

特集 小児画像診断の正常変異, 偽病変, 境界病変, アーチファクト

小児頭部画像診断における正常発達, 正常変異, アーチファクト

榎園美香子, 相田典子

神奈川県立こども医療センター 放射線科

Normal development, variants and artifacts in pediatric brain imaging

Mikako Enokizono, Noriko Aida

Department of Radiology, Kanagawa Children's Medical Center

Abstract

The brain matures in an organized, predetermined pattern at various stages of development. Neuroimaging allows analysis of many aspects of brain maturation, including development of sulci, myelination and changes in free water diffusion. However, it is sometimes difficult to differentiate normal variants from diseases with similar imaging features. This article illustrates normal development, variants and artifacts in pediatric brain imaging, helping to avoid misdiagnosis and prevent mismanagement.

Keywords : *Neonates, Myelination, Intracranial Cystic Lesions*

はじめに

中枢神経系の正常変異に関して, 小児に比較的多く見られるものを主体として記述した. 小児の場合, 成人と異なり, 新生児期から青年期に至るまで正常所見はダイナミックに変化する. したがってそれらを把握した上で日々読影を行っていかないと, 過剰検査・治療につながる恐れがある.

特に新生児期は他の時期とは異なった特異な画像を呈するため, 一つの独立した項目とした.

新生児期

1. T1強調像で高信号を呈する構造

T1強調像で高信号を示すものとして, 髄鞘化した白質が一般的に知られている. それ以外の機序でも高信号を示す構造が存在するため, 以下に示す.

1) 下垂体

正常下垂体のT1強調像での信号は, 前葉は周囲の脳実質と等信号, 後葉は高信号であるが, 前葉の信号は時期により変化する. 特に新生児期と妊娠・産褥期はT1強調像で前葉も後葉と同じくらい高信号となる時がある(Fig.1a), 出血と間違わないようにする必要がある. 前葉が高信号を示す理由として, 下垂体プロラクチン細胞が増加するためと考えられている. 下垂体プロラクチン細胞数は新生児期においては胎盤エストロゲンの影響により増加し, 出生後徐々に減少するため, この前葉の信号変化は修正週数ではなく, 生後日数と関連する¹⁾.

2) 視床下核, 淡蒼球

視床下核と淡蒼球は新生児期にT1強調像で高信号を示し(Fig.1b), 次第に等信号化する²⁾.

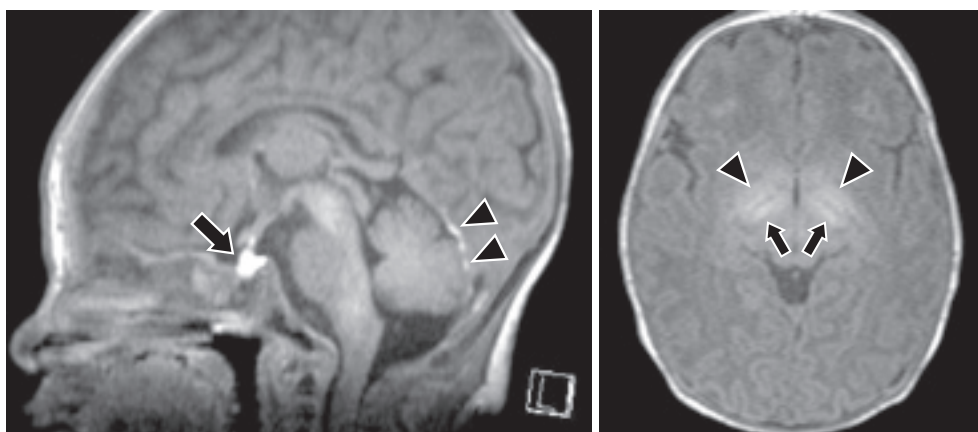


Fig.1 新生児の正常下垂体，視床下核，淡蒼球
満期産児，日齢5.

a | b

a：T1強調像矢状断像。下垂体前葉は上方に凸の形態を示し，後葉と同様に強い高信号を呈する(矢印)。小脳テント下にはわずかな硬膜下血腫が見られ，経膈分娩に伴う変化と考える(矢頭)。

b：T1強調像軸位断像。視床下核(矢印)と淡蒼球(矢頭)は両側対称性に淡い高信号を呈する。

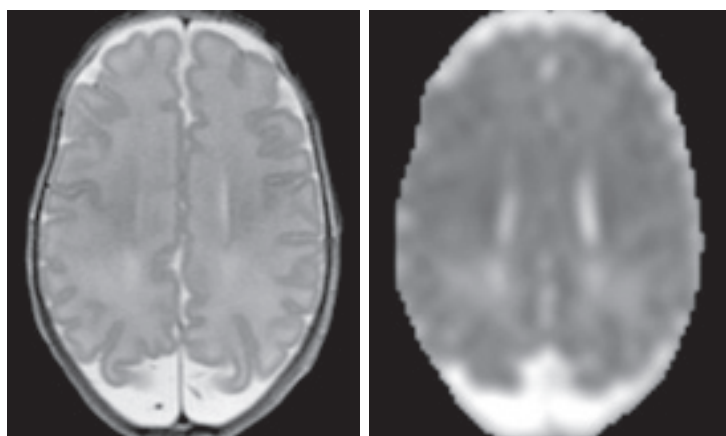


Fig.2
早期産児の修正満期相当時のMRI

在胎30週4日，日齢53.
修正38週.

a：T2強調像。大脳白質は頭頂葉を主体として淡い高信号が目立つ。

b：ADC map。大脳白質は頭頂葉を主体としてADC高値を示す。

a | b

この変化も修正週数ではなく，生後日数によって変化する。これは髄鞘化とは異なる変化で，一過性に高信号となる原因は不明である。profound asphyxiaと混同しないことが大切である。

2. 大脳白質の正常低吸収域・T2強調像高信号域

新生児の白質は髄鞘化が乏しく水分量も多いため，CTでは低吸収値を示すことが多い。MRIではT1強調像で低信号，T2強調像で高信号を示し，拡散強調像におけるADC値は成人よりも高い値を示す (Fig.2)。これらは成熟新生児と比

較して未熟児でより目立つ。

早期産児の修正満期相当時のMRIにおいて，白質のT1強調像低信号，T2強調像高信号が目立つ場合があり，以前はdiffuse excessive high signal intensity : DEHSIとして報告され，白質損傷あるいは髄鞘化の未熟さを示す病的所見ではないかとの議論がなされていた。しかし，近年は(未だ論争は続いているものの)神経学的予後不良を示す所見ではないと認識され，cystic encephalomalaciaやpunctate white matter lesionとは区別して考えられている³⁾。

3. PVL (periventricular leukomalacia) との鑑別が必要な脳室周囲の嚢胞構造

Connatal cyst (coarctation of the lateral ventricle, frontal horn cyst, paraventricular cyst)

側脳室前角やMonro孔より前方の体部のやや上外側に見られる円形の薄壁嚢胞構造 (Fig.3).



Fig.3 connatal cyst
Heavy T2強調像冠状断像。左側脳室前角とほぼ同じレベルの外側に円形の薄壁嚢胞構造を認める (矢印)。

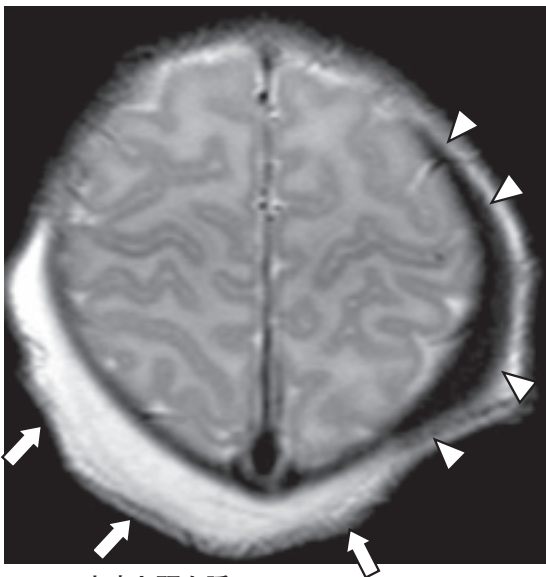


Fig.4 産瘤と頭血腫
満期産児。頭頂部に骨縫合を越える皮下組織の腫脹と浮腫を認め、産瘤である (矢印)。左頭頂骨には骨縫合を越えない、T2強調像で低信号を示す急性期の血腫があり (矢頭)、頭血腫と考える。

以前は虚血による変化が考えられていたが、明らかな病的意義は現在のところ報告はされていない⁴⁾。未熟児の0.7%に見られるとされ、多発することも多い。経過観察で消退する。

側脳室前角や体部よりも尾側や、Monro孔より後方に位置する嚢胞は上衣下嚢胞と考えられる。上衣下嚢胞はgerminolysisに関連したもの、上衣下出血に関連したものの2種類に分類される。PVLはより頭側の白質に見られる⁴⁾。

4. 分娩時外傷

陣痛初来から分娩までの過程で、胎児および新生児に加わった機械的外力・過度の牽引により生じた外傷性損傷をいう。

1) 産瘤

産道を通過する際に、児の先進部が圧迫されて生じる限局性の浮腫性腫脹。帽状腱膜より表層に広がる皮下の血腫や浮腫。骨縫合を越えて広がる (Fig.4)。生後数日で消失する。

2) 頭血腫

産道を通過する際に頭蓋骨骨膜が剥離することで生じる骨膜下血腫。鉗子分娩後に見ら

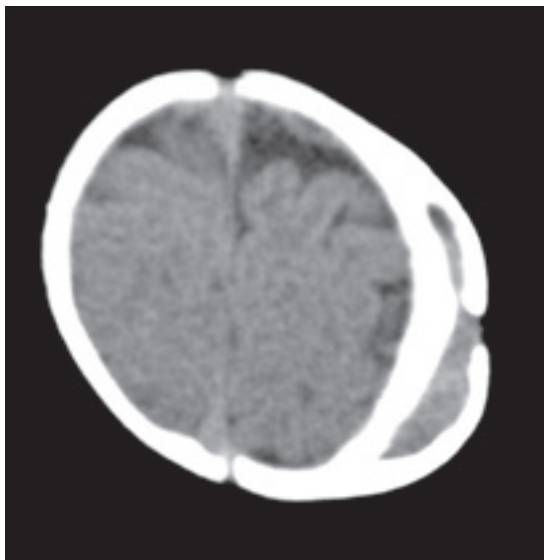


Fig.5 頭血腫の骨化
生後2か月児。左頭頂骨外側に長径約6cmの範囲にかけて骨縫合を越えない骨化を認める。内部はやや高吸収と低吸収がまだらに混在する軟部濃度を呈する。臨床経過もあわせ頭血腫の骨化が考えられた。

れることが多い。出生当日は目立たないが、生後1～2日後から波動性腫瘍として触知する。血腫は骨膜下にあるため骨縫合は越えない (Fig.4)。頭頂部に多い。1週間から自然吸収が始まり、2～3か月以内に消失するが、まれに石灰化ないし骨化を来すことがある。骨化を来した場合は頭蓋骨があたかも二重に見えることがある (Fig.5)。頭部腫瘍として紹介され画像診断にまわってくることもあるが、臨床経過をよく聞き、腫瘍性病変と誤診しないよう注意が必要である。

3) 硬膜下出血

産道通過時に過度な頭蓋の進展あるいは歪みが生じ、骨重合や静脈の過伸展によって硬膜やテントの裂傷、脳静脈の静脈洞への流入部の破裂が起こり、硬膜下出血が生じる。硬膜下出血はテント周囲に生じやすい (Fig.1a)。健常な満期産児の約45%に硬膜下出血を認めたという報告がある⁵⁾。経膈分娩でも帝王切開でもいずれの場合でも見られる。無症候性の場合には経過観察でよい。

4) 軟膜下・脳実質内出血

健常な満期産児の経膈分娩時に、静脈損傷あるいは静脈洞閉塞に起因した軟膜下～脳実質の静脈梗塞様出血が見られることがあるが、これは偶発的に見られる予後良好なものとして報告されている (痙攣で発症することもある) (Fig.6)⁶⁾。この出血は側頭葉で頻度が高く、近傍の頭皮下軟部組織の腫脹も伴うことが多い。慢性期はcystic appearanceを呈する。10,000出生数あたり5.9人の頻度で発生する。“spontaneous superficial parenchymal and leptomeningeal hemorrhage”や“spontaneous intracranial hematoma”などと呼ばれるが、日本語の定型的な呼び方はない。

脳実質

1. Terminal zone

一般に脳の髄鞘形成は尾側から頭側へ、背側から腹側へと進行する。白質の髄鞘化はT1強調画像での高信号化、T2強調画像での低信号化として認められる。月齢に伴う髄鞘化の進行の詳細については成書を参照していただきたいが、この

髄鞘化が生理的に最も遅くなる部位 (頭頂葉から側頭葉後部の連合線維) は“terminal zone”と呼ばれており、組織学的には40歳代まで髄鞘が未完成のこともある。このterminal zoneはT2強調画像やFLAIRにおける側脳室三角部近傍の深部白質の淡い高信号として認められることがある (Fig.7)。主に小児で見られるが、若年成人でも見られることがある。

Terminal zoneは時にPVLとの鑑別が問題となるが、鑑別点として以下の2点が挙げられる。

- ①PVL病変は脳室壁と接しているが、terminal zoneはT2強調画像高信号域と脳室壁の間に髄鞘化した白質を確認できる。
- ②PVLの場合、白質容量減少を示唆する所見 (脳室壁の変形や拡大および脳梁の菲薄化) を伴う。



Fig.6 新生児の軟膜下～脳実質の静脈梗塞様出血
自然経膈分娩で生まれた満期産児。出生時仮死なし。日齢2に痙攣あり。右前頭部にT2強調画像で低信号を示す急性期の硬膜下血腫を認め (矢印)、その直下の右前頭葉脳表に陥凹が認められ (矢頭)、軟膜下血腫の存在も疑われる。右前頭葉脳実質内にも約3cmの大きさの血腫を認める。経過観察を行い、以後発達に問題はない。

2. 血管周囲腔の拡張 (prominent Virchow-Robin space)

血管周囲腔は血管周囲の細胞間隔室と軟膜層で包まれる軟膜腔を合わせたものと定義されている。MRIではこの拡張した血管周囲腔を正常でも基底核下部や大脳白質、中脳などに認め、髄液と等信号を示す領域として認められる (Fig.8)。辺縁平滑で周囲の変化を伴わないことが特徴である。一般的には数mm以下の点状ないしは線状の形態を示し、単発性、多発性いずれも認められるが、一側性に多発するものや大きいものもある⁷⁾。

この拡張した血管周囲腔は高齢者や高血圧症の例に認められるとされていたが、近年MRIの高解像度化により小児に見られる機会も増加している。拡張した血管周囲腔の存在と種々の神経疾患との関連性も報告はされているが、筆者の経験では1~2mm厚の薄いスライスの画像で見ると、スクリーニングの頭部MRI検査でも遭遇

することが往々にしてある (Fig.7) ため、それらのほとんどは恐らく病的意義のないものと考えている。

しかし病的な血管周囲腔の拡張を来す疾患として、ムコ多糖症や伊藤白斑、Lowe症候群などが存在するため、それらとの鑑別は臨床所見も合わせた総合的な評価が必要となる。

トルコ鞍部

1. 下垂体の年齢による変化

下垂体の高さは乳幼児~学童期に4mm前後、思春期~青年期において5~6mm前後を呈することが多い (Fig.9)。しかし、一般にホルモン分泌が盛んな新生児期、思春期から青年期、妊娠、産褥期には正常でも著明に腫大することがある⁸⁾ (Fig.10)。特に思春期から20歳代にかけての若年女性や妊婦において、上縁は上方に凸となり全体として球形に近い形を示す。前葉の高さは10mmにまで達することも稀でない。



Fig.7 Terminal zone

2歳児。両側側脳室三角部近傍白質は他の白質に比べると淡い高信号を示し、いわゆる terminal zone と考えられる (矢印)。またそれとは別に、白質には脳脊髄液と等信号を呈する点状や線状の構造が散見され (矢頭)、血管周囲腔と考えられる。



Fig.8 血管周囲腔の拡張

8歳児、両側基底核下部に脳脊髄液と等信号を示す類円形の構造があり、穿通枝の血管周囲腔と考えられる。

2. ラトケ嚢胞(下垂体中葉嚢腫)

下垂体の incidentaloma の中で最も頻度が高い。通常は臨床的意義は少ないものと考えられている。頭蓋咽頭管を形成する Rathke 陥凹の近位部が胎生期に閉鎖せずに出生後も遺残し、肉眼的に嚢胞を形成するようになったもの。部位が特徴的で、下垂体前葉と後葉の間に存在する。T1 強調画像で高信号、T2 強調画像で低信号を示す (Fig.11) が、内容物により様々な信号を呈する。造影増強効果は見られない。経過中、増大

したり縮小したりすることもあり、内容物の信号が変化することもある。

松果体部

1. 松果体嚢胞

松果体に生じる嚢胞で透明の液を含む。臨床的には無症状なことがほとんどで、MRI 検査にて偶然発見されることが多い。剖検例では 40% 近くに認められる。乳児期に見られることは少なく、思春期～若年成人期に見られることが多

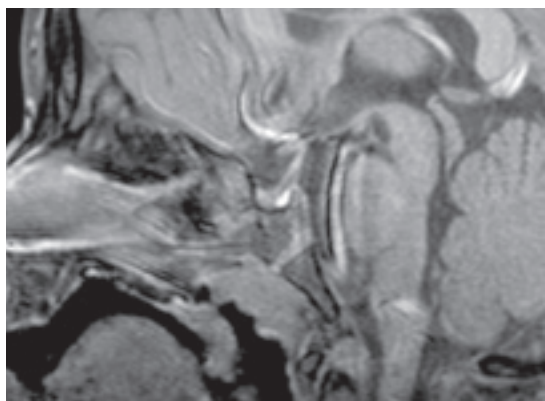


Fig.9 幼児期の下垂体
3歳男児。下垂体前葉の高さは4mmと正常の値を示す。後葉はT1強調像にて高信号を示しており、抗利尿ホルモンの貯留を反映していると考えられる。

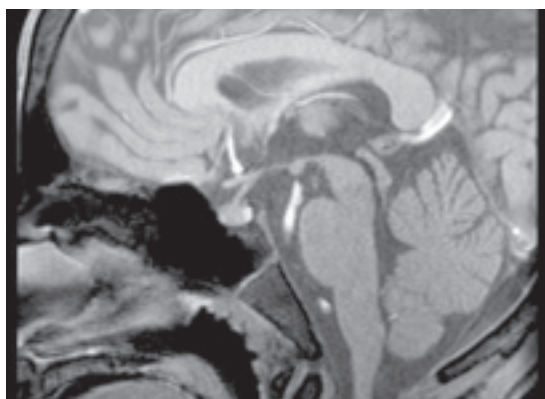


Fig.10 思春期の下垂体
14歳男性。下垂体前葉は上方に凸の形態を示し、全体的に丸い形を示す。前葉の高さは7mm。後葉を示すT1強調像高信号域は保たれている。

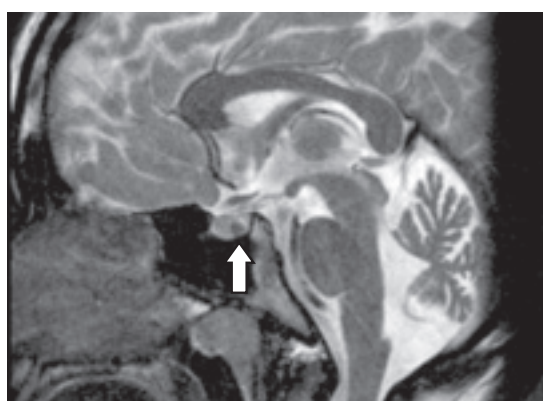
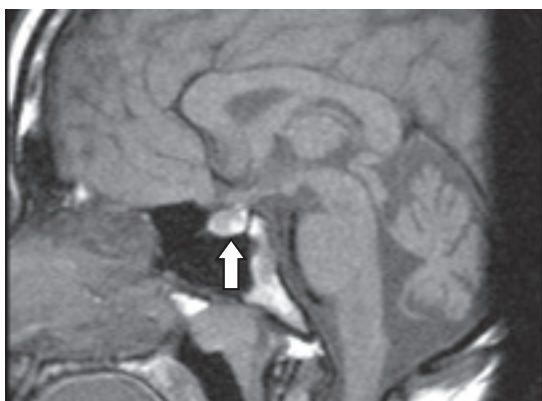


Fig.11 ラトケ嚢胞
15歳男性。下垂体前葉と後葉の間に、T1 強調像で高信号(a)、T2 強調像で低信号(b)を示す領域が認められる。ラトケ嚢胞を疑う所見である。他部位の頭蓋内精査で偶然見つかった。

a
b

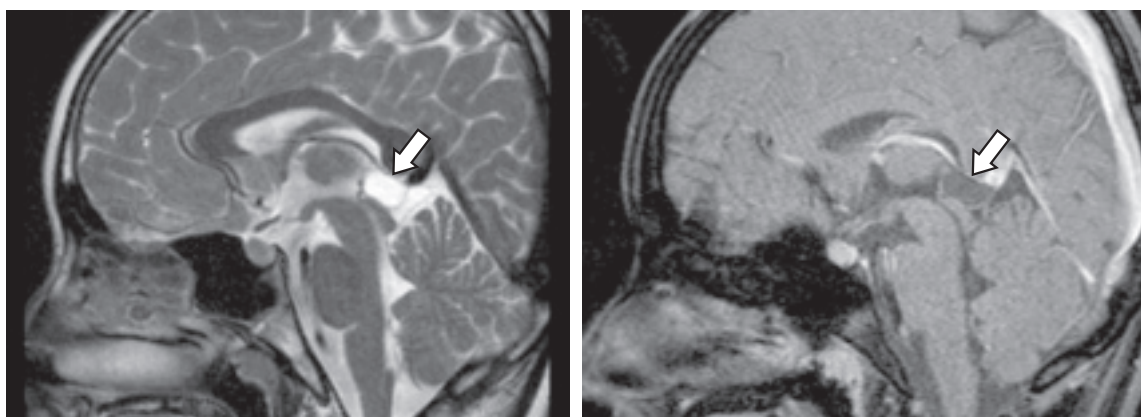


Fig.12 松果体嚢胞
12歳女性. 松果体部にT2強調像(a)で脳脊髄液と等信号を示す腫瘤を認める.
造影増強効果は認めない(b).

い、原因としてホルモンの影響や胎生期に存在する松果体内腔の遺残などが考えられている。内容液はT1強調像で脳脊髄液より等～やや高信号で、T2強調像で等～やや高信号、FLAIRでは高信号を示すことが多い。稀に出血を伴うことがある。嚢胞成分を主体とした松果体部腫瘍との鑑別が必要であるが、松果体嚢胞は一般に嚢胞壁は薄く(2mm以下)、造影増強効果はあっても血液脳関門を持たない正常松果体組織の増強効果がわずかに見える程度である(Fig.12)。

脳表・脳室

1. 乳児期の良性くも膜下腔拡大

(benign enlargement of subarachnoid spaces)

生後2～7か月頃に脳室やくも膜下腔が相対的に目立つ時期が見られ(Fig.13)、頭囲は正常上限を示すことがある。この所見は18か月頃まで続くことがあるが、2歳以降は正常範囲に戻る⁹⁾。特に前頭部や半球間裂前方、シルビウス裂で目立つが、左右対称性で全体的なバランスは保たれていることが特徴である。原因として、頭蓋骨発達と脳発達の不均衡、くも膜絨毛の成熟度の遅延によるくも膜下腔の拡大が考えられている。軽度の頭囲拡大(+2SD未満)の精査で偶然見つけられることが多いが、発達に伴う生理的なもので病的意義はない。

これとは別に病的なくも膜下腔拡大として、ACTH療法やステロイド療法、脱水、栄養失調、

悪性疾患に対する化学療法によるものなどがあり、これらのrule outは必要である。

2. 脳室正中過剰腔

透明中隔腔およびベルガ腔、脳室間腔(中間帆腔)がある。

透明中隔腔は両側側脳室の内側に2枚存在する透明中隔の間に存在する腔である(Fig.13a)。2枚ある透明中隔は胎児期には分かれており、満期～生後数週間で後方部位より癒合するが、その腔が遺残したものである。未熟児ではほぼ全例で見られ、満期新生児では80%で見られるとされる。成人で見られる頻度は2～4%程度である。透明中隔腔が後方へ進展したものをベルガ腔と呼ぶ(Fig.13b)。両者ともに脳室上衣で覆われているが、脳室系の一部ではない。近年は統合失調症との関係や大脳辺縁系の機能障害との関係がいくつか報告されている⁴⁾。

脳室間腔(中間帆腔)は両側の側脳室体部の間で、脳梁膨大部を底辺としてMonro孔後縁に頂点を結ぶ、三角形(おむすび型)の髄液貯留腔で、脳梁と第3脳室との間に形成される腔、すなわち中間帆が退化せずに残存したものである。ベルガ腔との鑑別点は、①透明中隔腔がないこと、②Monro孔よりも前方へは進展しないことである。10歳以下では約30%の頻度で見られるが、加齢とともに減少する。

3. 脳脊髄液の流れによるアーチファクト (CSF flow artifact)

脳脊髄液は心拍動の影響を受け、行ったり来たり (to-and-fro) の脈流を来している。Inversion pulse を受けていない脳脊髄液がスライス面に流

入してくると、FLAIRでは高信号として認められる (Fig.14)。また、T2強調像でも脳脊髄液の流れのために位相のばらつきが生じ、信号が低下することがある。このようなアーチファクトは脳脊髄液の流れの速い部位で出現しやすく、

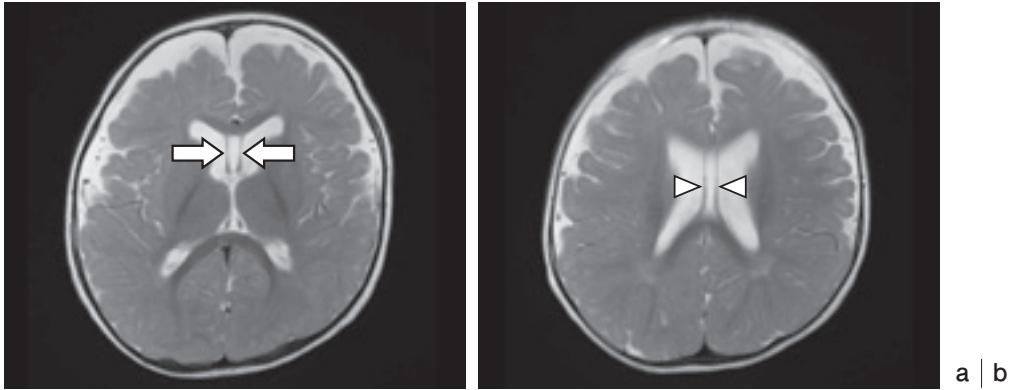


Fig.13 乳児期の良性くも膜下腔拡大，透明中隔腔・ベルガ腔
9か月児。脳室や前頭部の脳表のくも膜下腔が目立つが、生理的範囲内と考えられる。2枚の透明中隔の間に脳脊髄液と等信号を呈する腔があり，透明中隔腔と考えられる (a矢印)。これは後方へと進展し，ベルガ腔を形成している (b矢頭)。

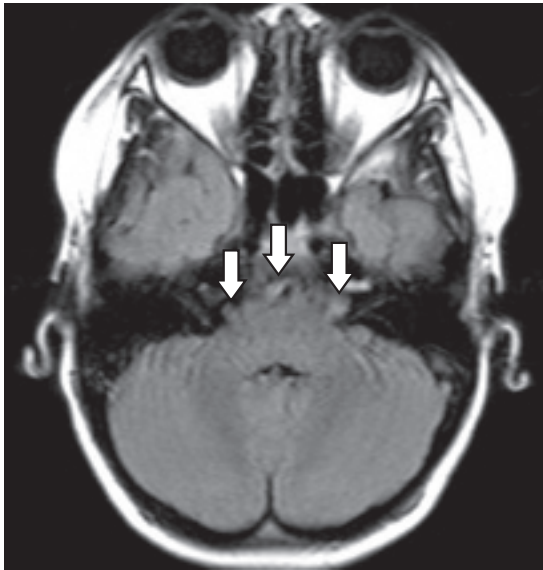


Fig.14 CSF flow artifact
10歳児。FLAIRで橋前槽に境界不明瞭な淡い高信号域を認める。他の sequence で異常なく，CSF flow artifactである。

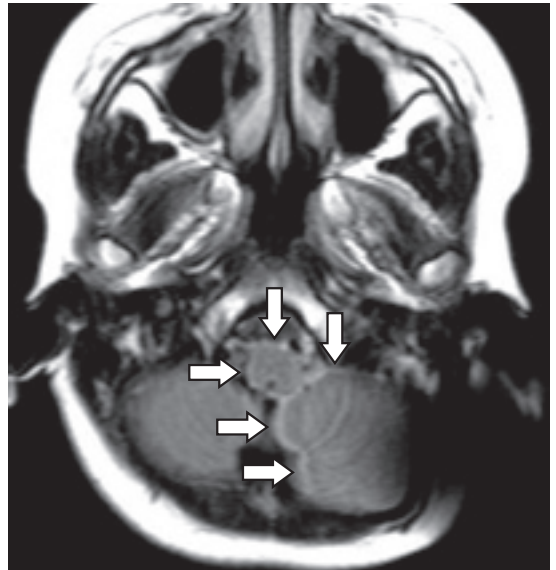


Fig.15 金属クリップによる artifact
14歳女性。大脳半球AT/RT治療後の経過観察で撮像したMRI。左側頭部にシャントバルブによる画像の歪みが生じている。FLAIRで延髄や左小脳半球表面に沿って高信号域を認めるが，こちらも他の sequence で異常なく，artifactである。

主に脳底動脈周囲の脳槽，両側側脳室のMonro孔付近，第3脳室，第4脳室内で見られる。くも膜下・脳室内出血や髄膜炎，播種性転移などが鑑別になるが，アーチファクトの場合は前述した好発部位に起こることと，境界が淡く不明瞭であること，他のsequenceでは異常を認めないことから区別可能である。

また，金属クリップや歯の充填物などの人工物により，FLAIRで脳脊髄液の信号を十分に抑制できずに，くも膜下出血様の所見を呈する場合があることも知っておく必要がある (Fig.15)。

頭蓋骨

1. 側頭骨錐体尖部の左右差

錐体尖の含気 (錐体尖蜂巢) には個人差が多く，約33%で含気が見られるとされ，約5～10%では含気が非対称に見られると報告されている¹⁰⁾。錐体尖の含気に左右差がある場合，錐体尖の骨髄が腫瘍性病変と誤診されることがある。CTがないと診断に悩むことがあるが，いずれのsequenceにおいても他部位の骨髄と同じ信号を呈することが診断の助けになる (Fig.16)。多くは脂肪髄の

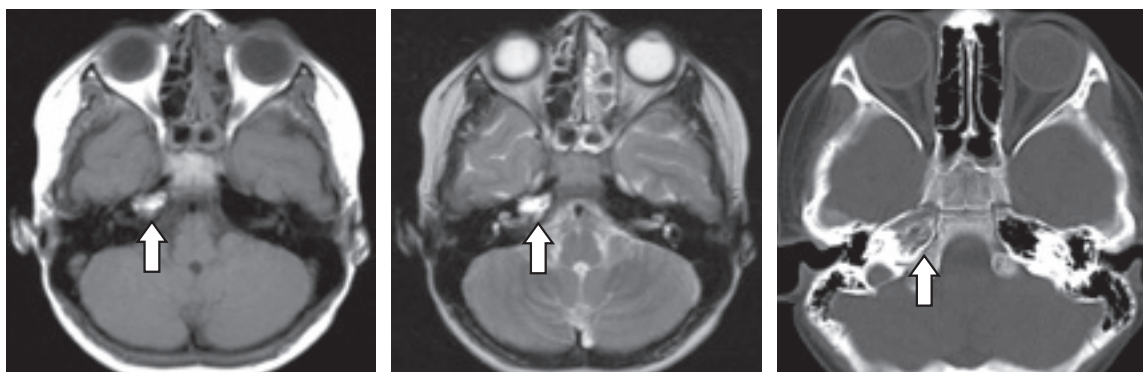


Fig.16 錐体尖部の左右差
7歳児。右錐体尖部はT1強調像(a)およびT2強調像(b)で脂肪髄と思われる高信号を示す。CT(c)で右錐体尖部の骨髄が認められ，左錐体尖部には含気(錐体尖蜂巢)が認められる。 a | b | c



Fig.17 遺残三叉動脈
10歳児。MRA元画像(a)およびMIP(b)にて，左内頸動脈海綿静脈洞部から分岐し，脳底動脈に吻合する血管を認める(矢印)。椎骨脳底動脈は低形成である。 a | b

信号を呈することが多く、脂肪抑制T1強調像にて信号低下を来す.“leave me alone lesion”として報告されており、病的意義はない。

脳動脈

1. Willis 動脈輪

完全型をしたWillis 動脈輪は約60%で、一側の前大脳動脈A1や、一側ないし両側の後大脳動脈P1、後交通動脈はしばしば低形成ないし欠損を呈する。その場合、欠損部位より遠位の血流はWillis 動脈輪を構成する他の動脈からの支配を受けている。よって、MRAでいずれかの動脈が部分的に認められなくても、直ちに異常と判断してはいけない。なお、P1が欠損ないし細い場合は、胎児型 (fetal type) 分岐の後大脳動脈と呼ぶ。

2. 頸動脈－椎骨脳底動脈吻合

胎生早期に前方の原始的な頸動脈系と後方の原始的な椎骨脳底動脈系との間に存在する吻合が、正常に退縮せずに遺残したものを呼ぶ。頸動脈－椎骨脳底動脈吻合には数種類あるが、最も頻度が高いのは遺残三叉 (神経) 動脈で、内頸動脈の海綿静脈洞部から分岐して、脳底動脈のやや遠位側寄りに吻合する (Fig.17)。この吻合動脈が大きいほど、椎骨脳底動脈は低形成である。外側型と内側型があり、内側型はトルコ鞍内を走行するので、経蝶形骨洞的下垂体手術時にリスクとなる¹¹⁾。

おわりに

小児の頭部画像で比較的多く見られる正常変異やアーチファクトについて、代表的な画像を提示し、解説を行った。正常変異は他にも多くのものが存在し、とても全ては解説できていないが、日常の読影において悩ましいものがあれば正常変異の可能性はないか今一度確認する習慣をつけることが望まれる。

●文献

- 1) Kitamura E, Miki Y, Kawai M, et al : T1 signal intensity and height of the anterior pituitary in neonates: correlation with postnatal time. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008 ; 29 : 1257-1260.
- 2) Taoka T, Aida N, Ochi T, et al : Transient hyperintensity in the subthalamic nucleus and globus pallidus of newborns on T1-weighted images. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011 ; 32 : 1130-1137.
- 3) Jeon TY, Kim JH, Yoo S-Y, et al : Neurodevelopmental Outcomes in Preterm Infants: Comparison of Infants with and without Diffuse Excessive High Signal Intensity on MR Images at Near-term-equivalent Age. *Radiology* 2012 ; 263 : 518-526.
- 4) Epelman M, Daneman A, Blaser SI, et al : Differential Diagnosis of Intracranial Cystic Lesions at Head US : Correlation with CT and MR Imaging. *Radiographics* 2006 ; 26 : 173-196.
- 5) Rooks VJ, Eaton JP, Ruess L, et al : Prevalence and evolution of intracranial hemorrhage in asymptomatic term infants. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008 ; 29 : 1082-1089.
- 6) Huang AH, Robertson RL : Spontaneous superficial parenchymal and leptomeningeal hemorrhage in term neonates. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004 ; 25 : 469-475.
- 7) Kwee RM, Kwee TC : Virchow-Robin Spaces at MR Imaging. *Radiographics* 2007 ; 27 : 1071-1086.
- 8) Elster AD, Chen MY, Williams DW, et al : Pituitary gland : MR imaging of physiologic hypertrophy in adolescence. *Radiology* 1990 ; 174 : 681-685.
- 9) Barkovich AJ : Benign enlargement of subarachnoid spaces in infants. *Pediatric neuroimaging (5th)*, Ed by Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia, 2012 : p838-840.
- 10) Radhakrishnan R, Son HJ, Koch BL : Petrous apex lesions in the pediatric population. *Pediatric Radiol* 2014 ; 44 : 325-339.
- 11) 内野晃 : 知っておきたい頸部～頭部動脈破格。MRAとCTAの読影が楽しくなる!。東京、金原出版, 2015.