

5. 小児のMRI検査

久住浩美, 新本 弘, 栗林幸夫, 藤田 功¹⁾

慶應義塾大学医学部 放射線診断科, さいたま市立病院 放射線科¹⁾

Pediatric MRI

Hiromi Hisazumi, Hiroshi Shinmoto, Sachio Kuribayashi, Isao Fujita¹⁾

Department of Diagnostic Radiology, School of Medicine, Keio University

Department of Radiology, Saitama Municipal Hospital¹⁾

Abstract

MRI is a useful diagnostic imaging modality which enables tissue diagnosis. However, the evaluation technique for adult patient is not directly suitable for children. With an additional technique for young patients, MRI imaging gives more useful information. It is important that there is good communication between the clinical and radiologic sides. We show the speciality of pediatric imaging procedure which can be applied to the pediatric patients.

Keywords : MRI, Tissue diagnosis, Sedation

1. 小児に対するMRI検査の特殊性

まず小児に対してのMRI検査を施行する上での特殊性を考慮する必要がある。一般的なMRIの利点として、CTに比べて被ばくがなく、濃度分解能が高く、様々な断面の画像が得られる。その上にMRA, MRCP, MRUなど非侵襲的に検査が可能である。これは成人においても小児においても、利点であるが、小児においてはより有用と考えられる。しかし、小児であるための困難があり、欠点となる。それは新生児、乳児、年少児では絶対的に鎮静必要であること、息止めを必要とする検査が困難であること、心拍数が多く心電同期が困難なこと、血管、胆管、膵管等が細いので画質が低下することがあげられる。このためスクリーニング検査は向かず、必要な部位や、必要な撮像法に絞って検査するべきである。

a. 鎮静

乳児や年少児に対して検査を施行するには鎮静

が絶対必要となる。MDCTが登場して秒単位の検査が可能となったが、MRIでは、高速撮像法を用いても検査時間は長い。また高速撮像法になればなるほど、一般に検査時の音は大きい。画質的にもぼんの少し動いただけで画質の低下が生じて、診断価値のない画像となってしまう。このためある程度しっかりとした鎮静が必要である。もちろん鎮静剤は使用するが、よりスムーズに患児を寝かせるために工夫した方がいい。たとえば、検査の予約は患児の昼寝の時間に合わせ、検査日は朝早く起こして、寝かせない。また当然であるが、検査1時間前まで来院してもらい、造影が必要なら先に静脈確保しておき、それから鎮静させる。患児が寝るのを長時間待つことは、検査をするだけでも負担であるのに、患児の家族により負担を背負わせることも理解するべきである。

具体的な方法として、通常はトリクロロール内服(トリフロホスナトリウム)で検査施行を試みる。患者の年齢及び状態を考慮して50~70mg/kg投与する。しかし30~60分かけても鎮静が得られない

ときはドルミカム(ミタゾラム)やケタラールなどを投与するが施設や医師によって選択は異なる。しかしケタラールは脳腫瘍、水頭症、脳圧亢進時は禁忌である。またトリクロールであれば検査前2時間の禁飲食でかまわないが、それ以上の鎮静が必要と考えられるときは6時間禁飲食が必要である。しかし空腹感が強くなると、それだけでトリクロールでは患児は眠れなくなるので、タイミングが重要となる。したがって、撮影側と臨床側の連携が不足すると、患児およびその家族の負担となることを理解するべきである。また患児家族の十分な理解も必要となり、鎮静なくては検査できないが、鎮静薬投与にも危険性があることを知ってもらう。鎮静下では呼吸停止、心停止のような重大な危険性を知らせるだけでなく、鎮静後、完全に覚醒するまで飲食不可であることは十分知ってもらうべきである¹⁾。

b. 安全な検査のために

鎮静下での患児の状態を把握することは、安全な検査を施行するのに重要である。検査中、患児はMRI内部に位置するため、目視は困難である。このためパルスオキシメーターによる監視が必須と考えられる。しかし磁場に対応できるものが必要である。加えて呼吸器を必要とする患児の検査を可能とするには磁場に対応できる呼吸器も必要である。また年少児では体が小さいことから、通常成人に用いる検査台では大きく不安定なので、当院では乳児に対して使用できる小児用のクレイドルを作成して、より安全に的確な検査が可能であるように工夫している (Fig.1)。

MRIはCTと異なり被ばくはないが、磁場への暴露にはちがいない。また電磁波であるので人体に対しては発熱というエネルギーを与える結果となる。MRIの臨床使用における安全基準にはSAR (specific absorption rate: 比吸収率) がある。これは成人をモデルとして計算されている¹⁾ したがって、このまま小児に対応するとは限らない。火傷の危険性も可能性としてあるが、症状としてあらわれないので見過ごしがちなのが、発熱に対して発汗がひきおこす脱水である。とくに年少児には注意しなくてはならない。



Fig.1 MRI Cradle for newborn baby and infant. This MRI cradle has been made in our hospital. The examination could thus done with safety.

c. 造影剤

造影剤はガドリニウム系造影剤と超常磁性酸化鉄コロイド製剤があるが、これは成人と同様である。

ガドリニウム系造影剤 (マグネビスト、オムニスキャン) はT1を強く短縮する、すなわちT1強調画像で造影された部分は高信号となる。気管支喘息には絶対禁忌である。また重篤な腎障害や肝障害でも禁忌である。造影剤を用いないT1強調画像に造影効果が加わるので、造影前にT1強調画像が必要であるのはいうまでもない。勿論T2強調画像等、診断に必要な撮像法を造影前に撮像しなくてはならない。しかしあくまでも経験上であるが、造影剤を注射すると、鎮静状態からさめてしまい、造影後の撮像が十分できないことがある。それは造影前の画像を撮像するのに時間をかけすぎる場合もある。また点滴等により、静脈を確保していても造影剤注射に多少の違和感があるのかもしれない。造影をする場合、撮像時間がどのくらいの長さになるか、事前に放射線側と話しあう必要がある。

超常磁性酸化鉄コロイド製剤SPIO (superpara-

magnetic iron oxide) (フェリデックス, リゾピスト) は肝の診断に使用する. 肝類洞にある Kupffer細胞の貪食作用により細網内皮系にとりこまれるので, Kupffer細胞のある非腫瘍部肝実質部分で信号が低下する. しかし鉄剤であるのでヘモクロマトーシスには禁忌である. また鉄, 鉄多糖剤にアレルギーがある患者にも投与すべきではない. 診断的には肝転移の有無を評価するには非常に有用である. とくに小児では肝芽腫の再発の検出には有用と考えられる. Kupffer細胞が肝芽腫にはないので腫瘍部分だけ信号が低下しないので, 相対的に高信号の結節として認められる (Fig.2). またFNH (focal nodular hyperplasia) の症例でも有用である. FNHではKupffer細胞が腫瘍に存在するので腫瘍部分は一般にT2強調画像で信号低下するが, T2*強調画像ではあまり低下しない²⁾.

2. 小児にも応用できる撮像法

基本的な撮像法はT1, T2強調画像である. これに対しては多数出版されているMRIの教科書を参照していただきたい. 一方, 現在高速で撮影可能となったため, 病態にそくして特殊な撮像法を選択できるようになった. これらの撮像法には小児や胎児でも利用可能なものがあり, より詳細な情報が得られるようになった. とくに胎児MRIや,

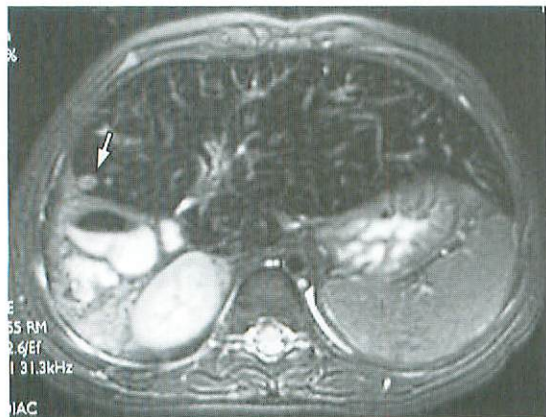


Fig.2 MR imaging (T2WI) with SPIO
The nodule (arrow) is distinct with SPIO because the intensity of normal liver parenchyma becomes low. This nodule was diagnosed as recurrent hepatoblastoma.

MRCP, MRUなどの管腔構造の描出や, 組織診断が可能となった.

a. 胎児MRI

胎児の動きの影響をほとんどうけない超高速画像法 (Single Shot法) を利用する. T2強調画像を通常は用いるので羊水は高信号となる³⁾. 胎児MRIは超音波でのスクリーニング・精査にて重症であると判断された胎児により多くの情報付加が望まれた場合, または超音波検査では診断にいたらなかった胎児に施行される. しかし胎児に対しての安全性は確立されておらず, 器官形成期である12週までは禁忌である. また18週までも, 胎児が小さく, 発生段階からも診断困難となることがあり, 避けるべきと考えられる⁴⁾ (Fig.3).

b. MR hydrography

SSFSE法やHASTE法ではTRは一般的に無限大なので, T2強調画像を撮像するとT2の長い自由水のみが高信号になる画像が得られる. 造影剤は不必要である. この方法を用いて, MRCP (MR



Fig.3 Fetal MRI

Ultra fast MR imaging technique made it possible to visualize the fetus. In this an image intraabdominal organ (black arrowhead) protruded from the abdominal wall. This was diagnosed as omphalocele. (white arrowhead) umbilical cord.

cholecystography) とMRU (MR urography) が可能となった。MRCPでは息止めを必要とする2D法と息止めを必要としない3D法があるが、小児においてはある程度年長の子供にのみ息止め下の撮



Fig.4 MRCP
Dilated common bile duct is visualized on MRCP. Gallbladder (arrow) is small compared with common bile duct.



Fig.5 MRU
Dilated renal pelvis and ureter was visualized without any contrast medium.

像が可能である。小児症例では臍胆管合流異常症例で有用であるが、径が細いので期待したほどの画像が得られないこともある。一方胆道拡張症は容易に描出される (Fig.4)。MRUは後腹膜に尿路系が位置しているので、年少の乳幼児でも比較的容易に撮像できる。従来のIVPでは閉塞のために画像を得られない拡張した腎盂・腎杯・尿管をできるので非常に有用と考えられる (Fig.5)。

c. MRA

頭部MRAは成人ではルーチン化している。小児でも鎮静下であれば撮像は容易である。TOF法 (time of flight法) やPC法 (phase contrast法) で造影剤を使用せず、短時間で撮影できる。成人では脳血管障害や動脈瘤の検出に有用であるが、小児ではもやもや病やAVM (arteriovenous malformation) の診断に有用である。このとき2点に注意する。はじめに、撮影範囲は成人に用いる通常のMRAの撮影範囲よりも広く、頭全体をカバーできるようにする (Fig.6)。つぎに外頸動脈の情報を得るために、皮下脂肪組織の信号が低下するように脂肪抑制を用いる。このとき通常の脂肪抑制法を使用すると、撮像時間が長くなり、周囲の信号が高くなり、本来得ようとした動脈の信号が低くなってし

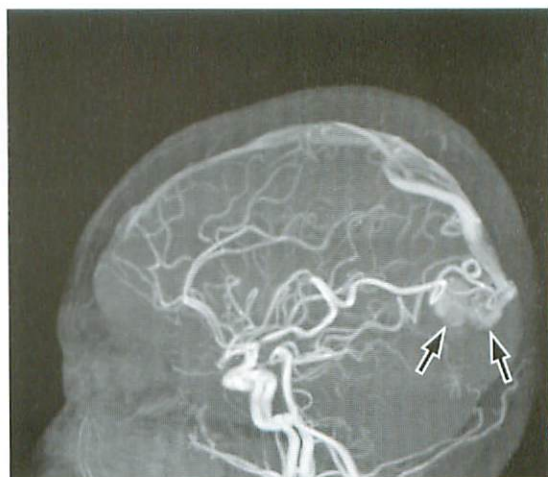


Fig.6 MRA
Scan area of this image was enlarged for visualization of nidus of AVM (arteriovenous malformation) (arrows) situated in the posterior lobe.

まう、そこで、水選択励起法を使用して、短い時間で得られる脂肪抑制状態下でのMRAを得る⁵⁾、とくにもやもや病での術後、外頸動脈からの血流を確認したいときにこの方法が有用である。

心・大血管や腹部ではシネMRIで心・大血管の血流動態を描出することが可能である。一方、造影剤を使用する3D造影MRAでは心・大血管が比較的短い時間で撮影できる。しかし被ばくはあるが、MDCTによっても同様の画像が得られるようになった。

d. より詳細な組織診断へ

MRIでは組織によって信号が異なるので、超音波画像や、CT像よりも詳細な組織診断が可能である。しかし石灰化に関してはCTに比べてはるかに劣るので、従来から石灰化の検出には不向きである。

a) 脂肪の診断

水と脂肪では共鳴周波数がわずかに異なる。この間に化学シフトがある。水と脂肪は1.5Tでは2.2msecごとに位相がずれる。そのずれを利用して、ベクトルの位相が水と脂肪が同じになるTEを設定すると水と脂肪は同じ信号が得られる (in phase)。一方その中間にTEを設定すると位相が異なるため、水と脂肪の信号が異なる (out of phase)。したがってボクセル内に水と脂肪成分が混在しているときに信号は低下することになる。しかし脂肪組織そのものでは混在がないので信号は低下しない。これを利用して、目的となる部位に脂肪成分が含まれるか判断可能である^{1, 6)} (Fig.7)。勿論比較的ルーチンで行われている脂肪抑制画像でも脂肪を低信号化するので、ともにT1強調画像で高信号である出血と脂肪の鑑別が可能である。

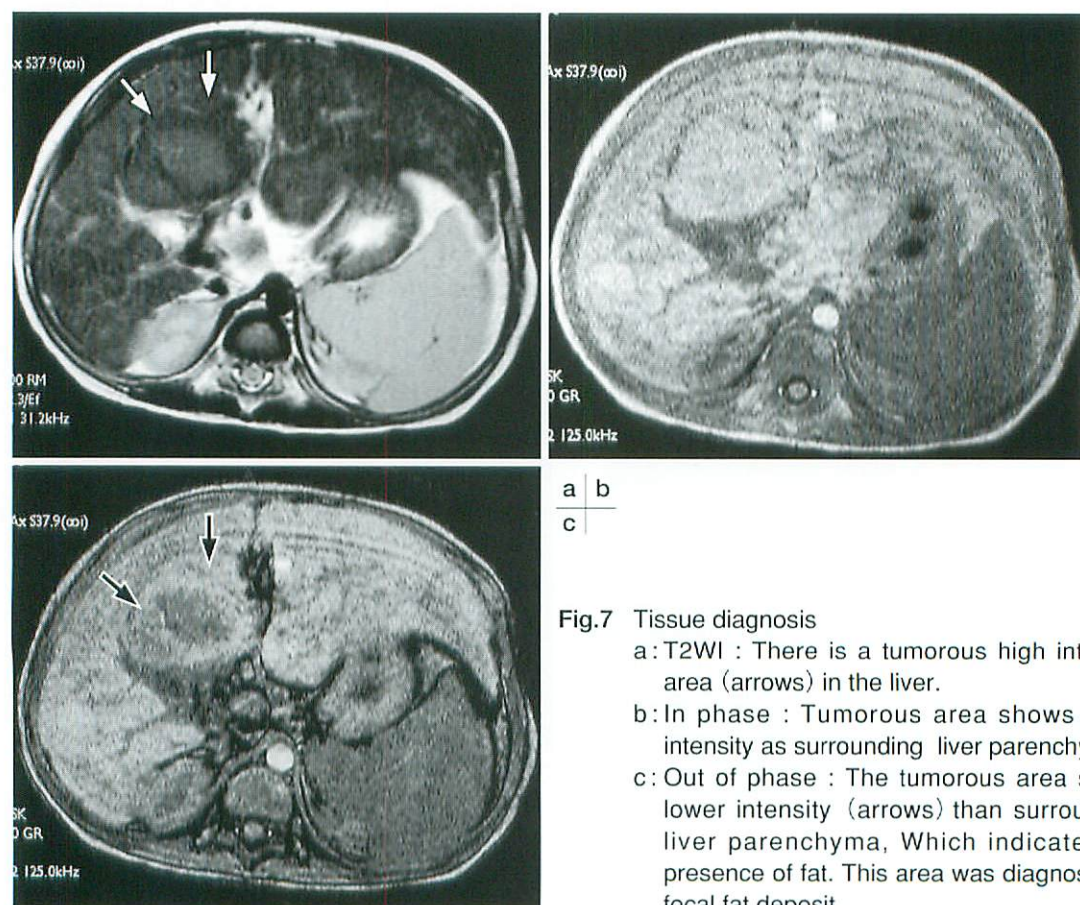


Fig.7 Tissue diagnosis

- a: T2WI : There is a tumorous high intensity area (arrows) in the liver.
- b: In phase : Tumorous area shows same intensity as surrounding liver parenchyma.
- c: Out of phase : The tumorous area shows lower intensity (arrows) than surrounding liver parenchyma, Which indicates the presence of fat. This area was diagnosed as focal fat deposit.

b) 拡散強調画像 (diffusion weighted image ; DWI)

水分子のブラウン運動である拡散を画像化する。拡散が低下した部分は高信号化するので、成人では早期の脳梗塞を判断するのに使用されることが多い。しかし小児では髄鞘化されていない部位の水分が多いことを利用しての髄鞘化の評価にも応用される^{7, 8)}。低出生体重児の虚血性病変にも応用されている。加えて最近では体部の撮影にも拡散強調画像が使用されている。腫瘍の評価に用いられるが、小児にも応用可能な技術と考えられる。

まとめ

冒頭で述べたように、小児の検査はさまざまな点で特殊性をもつ。検査をするだけで子供や家族には十分負担がかかるので、依頼する側も検査する側もこの検査でどんな情報を得たいのか、得られるのかを互いにした上で検査することが、手法以前に重要なことを強調したい。

●文献

- 1) Glester AD, 荒木 力：MRI「超」講義，第2版，東京，メディカル・サイエンス・インターナショナル，2003，p313-314, p243-250, p327-334.
- 2) Poeckler-Schoeniger C, Koepke J, Gueckel F, et al : MRI with superparamagnetic iron oxide : efficacy in the detection and characterization of focal hepatic lesions. Magn Reson Imaging 1999 ; 17: 383-392.
- 3) 桑島 成子：小児画像診断の最前線，胎児MRI. 日獨医報 2004 ; 4 : 571-582.
- 4) 鹿島 恭子：症状・所見からみた小児画像診断の進め方，胎児MRIで指摘された異常への対応. 小児科診療 2005 ; 68増刊号 : 54-55.
- 5) Ozsariak O, Van Goethem JW, Parizel PM : 3D time-of-flight MR angiography of the intracranial vessels : optimization of the technique with water excitation, parallel acquisition, eight-channel phased-channel phased-array head coil and low-dose contrast administration. Eur Radiol 2004 ; 14 : 2067-2071.
- 6) 荒木 力：臨床MRI入門，MRIの基礎，MRIにおける信号強度，東京，秀潤社，1989 ; p9-20.
- 7) 森 聖，小松 秀平，他：成長に伴う脳・頭蓋の画像所見の変化，臨床指南，小児神経放射線診断，東京，メディカルビュー，2004, p38-51.
- 8) Barkovich JA : Pediatric neuroimaging, 3rd ed. USA, LIPPINCOTT WW, 2000, p59-65.