となる頻度が多い。髄液播種の確認のために全脊髄検査が追加される頻度が多く、頭部撮像時では矢状断像で、できるだ

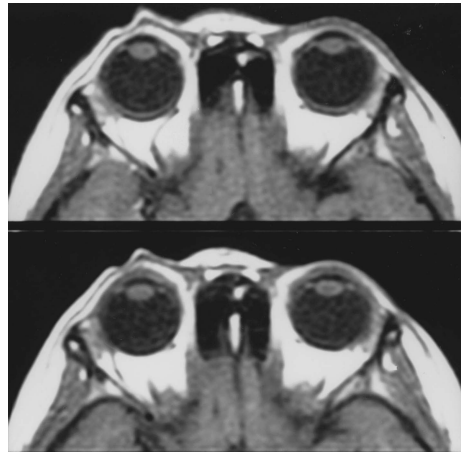


Fig. 6. A 4-year-old girl  
The direction of chemical shift artifact is reverse in the posterior wall of the eye balls between the images performed in right-sided and left-sided lateral decubitus position.

け頸髄を多く含むような設定とする方が好ましい。微少な造影効果の判読が重要となるために、髄液や血流によるアーチファクトが出現しやすい脳室内、脳室近傍、静脈洞近傍に主座する腫瘍の撮像時には面内・面外サチュレーションを多用し、スライス枚数を限局して極力アーチファクトを抑えた撮像法が必要である。もちろん位相方向の反転も有効であるので第4脳室に病変が存在し横静脈洞からの強い血流アーチファクトの影響を受ける場合には両者を併用することも多い。腫瘍の経過観察においても、再発播種の診断に同様の注意を払うとともに、治療後変化を検出できるように心がける。化学療法、放射線治療後の白質病変、血管炎、網細血管拡張症の検出のためにT<sub>2</sub>強調像は省略してはならない。全脳照射や鞍上部腫瘍などウィルス動脈輪を含む放射線治療を行った患児の検査時には、モヤモヤ様放射線性血管炎の発症を念頭に、主要血管のflow voidを確認し疑いがあれば技師の判断でMRAを追加している。

### 頭部（下垂体）撮像法

下垂体の検査では、下垂体茎損傷を含む低身長の原因疾患精査のための検査依頼が多い。前葉・後葉の同定、間脳・下垂体の占拠病変の有無、頸髄を含んだ後頭蓋窩病変の確認が必要で、下垂体茎損傷の場合には、損傷部中枢側の異所性後葉の同定および前葉の形態確認を行う。検査開始時の数年間は直接拡大撮像をしていたために T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub>強調画像とも約3～4分の収集時間を要したが、現在は T<sub>1</sub>強調画像 1分39秒・T<sub>2</sub>強調画像 2分4秒・FOV 16 cm・スライス厚 3 mm で撮像している (Table 1 (25, 26))。非常に小さい小児の下垂体の高分解能、1 mm 程度の薄いスライスでの撮像は撮像時間が長いため、全体の検査時間が延長し設定した撮像プログラムが完遂できず、結果として多方向からの画像確認ができないことも多い。また、造影検査も加わると更に総検査時間が長いいため、不完全な検査となることも多く経験した。したがって、現在は読影可能な最短のシーケンスで多方向撮像の方針としている。総検査時間が延びると、造影時の覚醒や静止保持に限界が起り体動アーチファクトが出始めることが多く十分な情報が得られないこととなる。画像拡大をする場合には、撮像後にズーム処理しているが 150% 程度の拡大では読影に支障を来すことはないと考えている (Fig. 7A, B)。下垂体茎は多少左右に偏位していることが多いので、最初に茎に沿った冠状断像を撮像し、これを位置決め画像として、茎の長軸方向に合わせた矢状断像を撮像する。茎断裂の診断には多方向からの確認が必要である。

### 頭部 MRA 撮像法

3分27秒で撮像する軸位断収集と冠状断収集の2方向をルーチンとしている (Table 1 (27))。小児の MRA では小動脈瘤などに照準を合わせていないので、必ずしも超高分解能画像

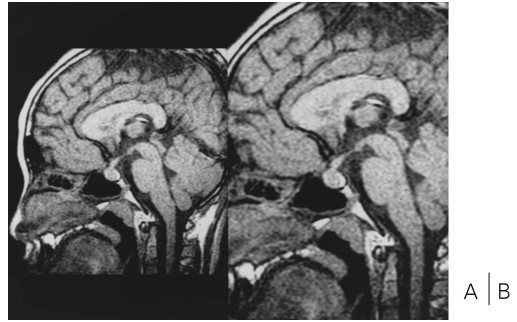


Fig. 7. A 9-year-old girl with Rathke cleft's cyst  
(A) An original image. (B) The 150% magnified image is sufficient for diagnosis.

である必要はなく、短時間で2方向撮像の方が診断情報を得られることが多いと考えている。MRA は通常の脳の検査に追加しての検査依頼が多く総検査時間がどうしても長くなる。検査の基本的考え方で述べたように、検査時間の延長とともに体動による画像の劣化を来す確率が増すため、短時間撮像で MRA 像を得ることがまず重要である。軸位断・冠状断2方向の総撮像時間7分と1方向で2倍のスラブでの撮像7分は、同じ7分であっても小児領域では意味が異なる。前者では、撮像開始4～5分以降に検査続行不能になっても、確実に1方向からの画像情報が得られていることが大きいのである。

新生児、未熟児の脳血流速度は一般的に遅いことが知られているが<sup>12),13)</sup>、脳の代謝が成熟しない年少児でも血流速度は成人より遅いと考えられ、TONE (tilted optimized non-saturation excitation) を併用しても末梢の血管描出能は向上させるのは難しい。そのためスラブは厚くせず大血管の描出を目的とした撮像となる。モヤモヤ病の症例も多く、多方向からの前大脳動脈・中大脳動脈・後大脳動脈を確認することが必要である。冠状断収集の MRA は、頭蓋外～頭蓋内バイパス手術後の評価に有効である。Fig. 8 に右側臥位で撮像した MRA 画像を示

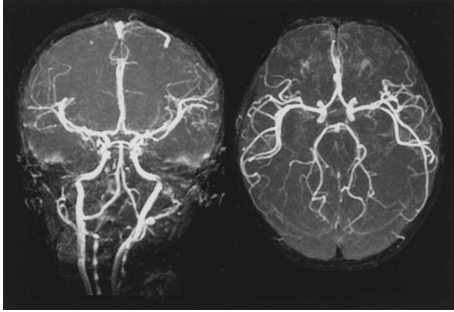


Fig. 8. A 4-year-old girl with epilepsy  
This MR angiography was performed in right-sided lateral decubitus position with 3 min and 27 s of acquisition time.

す。内頸動脈にはねじれを認めるが、脳動脈の診断には全く支障は来さない。MRA 撮像でも正中仰臥位に固執する必要はない。

#### 頭頸部撮像法

小児領域での頭頸部検査では、軟骨無形成症・キアリ I・II 型奇型・環軸椎亜脱臼での依頼が多く、耳鼻科領域では、甲状舌間嚢胞・側頸嚢胞等の、先天性嚢胞疾患の依頼が多い<sup>14)</sup>。嚥下や呼吸によるアーチファクトの影響を直接大きく受けるため、この領域でも短時間撮像が重要である<sup>15)</sup> (Table 2 (1~4))。そのため T<sub>2</sub> 強調画像だけでなく T<sub>1</sub> 強調画像も FSE 法での撮像が有効で、診断能の高い画像を得ることが多い。無意味に積算回数を増やすことは不規則な嚥下や呼吸によるアーチファクトの低減効果を生むことは少なく、逆に時間延長のために不意な体動によるアーチファクトが加味され画像を劣化させることとなる。この部位では呼吸や嚥下による体動の影響で、脂肪抑制画像では均一な抑制効果は期待できない。小さな嚢胞等の T<sub>2</sub> 延長病変の撮像には、T<sub>2</sub> 強調画像の撮像条件に適した inversion time (TI) を使用し、FSE 法の特徴である脂肪の高信号を低下させる必要がある (Fig. 9)。このため

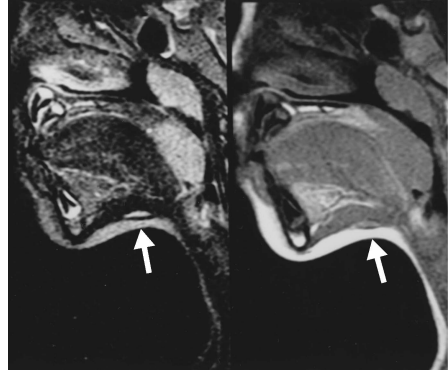


Fig. 9. A 5-year-old boy with thyroglossal duct cyst  
T<sub>2</sub>-weighted images (A) with proper TI value is necessary to clarify a small cyst (arrow).

に使用する FSE 法のシーケンスごとに TI 値の設定時間の違いによる脂肪抑制効果を十分に検討・把握し、検査を遂行することが必要である。

頭頸移行部の検査時は、頸髄が圧迫された状態であるなど危険度が高いことも多く、患児の監視を強化することが重要である。鎮静剤の使用の有無にかかわらず可能な限り複数のモニター・人数での監視が必要である。当然のことながら、前屈位・中間位・後屈位の検査依頼時には、必ず中間位から撮像する。中間位で撮像した頸髄の圧迫状況により、前屈後屈は危険と判断しその場で検査終了とする (Fig. 10)。

#### 脊髄撮像法

小児領域の脊髄検査では、潜在性二分脊椎による検査依頼が圧倒的に多い。2001 年度の当センターの統計では脊髄検査の約半数を占める。スクリーニング目的の新患 23 名のうち、終糸脂肪腫・脂肪脊髄腫などの異常所見を 6 名 (26%) に認めた。撮像条件は、大まかに新生児用・乳幼児用・学童用・中学生からの一般用シーケンス (Table 3 (1~8)) と最短時間

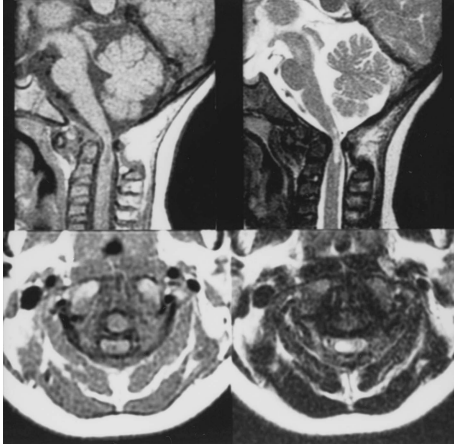


Fig. 10. A 6-year-old girl with Atlanto-Axial dislocation  
T1-, T2-weighted axial and sagittal images show severe stenosis of the foramen magnum and upper cervical spinal canal.

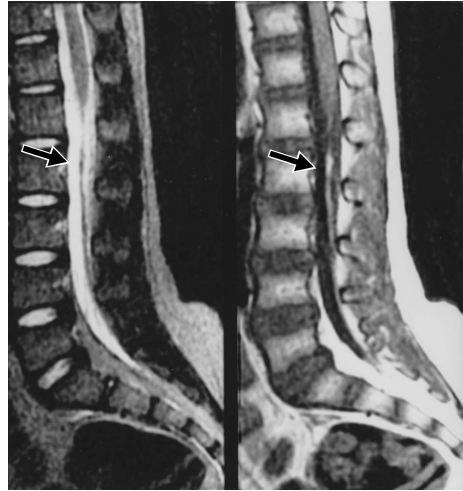


Fig. 11. A 5-year-old girl with scoliosis  
Sagittal T1- and T2-weighted images by the fastest scan protocol (T1WI ; 38 s, T2WI ; 57 s) show fibrolipoma of the film terminale (arrow).

撮像プロトコル (Table 3 (9, 10)) の 5 種類を使用している。

低位脊髄円錐を呈する脊髄係留症候群の症例は手術適応であることが多く、術前・術後の比較ができる再現性の高い撮像法としなければならない<sup>16)</sup>。位置決め用冠状断面は脊柱管をできるだけ長く撮像できるような設定にし、この画像から正中矢状断画像を撮像することが肝要である。症例によっては、位置決め撮像を多数回行わなければならないことも多い。特に手術後の腹臥位での撮像の場合には十分な位置決めが必要となる。体動が予想される患児には、脳の撮像と同様に最短時間撮像プロトコルを使用する。脊髄撮像の場合でも高信号の体部脂肪によるアーチファクトを極力減少させることが必要であり、頭頸部撮像と同様に T<sub>2</sub>強調画像では適切な TI を使用する必要がある。Fig. 11 に最短撮像時間プロトコルでの撮像例を示す。終糸脂肪腫が T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub>強調画像共に十分に確認できる。

小児整形外科領域では側弯症の手術前の検査依頼が多い。特発性とともに脊髄空洞症や良性

の非進行性筋疾患等が原因疾患に含まれている。したがって、脊髄の形態確認と空洞症の有無および脊髄円錐の位置確認を主目的とした検査となる。側弯症の変形は三次元の要素、つまり側弯とともに前弯・後彎・ねじれを伴うため側弯症の撮像では、位置決め冠状断像のスライス厚を十分厚く撮像し、大まかな形態を確認することから始める (Table 3 (11~15))。この冠状断像は椎体レベルの位置確認にも利用できる。この冠状断上で正中矢状断像を想定し、位置決め画像を数枚撮像する (Fig. 12A)。冠状断像と矢状断像より 2 枚位置決めを使用し 3 軸直交の軸位像の撮像を行う (Fig. 12, 紙面上判読しやすいように A'には FSE 像を提示した)。

5 歳女児の側弯症例を Fig. 13 に示す。3 軸直交面から得た脊椎軸位像のみ終糸脂肪腫を診断できる。側弯症において最も信頼できる脊柱管内情報が得られるのは、軸位断面であることを強調しておきたい。もう一つ忘れてならない



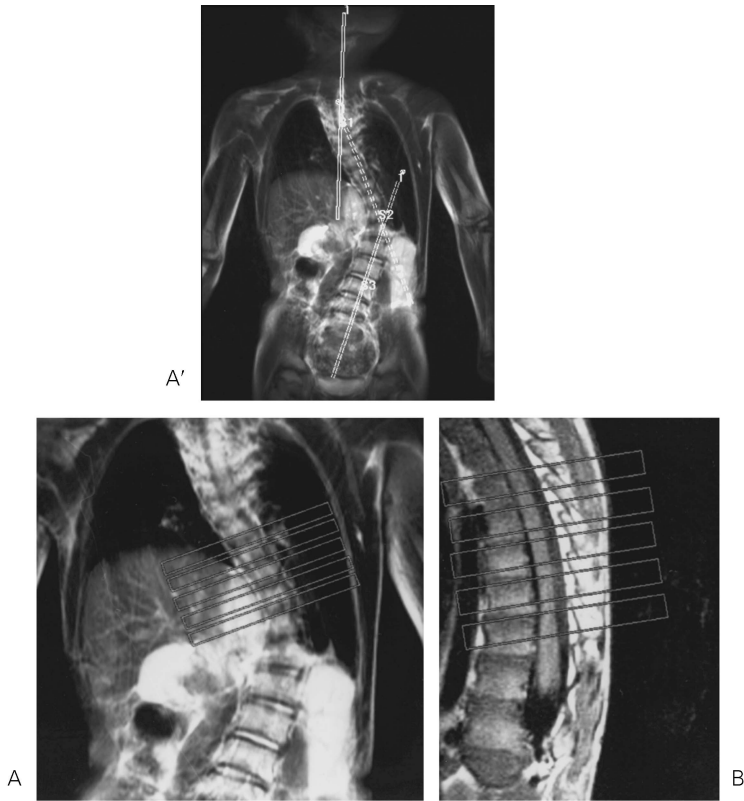


Fig. 12. A 5-year-old girl with severe scoliosis  
We obtain a thick coronal FASE image as an initial localization and followed by three pieces of oblique sagittal images along the scoliotic spine (A). Using the initial localization coronal image (A') and the oblique sagittal image (B) from A, we can obtain true axial images of the spinal canal.

のは、側弯症患児では躯幹から骨盤に変形が強く同じ体位で臥床していることが苦痛である場合が少なくないということである。したがって、患児のためにも総検査時間をできるだけ短くするよう心がけることが重要で、短い撮像シーケンスを組み合わせて検査をプログラムする必要がある。撮像断面設定にも素早く対応し、総検査時間の短縮を目指す。経験上検査時間の延長とともに体動の影響によるアーチファクトが大きくなり、診断情報量の乏しい検査となる。患児の苦痛を理解し検査を進めることが大切である。

### 躯幹部撮像法

小児領域の躯幹部検査は、神経芽種・ウィルムス腫瘍・肝悪性腫瘍・悪性奇形種などの悪性腫瘍を対象にしたものが多い。腹部検査の目的は2種類に大別できる。治療や自然消退（当院などで試行しているマスキング神経芽腫の無治療経過観察プログラムによる<sup>17)</sup>）による腫瘍の性状や形態の経過観察を目的とする検査と、腫瘍と周囲臓器との位置関係および浸潤の程度の判別や主要血管の同定を目的とする手術可否を決定する検査である。経過観察の

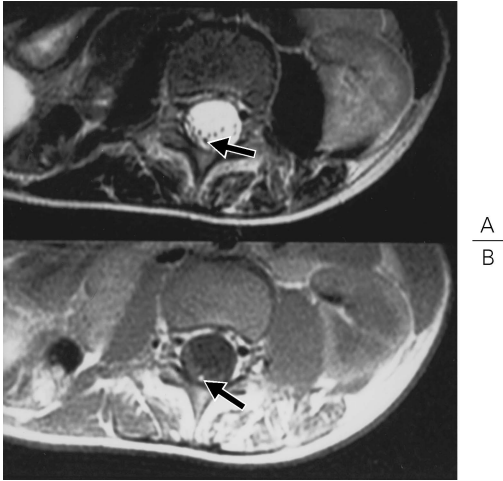


Fig. 13. A 6-year-old girl with scoliosis  
Axial T<sub>2</sub>-(A) and T<sub>1</sub>-(B) weighted images  
show fibrolipoma of the film terminale (arrow).

検査では、再現性の高い画像で最大径を描出することが重要である。このために、症例ごとの基準断面の設定が必要となる。はん用している撮像シーケンスプロトコールを示す (Table 4 (1~4))。

Fig. 14 に 1 歳男児の神経芽種の症例を示す。この症例では最大径を描出する基準断面は脊柱管に平行な面に設定した。脊髄の圧迫状況の確認もできる断面である。患児の呼吸状態が悪く不規則な呼吸の検査時には、撮像使用コイルは表面コイルを使用することが望ましい (QD- スパインコイル等)。表面コイルの使用により腹壁の信号量を低下させた画像が得られる。腹部 MRI 検査では腹壁の動きによるアーチファクトを低減することがより良い画像を得るために重要である。逆に直接拡大画像を求めて無理に小さめの筒型コイルを使用すると腹壁が受信コイルに近接するため、腹壁脂肪の動きによるアーチファクトが増強し読影に支障を来す画像となることが多い。また、腹壁の動きによるアーチファクトを避けるためには、直接拡大画像は求めず大きめの FOV で撮像し、腹壁

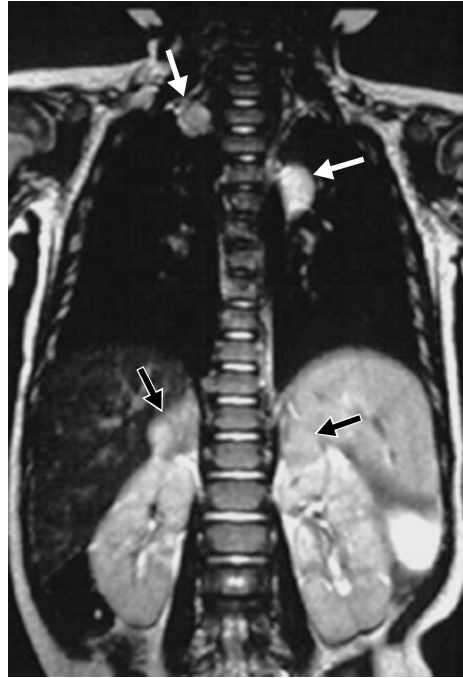


Fig. 14. A 1-year-old boy with neuroblastoma  
The axis of this image is parallel to the spinal canal (arrows).

のアーチファクトを観察画像外へ逃すことが重要である (Fig. 15)。このため、必ず位相方向の折り返し防止を使用する必要がある。シーケンスは T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub> 強調画像共に FSE で撮像し、T<sub>2</sub> 強調画像の場合には脂肪を抑制する目的で適切な TI を利用することも重要である。術前検査では、症例ごとに手術可能かどうかの決め手となる構造 (主要な血管や脊椎神経孔など) と腫瘍の関係にポイントを絞って検査を進める。

## ま と め

小児 MRI 検査は鎮静の有無にかかわらず患児の協力を得ることは難しい。そのため不完全な検査になる危険が高く、毎回“ガラス細工を組み立てる”ような気持ちで検査を行っている。正常像も刻々と変化するため、難解かつ繊

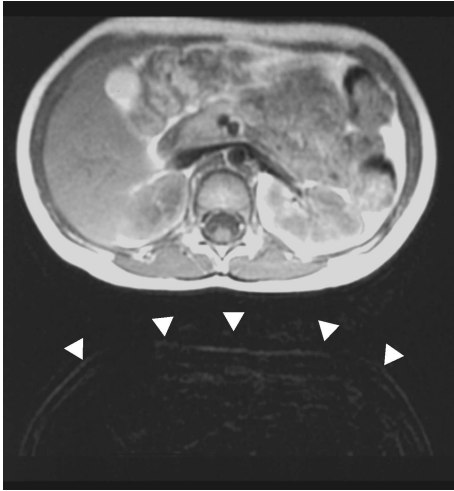


Fig. 15. A 4-year-old girl with leiomyosarcoma of the pelvis after treatment  
Artifact from the respiratory motion of the abdominal wall (arrowheads) located out of the body image.

細な領域といえるが、それだけに工夫できる点も多い。一人一人で体格、疾患内容の大きく異なる小児では、特に依頼医師側が何の情報を探しているかを知って検査に当たるのは重要で、信頼できる放射線科医、臨床医を見つけ、コミュニケーションを欠かさないようにすることが大切である。小児 MRI 検査が、一般成人の検査と異なる点は多々あるが、MRI 検査において何を求めているかについて診断担当医と検査を施行する技師の間で共通の目的意識を持ち、患児の診断治療に寄与する画像を得ようと

努力すれば、おのずと方向性は定まってくるものと考え。我々が求めているのは(美しい画像)ではなく診断情報に富む(良い画像)である。きれいな画像を出してもポイントがずれていけばそれは何の意味ももたない。限られた時間内での確かな画像情報を最大限に得ることが課題である。そのためあえて高分解能の画像ではなく、原則としてアーチファクトを可能な限り除去した短時間の撮像を選択し、再現性の高い撮像法を工夫する方向性が生まれ今日に至っている。

当センターでは、1998 年以来機器の更新がかなわないため機能画像はおろか拡散画像も MRS も施行できないなかで、半数以上が鎮静下の年間約 1900 件に及ぶ小児 MRI 検査を行っているが、機種のもつ性能を十分に発揮できるように技術的向上に努め、MRI 検査が子供達のために更に寄与できるよう今後も日々努力していくつもりである。

最後に、機器の更新も医療機器の開発も採算性優先で成人・老人が念頭おかれて行われる日本の現状が、未来ある子どもの医療のために少しでも変わるよう祈るとともに、小児用 MRI 関連機器の開発をメーカーサイドにも要望して稿を終わる。

### 謝 辞

資料を提供していただいた東芝メディカル㈱中橋昌男氏に深謝します。

Table 1. List of Sequences for the Brain

No.	対象範囲	設定断面	テクニック	TR (ms)	TE (ms)	ST (mm)	FOV (cm)	MTX	NEX	ETL	No Wrap	Time
新生児用プロトコル (QD Knee Coil)												
1	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	350	12	5	13×15	128×240	1	4	PH/Ro	25 s
2	プロトン密度/T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	SE	3000	60/120	5	13×15	128×224	1	*	Ro	6 m 24 s
3	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	400	15	5	13×15	128×224	1	*	PH/Ro	1 m 43 s
4	T <sub>1</sub> 強調画像	冠状断面	SE	400	15	5	13×15	128×224	1	*	PH/Ro	1 m 43 s

小児 MR 撮像法

Table 1. continued

No.	対象範囲	設定断面	テクニック	TR (ms)	TE (ms)	ST (mm)	FOV (cm)	MTX	NEX	ETL	No Wrap	Time
1歳以下用プロトコル (QD head Coil)												
5	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	350	12	5	18×18	128×256	1	4	PH/Ro	25 s
6	プロトン密度/ T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	SE	3000	60/120	5	16×18	144×256	1	*	Ro	7 m 12 s
7	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	400	15	5	16×18	144×256	1	*	PH/Ro	1 m 56 s
8	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	3850	136	5	16×18	160×256	1	15	PH/Ro	1 m 29 s
5歳以下用プロトコル (QD head Coil)												
9	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	320	12	5	18×21	160×256	1	4	PH/Ro	28 s
10	プロトン密度/ T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	SE	2500	30/100	5	17×18	160×256	1	*	Ro	6 m 40 s
11	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	440	10	5	17×18	160×256	1	*	PH/Ro	2 m 21 s
12	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	4000	102	5	17×18	192×256	1	13	PH/Ro	2 m 04 s
6歳以上用プロトコル (QD head Coil)												
13	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	450	12	5	21×21	160×256	1	4	PH/Ro	39 s
14	プロトン密度/ T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	SE	2500	30/100	5	18×21	160×256	1	*	Ro	6 m 40 s
15	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	440	10	5	18×21	176×256	1	*	PH/Ro	3 m 35 s
16	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	4000	102	5	18×21	192×256	1	13	PH/Ro	2 m 04 s
成人一般用プロトコル (QD head Coil)												
17	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	450	12	5	21×21	160×256	1	4	PH/Ro	39 s
18	プロトン密度/ T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	SE	2500	30/100	5	19×21	160×256	1	*	Ro	7 m 20 s
19	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	440	10	5	19×21	176×256	1	*	PH/Ro	2 m 35 s
20	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	4000	102	5	19×21	176×256	1	13	PH/Ro	2 m 04 s
最短時間撮像用プロトコル (QD head Coil)												
21	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	320	12	5	21×21	128×256	1	4	PH/Ro	23 s
22	T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	FSE	4000	120	6	18×21	160×256	1	17	Ro	44 s
23	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	380	10	6	18×21	144×256	1	*	Ro	55 s
24	MRA	オブリーク断面	FE	49	6.8	*3/2	18×21	128×256	1	*	Ro	1 m 16 s
下垂体用プロトコル (QD head Coil)												
25	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	320	12	3	16×16	128×208	3	*	PH/Ro	1 m 39 s
26	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	3000	136	3	16×16	160×224	1	15	PH/Ro	2 m 04 s
MRA プロトコル (QD head Coil)												
27		オブリーク断面	FE	49	6.8	*3/2	21×21	192×256	1	*	Ro	3 m 27 s

\* We used ZIP in performance of MRA

\* 7A in ETL means half fourier method (sequence)

Table 2. List of Ssequences for the Head and Neck

No.	対象範囲	設定断面	テクニック	TR (ms)	TE (ms)	ST (mm)	FOV (cm)	MTX	NEX	ETL	No Wrap	Time
Cervical Coil												
1	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	500	12	5	16×16	128×224	3	7A	PH/Ro	55 s
2	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	3000	107	5	16×16	128×224	2	15	PH/Ro	1 m 45 s
3	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	FSE	505	12	5	16×16	160×224	2	4	PH/Ro	1 m 23 s
4	T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	FSE	3500	107	5	16×16	128×224	2	15	PH/Ro	2 m 03 s

Table 3. List of Sequences for the Spine

No.	対象範囲	設定断面	テクニック	TR (ms)	TE (ms)	ST (mm)	FOV (cm)	MTX	NEX	ETL	No Wrap	Time
新生児用プロトコル (QD Spinal Coil)												
1	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	SE	400	15	3	8×16	80×208	2	*	PH/Ro	2 m 08 s
2	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	3500	136	3	8×16	128×224	2	15	PH/Ro	2 m 03 s
乳幼児用プロトコル (QD Spinal Coil)												
3	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	SE	500	15	3	12×21	128×256	1	*	PH/Ro	2 m 08 s
4	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	3500	136	3	12×21	128×256	2	15	PH/Ro	2 m 03 s
学童用プロトコル (QD Spinal Coil)												
5	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	SE	400	10	5	12×26	128×256	1	*	PH/Ro	1 m 43 s
6	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	4000	136	5	12×26	128×256	1	15	PH/Ro	1 m 16 s
成人一般用プロトコル (QD Spinal Coil)												
7	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	SE	400	10	5	16×35	144×256	1	*	PH/Ro	1 m 56 s
8	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	4000	136	5	16×35	160×256	1	15	PH/Ro	1 m 32 s
最短時間撮像用プロトコル (QD Spinal Coil)												
9	T <sub>1</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	400	10	5	12×26	128×256	2	7A	PH/Ro	38 s
10	T <sub>2</sub> 強調画像	矢状断面	FSE	3000	136	5	12×26	128×256	1	15	PH/Ro	57 s
側弯症用プロトコル (QD Spinal Coil)												
11	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FASE	∞	250	100	35×35	192×256	1	192	Ro	2~3 s
12	T <sub>1</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	510	10	4	25×35	192×256	2	3	PH/Ro	2 m 13 s
13	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	3100	136	4	25×35	192×256	2	15	PH/Ro	2 m 39 s
14	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	SE	560	10	10	16×16	128×208	1	*	PH/Ro	1 m 27 s
15	T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	FSE	3050	136	10	16×16	160×208	2	15	PH/Ro	2 m 13 s

Table 4. List of Sequences for the Body

No.	対象範囲	設定断面	テクニック	TR (ms)	TE (ms)	ST (mm)	FOV (cm)	MTX	NEX	ETL	No Wrap	Time
QD Spinal Coil												
1	T <sub>1</sub> 強調画像	横断面	FSE	440	10	5	26×26	192×256	2	4	PH/Ro	1 m 28 s
2	T <sub>2</sub> 強調画像	横断面	FSE	3000	80	5	26×26	192×256	2	15	PH/Ro	2 m 33 s
3	T <sub>1</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	515	12	5	18×26	160×256	2	4	PH/Ro	1 m 25 s
4	T <sub>2</sub> 強調画像	冠状断面	FSE	3000	80	5	18×26	160×256	2	15	PH/Ro	2 m 09 s

文 献

- 1) 小松 秀平, 青木 茂樹: 成長に伴う脳・頭蓋の画像所見の変化. 臨床画像 2001; 17: 32-39
- 2) 安部 修, 青木茂樹, 大久保俊之, 林 直人, 山田晴耕, 吉川健啓, 国松 聡, 森 壘, 大友 邦: 小児中枢神経疾患の画像診断技術. 臨床画像 2001; 17: 7-15
- 3) 筑丸勝人: 新生児期の頭部 MRI における T<sub>2</sub> 強調画像 echo-time (TE) 値の検討. 日放技学誌 2002; 58(9): 1148
- 4) Barkovich AJ. Pediatric Neuro Imaging. 3th ed. Philadelphia, USA: Lippincot Williams & Wilkins, 2000; 4-8
- 5) 相田典子: 脳皮質形成異常. 臨床放射線 1999; 44(11): 1272-1282
- 6) 相田典子: 小児の MRI 検査. 画像診断 1993; 13(11): 86-89
- 7) 相田典子. 小児脳. 前原忠行編. 脳脊髄の MRI 正常解剖. 秀潤社, 1997; 79-91
- 8) 相田典子. 小児: 検査法のポイントと留意点. 青木茂樹編. よくわかる脳 MRI. 秀潤社, 1998; 204-208
- 9) 相田典子. 成長に伴う正常像の変化. 荒木力, 原 裕子編, すぐわかる小児の画像診断. 秀潤社, 2001; 14-26
- 10) 石黒智津, 筑丸勝人, 藤生英夫: 乳幼児頭部 MRI 検査における固定具の検討. 日放技学誌 2002; 58(2): 184
- 11) 大田富雄. 脳神経科学. 金芳堂, 1996
- 12) 田角 勝, 古荘純一, 大野博美, 奥山和男: 新生児頸動脈血流量と脳血流速度野検討. 脳と発達 1990; 22; 336-340
- 13) 田角 勝: 未熟児・新生児の脳動静脈血流速度. 小児科 (0037-4121) 1992; 33(2): 135-143
- 14) 野坂俊介, 宮坂美木子, 宮崎 治, 他: 頭頸部用腫瘍. 臨床放射線 1997; 42(11): 149-261
- 15) 藤田和俊, 相田典子. 小児 (頭頸部). 頭頸部の画像診断. 秀潤社, 2002; 384-407
- 16) 相田典子: 小児の脊椎癒合不全の画像診断. 日独医報 1997; 42(2): 120-135
- 17) H Nishihira, Y Toyoda, Y Tanaka, et al.: Natural course of newroblastoma detected by mass screening: A 5-year prospective study at a single institution. J Oncology 2000; 18(16): 3012-3017

## **Pediatric MR Imaging Techniques**

Katuhito CHIKUMARU, Noriko AIDA

*Department of Radiology, Kanagawa Children's Medical Center  
2-138-4 Mutsukawa, Minami-ku, Yokohama 232-0066*

The policy, techniques and some sequence protocols of MR studies for pediatric patients, based on 12 years of experience at the Kanagawa Children's Medical Center, are described in this review. Past and present MR examinations as well as changes in pediatric MR examinations are also described. In infants and children it is necessary to collect imaging information as quickly as possible because of the difficulty in knowing how long they will sleep or keep still. Therefore, we have chosen to use sufficient faster scans rather than high-resolution images and have developed techniques to obtain MR images of the same planes in variable positions. In pediatric patients with a small head and body it is crucial to use a proper coil and set them up in the proper position to avoid insufficient images. It is also important to use sequences with proper TR, TE and TI for the developing brain (with a high water content) and for avoiding artifacts from the high intensity subcutaneous fat in the body imaging. We have prepared many sequence protocols for each anatomical region and use them according to the patients' size, condition and disease. This allows us to perform useful MR studies with enough clinical information for diagnosis, treatment and patient care.