



Journal of Japanese Society of Pediatric Radiology

JJSPR
VOL.32 NO.1
2016

Edited by

Editor in Chief : Tatsuo KONO, M.D.

Editorial Board :

Takashi DOI, M.D.

Mikiko MIYASAKA, M.D.

Yutaka TANAMI, M.D.

Hiroshi KAMIYAMA, M.D.

Naoki SHIMOJIMA, M.D.

Yoshiki YOKOYAMA, M.D.

CONTENTS

Special Articles

Normal variants, Pseudolesions, Borderline lesions and Artifacts in Pediatric Diagnostic Imaging

- Introduction Eiji Oguma 3
1. Normal development, variants and artifacts in pediatric brain imaging
..... Mikako Enokizono, et al. 4
2. Artifacts and normal variations in pediatric imaging –Chest and cardiovascular area–
..... Yutaka Tanami, et al. 14
3. Normal variants, pseudolesions, and artifacts in diagnostic abdominal imaging
..... Mikiko Miyasaka 22
4. Pediatric skeletal radiology ; Normal variation, growth, and development
..... Takahiro Hosokawa, et al. 33
5. Physiological development and pitfalls on bone scan,
renal scintigraphy and ¹²³I-MIBG scintigraphy Mayuki Uchiyama 44

Original Article

- Usefulness of preoperative renal scan in
children before laparoscopic nephroureterectomy
..... Takayuki Masuko, et al. 55



目 次

理事長挨拶 相田典子 表2

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

特集を企画するにあたって 小熊栄二 3

1. 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，他 4

2. 胸部心大血管領域のアーチファクト，正常変異 田波 稔，他 14

3. 腹部領域の正常変異，偽病変と，アーチファクト 宮坂実木子 22

4. 小児の骨軟部系の特徴 細川崇洋，他 33

5. 骨シンチグラフィ，腎シンチグラフィおよび
¹²³I-MIBG シンチグラフィの生理的発達とピットホール 内山真幸 44

原 著 論 文

腹腔鏡下腎・尿管摘除術の術前検査における
腎静態シンチグラフィの有用性の検討 益子貴行，他 55

平成27年度 第3回日本小児放射線学会 理事会 59
平成27年度 第4回日本小児放射線学会 理事会 62

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

Normal variants, Pseudolesions, Borderline lesions and
Artifacts in Pediatric Diagnostic Imaging

特集を企画するにあたって

小熊 栄二

埼玉県立小児医療センター 放射線科

Eiji Oguma

Department of Radiology, Saitama Children's Medical Center

成書での画像所見の記載が豊富な典型的疾患については初学者でも比較的診断が容易であるが，正常と疾患の間にたゆたう，不定型な，もやもやとした未開拓地である正常変異から境界病変といった領域は，それに通暁するには相当な経験を要する．初学者の戸惑いや経験者でも小児になじみのない先生にとっては躓きの基となりかねない正常と異常の間に存在するこれらのグレーゾーンを踏み固めるために今回の特集を企画した．

正常変異，偽病変，境界病変，アーチファクト，これら正常から典型的な病的所見の間のグレーゾーンに位置する様々な画像所見について，代表的では是非承知しておくべきものについて，頭部，胸部・心大血管，腹部，骨軟部，核医学と，領域とモダリティ別に，気鋭の先生方によって5編の総説をお纏めいただいた．本特集によって躓きの石のいくつかが確実に取り除かれるものと思われる．

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り(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⁾.

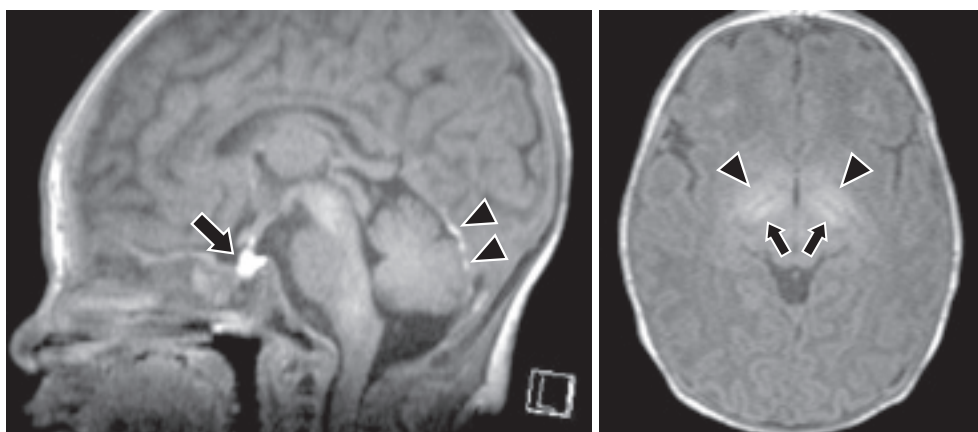


Fig.1 新生児の正常下垂体，視床下核，淡蒼球
満期産児，日齢5.

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.

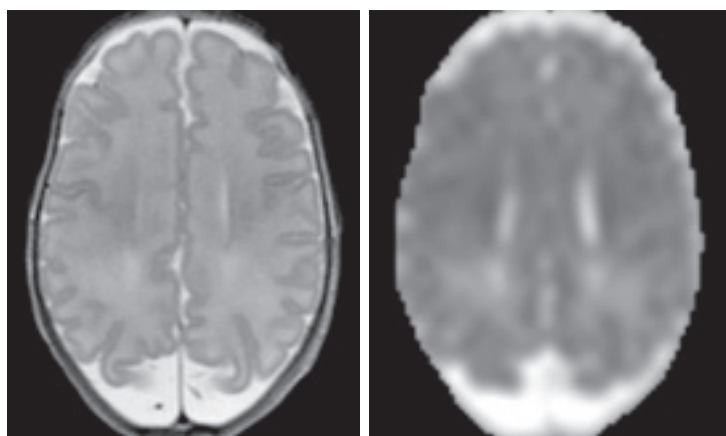


Fig.2
早期産児の修正満期相当時のMRI

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)。

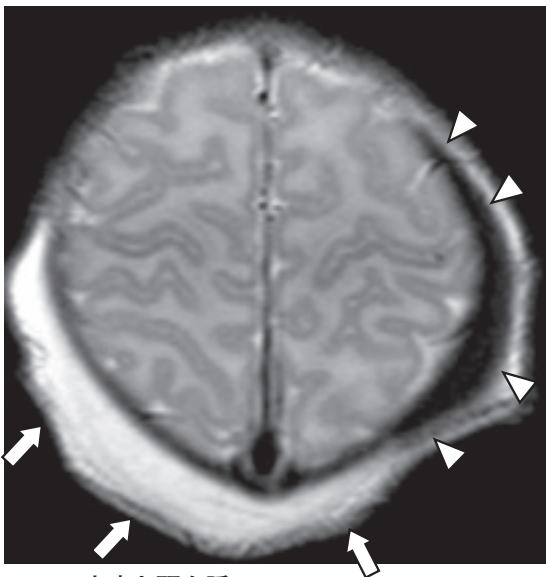


Fig.4 産瘤と頭血腫
満期産児。頭頂部に骨縫合を越える皮下組織の腫脹と浮腫を認め、産瘤である (矢印)。左頭頂骨には骨縫合を越えない、T2強調像で低信号を示す急性期の血腫があり (矢頭)、頭血腫と考える。

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

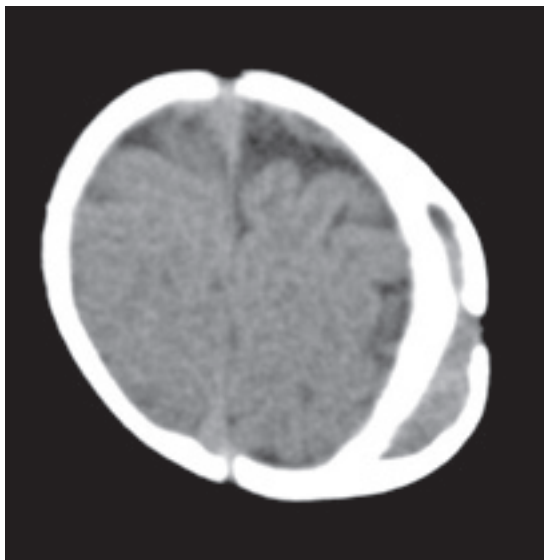


Fig.5 頭血腫の骨化
生後2か月児。左頭頂骨外側に長径約6cmの範囲にかけて骨縫合を越えない骨化を認める。内部はやや高吸収と低吸収がまだらに混在する軟部濃度を呈する。臨床経過もあわせ頭血腫の骨化が考えられた。

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

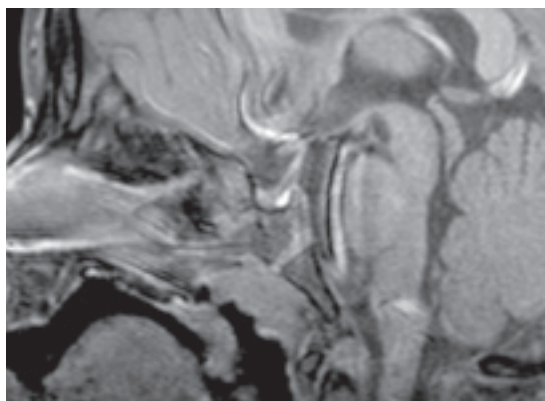


Fig.9 幼児期の下垂体
3歳男児。下垂体前葉の高さは4mmと正常の値を示す。後葉はT1強調像にて高信号を示しており、抗利尿ホルモンの貯留を反映していると考えられる。

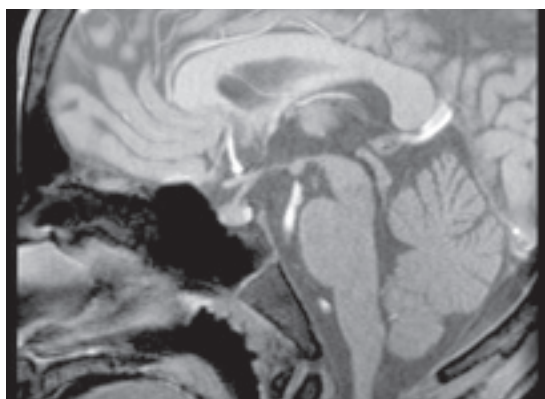


Fig.10 思春期の下垂体
14歳男性。下垂体前葉は上方に凸の形態を示し、全体的に丸い形を示す。前葉の高さは7mm。後葉を示すT1強調像高信号域は保たれている。

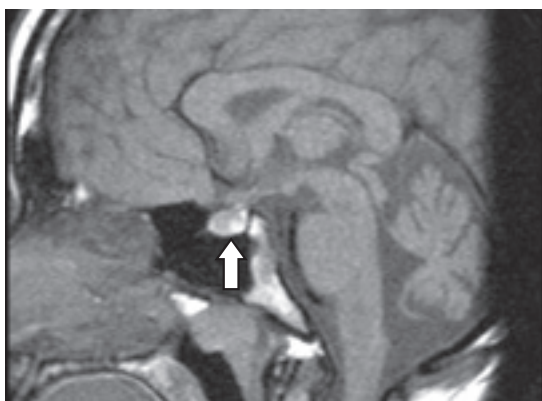


Fig.11 ラトケ嚢胞
15歳男性。下垂体前葉と後葉の間に、T1 強調像で高信号(a)、T2 強調像で低信号(b)を示す領域が認められる。ラトケ嚢胞を疑う所見である。他部位の頭蓋内精査で偶然見つかった。

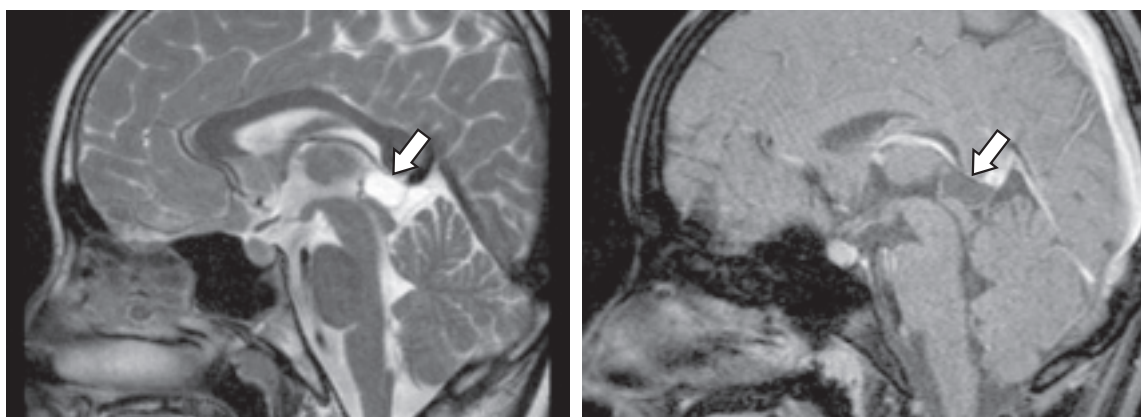


Fig.12 松果体嚢胞
12歳女性. 松果体部にT2強調像(a)で脳脊髄液と等信号を示す腫瘤を認める.
造影増強効果は認めない(b).

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、

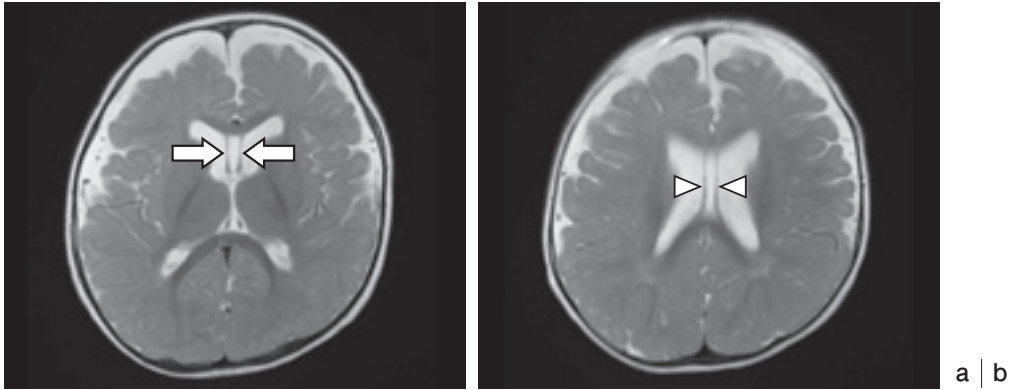


Fig.13 乳児期の良性くも膜下腔拡大，透明中隔腔・ベルガ腔
9か月児。脳室や前頭部の脳表のくも膜下腔が目立つが、生理的範囲内と考えられる。2枚の透明中隔の間に脳脊髄液と等信号を呈する腔があり，透明中隔腔と考えられる (a矢印)。これは後方へと進展し，ベルガ腔を形成している (b矢頭)。

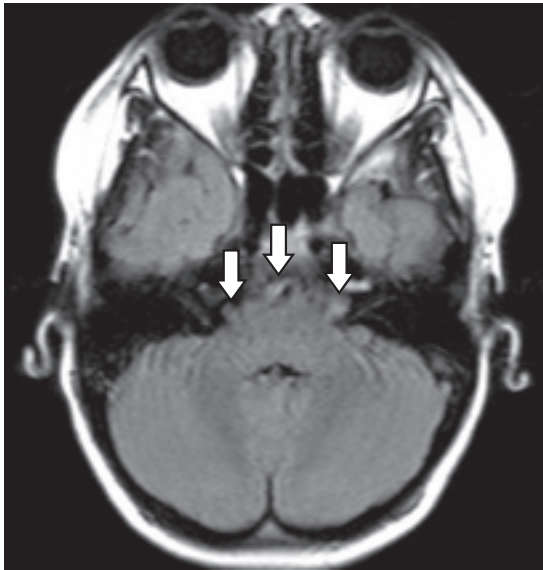


Fig.14 CSF flow artifact
10歳児。FLAIRで橋前槽に境界不明瞭な淡い高信号域を認める。他の sequence で異常なく，CSF flow artifactである。

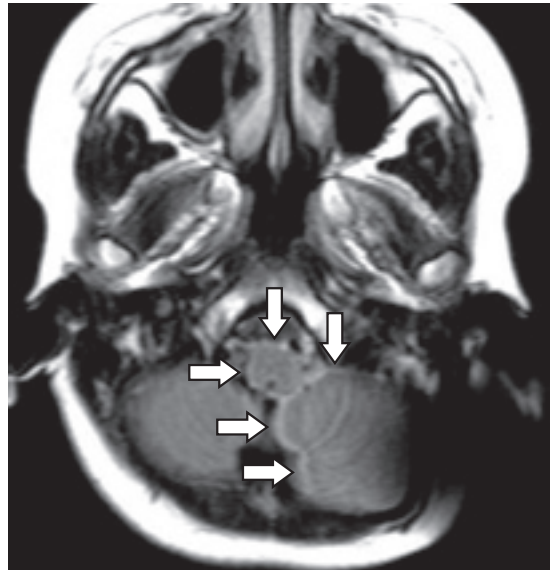


Fig.15 金属クリップによる artifact
14歳女性。大脳半球AT/RT治療後の経過観察で撮像したMRI。左側頭部にシャントバルブによる画像の歪みが生じている。FLAIRで延髄や左小脳半球表面に沿って高信号域を認めるが，こちらも他の sequence で異常なく，artifactである。

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

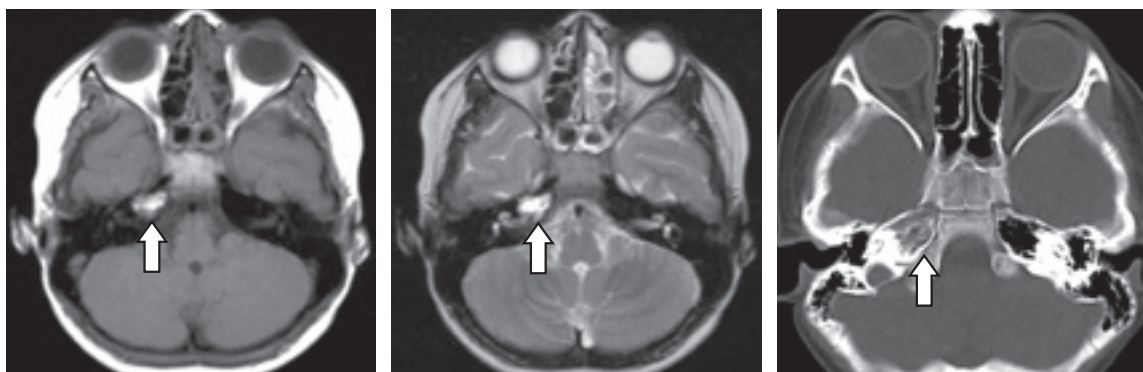


Fig.16 錐体尖部の左右差
7歳児。右錐体尖部はT1強調像(a)およびT2強調像(b)で脂肪髄と思われる高信号を示す。CT(c)で右錐体尖部の骨髄が認められ，左錐体尖部には含気(錐体尖蜂巢)が認められる。 a | b | c



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. *Pediatr 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.

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

胸部心大血管領域のアーチファクト, 正常変異

田波 穰, 細川崇洋, 佐藤裕美子, 白田 剛, 小熊栄二

埼玉県立小児医療センター 放射線科

Artifacts and normal variations in pediatric imaging – Chest and cardiovascular area –

Yutaka Tanami, Takahiro Hosokawa, Yumiko Sato, Go Shiota, Eiji Oguma

Department of Radiology, Saitama Children's Medical Center

Abstract

Misdiagnosis in pediatric imaging is not an uncommon event. Practical and technical challenges occur when imaging infants and children, presenting clinicians and research teams with a unique set of problems. These include procedural difficulties (e.g., participant anxiety or movement restrictions), technical obstacles (e.g., availability of child-appropriate equipment), and the challenge of choosing the most appropriate analysis methods for pediatric imaging. Artifacts are false images, or parts of images, that do not represent true anatomic structures. Physicians should have a basic understanding of the physical principles of imaging artifacts to make a correct interpretation of pediatric images. Moreover, if physicians are not familiar with common normal anatomical variants, they can easily be mistaken for pathology. Here, we first review some of the most common artifacts encountered in pediatric imaging. Second, we will summarize and review normal variations of trachea, lung and great vessels.

Keywords : *Artifact, Normal variation, Pediatric imaging, Chest, Cardiovascular*

はじめに

小児の画像検査は実に多くのバリエーションが存在する。その理由としては、体格が様々である事、検査時のアーチファクトが多い事、多数の正常変異が存在する事などがあがる。特に、学童期以下の年齢では検査への理解が十分でない、長時間の検査に耐えられない、検査室の環境に影響されやすいといった特徴があるため、時に体動によるアーチファクトのために検査自体が成立しない場合がある。また、乳幼児では胸腺の存在や気管の柔軟性などが、胸部の画像

診断に大きな影響を与える。本稿では胸部画像診断における比較的頻度の高いアーチファクトについてまず取り上げ、次に気管、肺、大血管の正常変異について述べる。

各検査におけるアーチファクト

アーチファクトとは技術上の原因や被写体の動きなどによって人体情報以外の陰影が発生する疑似画像である。小児領域ではさまざまなアーチファクトを伴い、これらが読影上問題となる

事がある。胸部大血管領域で使用される画像検査は主に単純X線写真、CT、MRIである。心臓に関しては小児循環器科により超音波検査が行われており、放射線科がその過程に携わる場合は少ない。また、核医学検査は別項が設けられているため、本稿では割愛する。

1) 胸部単純X線写真

胸部単純X線写真は新生児、乳児の画像診断において最初に行われることが多い画像検査であるが、新生児、乳児の胸部単純X線像は撮影条件が良好な場合はむしろ少なく、様々な因子が画像に影響を与える¹⁾。胸部単純X線写真で臨床問題となるのは呼気相撮影、体位や撮影時の位置決めの影響、患児の胸郭のねじれの影響、皮膚など体外のアーチファクトなどがある。呼気相に撮影された写真では、肺野は全体に透過度が減少する (Fig.1)。また、心胸郭比も呼吸相により異なり、呼気相では心胸郭比が増大する。

これらの所見から心拡大や無気肺との鑑別が問題となる場合がある。第8肋間よりも頭側に横隔膜が位置する場合には呼気相撮影が疑われるが、一枚の写真で横隔膜の位置を議論するよりも複数の写真を比較し、臨床的な症状と関連させながら読影やカンファレンスを行う事が肝要である。また、横隔膜挙上の原因がない事や正しい姿勢での撮影が行われていることをチェックする事も必要である。焦点フィルム間距離の短いポータブル装置で仰臥位の撮影を行うと、心臓は球状に大きく投影され、心胸郭比は相対的に大きくなる。また肋骨で形成される骨性胸郭の上方に鎖骨が投影され、後方の肋骨が水平に描出される。

患児の体位や撮影時の位置決めも所見に影響する。例えば、患児が反り返ったり、照射野の中心が胸部よりも下に設定されているとX線ビームが体の水平面からずれて前下方から後ろ上方へと抜け、肺尖撮影に似た像を呈する。鎖

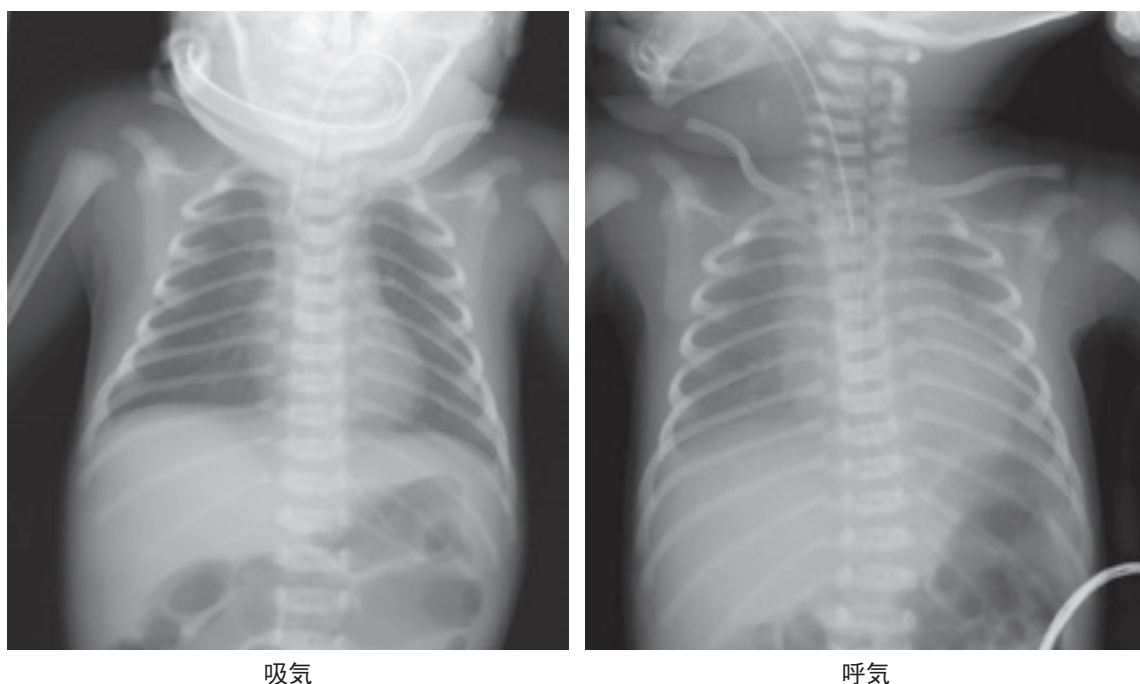


Fig.1 4日 女児 吸気相、呼気相による変化

同日に撮影された新生児の胸部単純X線写真であり、呼吸状態などに大きな差はなかった。吸気相では、肺野は全体に透過度が減少し心胸郭比が増大する。

骨は肺尖より上方に投影され、横隔膜も高位に写る。また、肋骨は写真上、水平に走り、心尖は拳上して見え、フォロー四徴症などの心疾患と類似した心陰影を呈する事がある。

また体の回転やねじれによる縦隔陰影や胸郭の見かけの変形も診断上問題となることがある。例えば右前斜位気味となった場合の右肺野はX線透過性を増し、縦隔陰影はその側に突出する。胸郭が変形していない患児の胸部単純X線写真で椎体の棘突起と鎖骨または肋骨の前端の距離が左右対称でなければ距離の大きい方へ体が回転していると考えられる。

体外の構造もアーチファクトの原因となる(Fig.2)。例えば、臥位や背臥位の状態でもダブル撮影を行う場合に、ベッドと皮膚との間にカセットを差し込んだ状態で撮影を行う。新生児では皮下脂肪組織が少なく、この時に皮膚面にしわが寄った状態で撮影を行うと線状のアーチファクトとして認められる場合がある。肺内

他の気管支や血管陰影、横隔膜、心胸腺陰影、肋骨などと無関係に肺野の外まで走行すれば、アーチファクトと認識可能である。

心臓の収縮期、拡張期によって年長児、成人では心臓の大きさに差が目立つが、新生児ではその差は小さい。また出生後の循環血液量の変化も心胸郭比に影響を及ぼす。例えば、生後24時間まで心陰影は縮小し、生後4日頃に正常範囲となるが、これは生理的体重減少に並行する変化である。心臓の長軸方向の回転によっても心横径は変化する。心臓の長軸は矢状断面から約45度傾いているが、時計方向の回転ではこの角度が大きくなり、正面像で心横径が大きくなり、側面像では小さくなる。反時計方向の回転では逆に矢状断面からの角度が小さくなり、正面像では心横径が小さくなる。心臓のrotationによる心陰影の変化は特定の心腔の拡大を生じる先天性心疾患や漏斗胸などの胸郭異常でよく認められる。

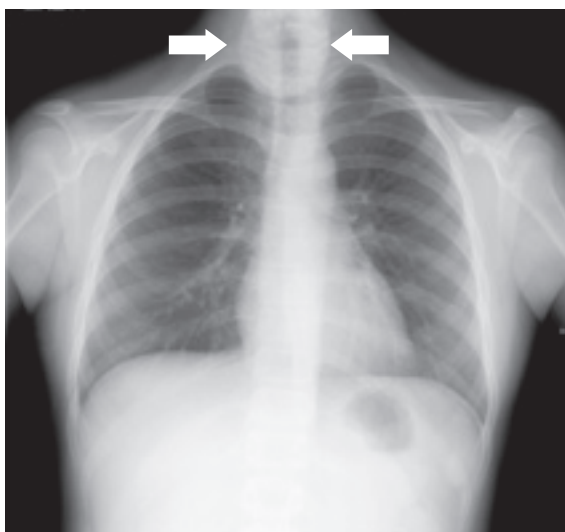
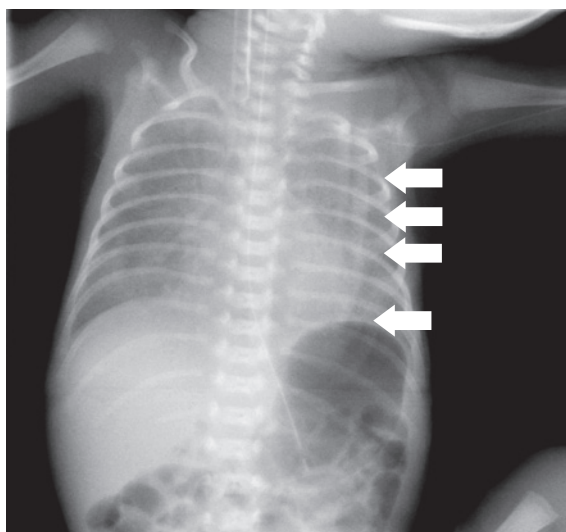


Fig.2 皮膚や髪の毛など体外の構造が胸部単純X線写真に写りこむことによりアーチファクトとなる。

a: 8日 女児 皮膚によるアーチファクト

b: 12歳 女児 髪の毛によるアーチファクト

a | b

2) CT

CTでのアーチファクトの原因としては物理的な要因、患者要因、スキャナー機能の欠陥に起因するもの、再構成によるものに大別される。小児領域で最も頻度高く問題となるのは、動きによるアーチファクトである。小児、特に乳幼児では心拍数が高く、吸気位保持も困難な場合が少なくない。近年心電図同期CTが普及してきたが、肺野の撮像範囲は広く、呼吸同期の困難さもあって、成人のように息止めした状態で心電図同期撮影を行える症例は限定される。心電図同期CTの適応としては冠動脈起始異常や川崎病など冠動脈疾患が多い。

3) MRI

MRIは被ばくがない事や造影剤を用いない状態でもコントラスト分解能が高い事、流速の定量評価が可能である事など多くのメリットを有しているが、解剖学的情報を得る点ではMDCT

が優れた診断能を有する事からMRIの適応が限定されているのが現状である。ファロー四徴症の術後の右室機能評価は超音波検査が困難な領域の一つであり、MRIによる重要なターゲットとなっている。最終的にはMRIのアーチファクトは測定された流速や心室容積の計測の信頼性に影響する。

撮影時点では金属によるアーチファクトが問題となる場合が多い (Fig.3)。MRIで注意が必要な金属は体内電子機器、体内金属、体外金属に分けられる。その内、体内電子機器、体内金属に関しては依頼医により検査施行前にチェックが行われているが、例えば気管内カニューレや脳室腹腔シャントのバルブなどで表面からの観察では金属の存在がわからないにも関わらず、大きなアーチファクトの原因となるものがある。また、体外金属のチェックは説明を受けた患者家族により行われる場合が多く、時として問題となる。



Fig.3 1歳 男児 体外金属によるMRIのアーチファクト

症例は金属を使用した気管カニューレを交換しない状態でスカウト画像が撮影されたMRIである。最初の撮影の時点で担当放射線技師が異常に気づき、検査を中止としたが、外部からの観察では金属を使用していたものであるとはわからず、また家族も気管カニューレについて十分な説明を受けていなかった。このように、アーチファクト自体が体外の金属異物の存在を示す場合がある。

正常変異

1) 胸腺

胸腺は生下時には平均10～15gの重量があり、生後2週までに約半分になり、その後生後6か月までに20～25gに増加する。心拡大と胸腺肥大の鑑別は重要であるが、時として胸部X線像のみでは両者の鑑別は不可能な場合があり、超音波検査が有用である。これは新生児では大動脈、肺動脈の高さが近く、さらに心基部あるいは心陰影全体が胸腺陰影に重なる事が多いためである。

胸部X線像での胸腺陰影の形態的特徴について以下に述べる (Fig.4)。

- A) 胸腺は非常に柔らかい組織で、肋骨によって圧迫されると側方縁が波状を呈することがある (thymic wave sign)。
- B) 胸腺は非対称で境界は比較的明瞭である。右葉は一般に左葉より大きく、心陰影右縁を形成する事もあるが、下縁は明瞭でいわゆる sail sign を呈する事がある。
- C) 拡大しているかに見える心陰影に胸腺が含まれる場合、その陰影が上縦隔から連続して、sail sign などの明らかな所見がなくとも、心陰影の下方では心臓の境界で段差や陥凹が認められる事がある。

D) 胸腺組織は前縦隔を占めるが、心臓を後方へ偏倚させることはない。

胸腺の陰影は肺のどの区域にも一致せず、陰影に重なって正常の肺血管影が認められる。胸腺陰影と心拡大の鑑別点としては心陰影の前後径が増加していない事、側面像で胸骨後方の肺野を占める軟部陰影が存在する事が挙げられる。

CT, MRI 上、胸腺は平滑な辺縁を有し、内部均一な前縦隔の軟部陰影として認められる。小児では辺縁が外側に凸である事が多い。正常の胸腺は気管、気管支、大血管を圧排せず、むしろ他の構造に合わせて変形する。

2) 気管、気管支

小児の気管は胸郭に比較して長く、しばしば呼気時に右に偏倚して認められ、気管の buckling と呼ばれる。肺が呼吸に伴い伸縮する際に、固定されていない気管遠位部が移動するためと考えられており、5歳ごろまでの乳幼児では正常所見である。頻度は1歳未満では68%、1～2歳では50%、2～3歳では25%、3～4歳では15%、4歳以降では6%と報告されている²⁾。正常では前方及び右への偏倚の頻度が多く、後方及び左への偏倚は通常認められない。

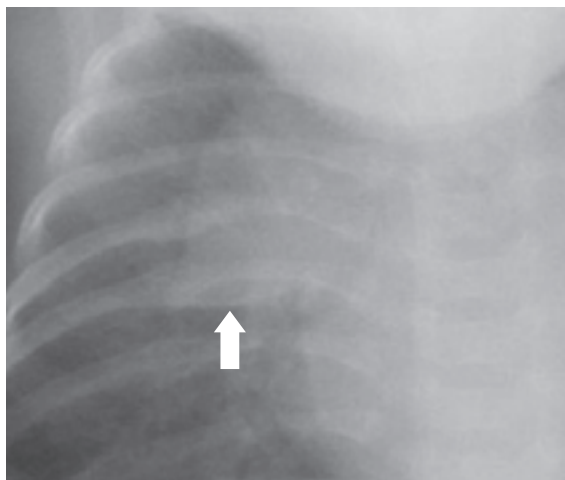
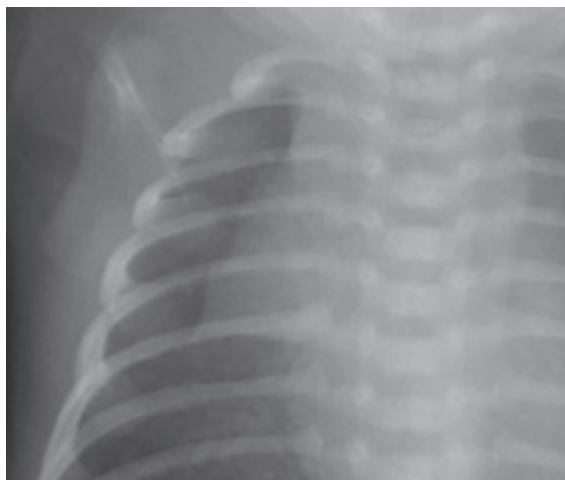


Fig.4 正常胸腺

a: 19日 男児 Thymic wave sign

胸腺が肋骨によって圧迫され、側方縁が波状を呈している。

b: 4か月 男児 Sail sign

右葉下縁は明瞭でsail signを呈している。

a | b

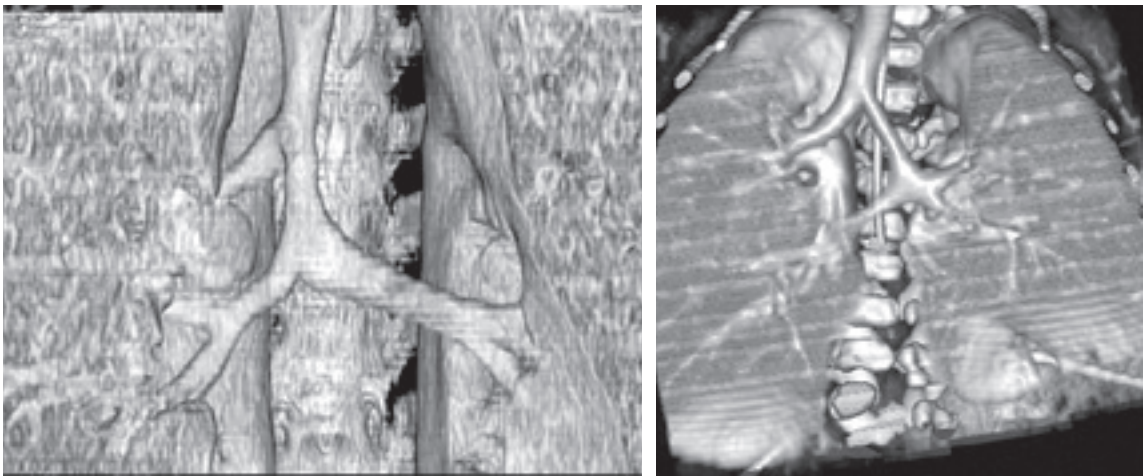


Fig.5 気管の分岐異常

a: 17歳 女児 気管気管支

気管から上葉に直接分岐する気管支が認められる。

b: 4日 女児 Bridging bronchus

右中葉と下葉の気管支は左主気管支の内側から分岐し、縦隔を通り越して右側に向かう。

a | b

気管気管支の正常変異は主として分岐異常である^{3~5)} (Fig.5)。分岐異常は、欠損(肺実質の欠損を伴う)、閉鎖(気管支は途絶するが、末梢肺実質と末梢気管支は存在する)、過剰(正常より数が多い分岐)、位置異常(分岐する位置の異常)、不規則分岐(正常とは異なる分岐異常、Scimitar症候群などの肺低形成との合併が多い)、左右相同に分類される。胸部単純X線写真正面像で気管が確認できない場合には気管狭窄を疑い、側面像で確認する事が重要である。気管支造影、気管支鏡検査、CT検査により区域枝から亜区域枝レベルの1~12%程度に正常変異が報告されているが、多くの場合、临床上は問題にならない。

気管気管支は、広義の気管気管支は気管あるいは主気管支から上葉に直接分岐する気管支の正常変異群である。分岐するのは葉気管支全体、区域枝、亜区域枝など様々なパターンがある。狭義の気管気管支は気管支が気管分岐上2~6cmの範囲内から分岐するものとされる。特に右上葉気管支全体が、気管から直接分岐するタイプはpig bronchusと呼ばれる。右側に多いが、左側あるいは両側に分岐する場合もある。たいていは無症状で画像診断時に偶然発見されるが、時に繰り返す肺炎の原因となりうる。

Bridging bronchusは右中葉と下葉の気管支の稀な分岐異常である。右中葉と下葉の気管支は主気管支の内側から分岐し、縦隔を通り越して右側に向かう。Bridging bronchusはpulmonary artery slingの80%に合併し、気管狭窄との合併も知られている。

Accessory cardiac bronchusは右主気管支や中間気管支幹から内側へ分岐する過剰気管支で心臓方向に向かって走行する1~5cm程度の構造である。正常な気管支粘膜及び軟骨を有し、憩室とは区別される。先端は盲端であることが最も多いが、奇静脈食道陷凹に、右肺下葉と区別される細気管支や痕跡的な肺小葉組織を有する場合がある。多くは無症状で偶然発見されるが、咳や血痰の原因になりうる。

3) 肺

左肺は二葉、右肺は三葉ありそれぞれ大葉間裂、小葉間裂により境界されている。大葉間裂及び小葉間裂が十分に形成されない場合には分葉不全と呼ばれ、手術時に問題となる。葉間裂には正常変異が多く、奇静脈間裂以外に上副葉間裂、下副葉間裂、左小葉間裂などが時に認められる⁶⁻⁷⁾。正常の奇静脈は胸郭入口部からまず

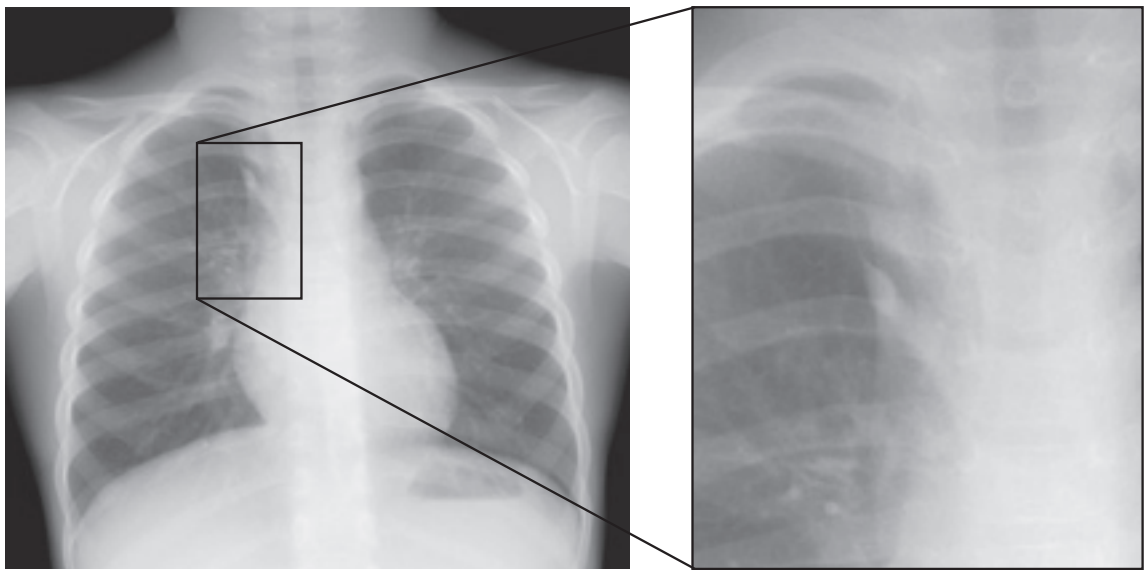


Fig.6 4歳 男児 奇静脈葉

奇静脈により区切られた区域を奇静脈葉，奇静脈の走行に伴って認められる葉間裂を奇静脈葉裂と呼ぶ。

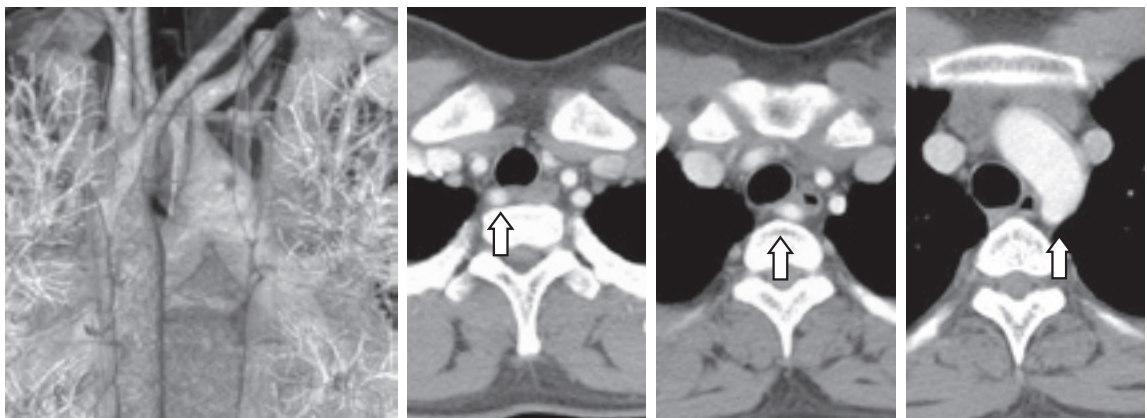


Fig.7 18歳 男児 右鎖骨下動脈起始異常

右鎖骨下動脈起始異常は Edwards の重複大動脈では右総頸動脈と右鎖骨下動脈の間に断裂を生じたもので，大動脈弓の正常変異で最も多い．大動脈弓から右総頸動脈，左総頸動脈，左鎖骨下動脈，右鎖骨下動脈の順に分岐する．

a：背側から観察した volume rendering image

透亮像として描出されている気管の背側を右鎖骨下動脈が走行している．

b～d：胸郭乳口部から大動脈弓部レベルまでの CT 横断像

右鎖骨下動脈が食道の後方を通り，右側へ向かう．このため，食道後縁に圧痕像を伴う．この症例では左上大静脈遺残も認められる．

a | b | c | d

内側に移動、のちに下降して上大静脈背側に位置する。最初の内側の移動が不十分な状態で下降に移動すると肺が奇静脈により区切られた状態になる。奇静脈により区切られた区域を奇静脈葉、奇静脈の走行に伴って認められる葉間裂を奇静脈葉裂と呼び、約0.2%の頻度で認められると報告されている(Fig.6)。下副葉間裂は約5%の頻度で胸部単純X線写真にて認められ、下葉内で上下に走行する。上副葉間裂は比較的稀な副葉間裂であり、下葉の頭側を横走する。下副葉間裂と異なり、横走する事から側面像でも同定可能である。

4) 大動脈弓部

大動脈弓部の奇形は発生と関連し、Edwardsの理論的重複大動脈弓による分類が主流である⁸⁻¹⁰⁾。原始大動脈弓のどの部分にも断裂、退縮が起こらなかったものは重複大動脈弓と呼ばれ、気管と食道はこの血管輪に囲まれる。乳幼児期に喘鳴、咳嗽、呼吸困難などの気管圧迫症状で発見されることが多いが、無症状の事もある。通常は右側弓が優勢であり、胸部X線写真では気管透亮像は正面像で不明瞭、側面像で背側からの圧痕像が認められる。Fig.7では頻度の高い右鎖骨下動脈起始異常の症例を提示する。

まとめ

本稿では小児領域における胸部心大血管領域のアーチファクト、正常変異について概説した。本稿が少しでも皆様の明日からの臨床にお役に立てれば幸いである。

●文献

1) 仁志田博司, 河野 敦, 編集: 第5章 胸部正常像とバリエーション及び解剖学的解説. 新生児, 乳児の臨床画像診断. 東京, 医学書院, 1999, p112-115.

2) Chang LW, Lee FA, Gwinn JL : Normal lateral deviation of the trachea in infants and children. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1970 ; 109 : 247-251.

3) 荒木 力, 原 裕子, 編著: 気管支分岐異常. 画像診断別冊 KEY BOOKシリーズ すぐわかる小児の画像診断. 東京, 学研メディカル秀潤社, 2001, p206-207.

4) Ghaye B, Szapiro D, Fanchamps JM, et al : Congenital bronchial abnormalities revisited. Radiographics 2001 ; 21 : 105-119.

5) McGuinness G, Naidich DP, Garay SM, et al : Accessory cardiac bronchus: CT features and clinical significance. Radiology 1993 ; 189 : 563-566.

6) Suwatanapongched T, Bua-Engam C, Sukkasem W, et al : Visibility and variability of pleural fissures on normal digital chest radiographs of 1,000 healthy adults. Jpn J Radiol 2015 ; 33 : 201-209.

7) Hayashi K, Aziz A, Ashizawa K, et al : Radiographic and CT appearances of the major fissures. Radiographics 2001 ; 21 : 861-874.

8) 仁志田博司, 河野 敦, 編集: 第6章 心・大血管 胸部X線正常像とバリエーション及び解剖学的解説. 新生児, 乳児の臨床画像診断. 東京, 医学書院, 1999, p144-150.

9) 山岸敬幸, 白石 公, 編集: 大動脈弓の発生とその異常. 先天性心疾患を理解するための臨床心臓発生学. 東京, メジカルビュー社, 2007, p143-150.

10) Ramos-Duran L, Nance JW Jr, Schoepf UJ, et al : Developmental aortic arch anomalies in infants and children assessed with CT angiography. AJR Am J Roentgenol 2012 ; 198 : 466-474.

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

腹部領域の正常変異, 偽病変と, アーチファクト

宮坂実木子

国立成育医療研究センター 放射線診療部

Normal variants, pseudolesions, and artifacts in diagnostic abdominal imaging

Mikiko Miyasaka

Department of Radiology, National Center for Child Health and Development

Abstract

Abdominal radiological imaging plays a crucial role in the appropriate management of pediatric patients with abdominal pathologies. Radiological diagnostic modalities include plain abdominal X-ray, ultrasound, CT, fluoroscopy, and MRI. These are useful and commonly used imaging methods in the assessment of pediatric patients. On the other hand, the investigations have to be performed considering the developmental changes of children, anatomical variations, and the artifacts in the respective imaging modalities. Therefore, we should be aware of these normal variations and artifacts to avoid unnecessary surgical interventions and the increasing load of additional radiological investigations in the present era. In this article, we will describe various anatomical variations, artifacts, and pseudolesions in the abdomen.

Keywords : *Normal variations, Twinkling artifact, Vein of Sappey, Counter-clockwise whirlpool*

はじめに

小児腹部疾患に対する画像診断検査は、腹部単純X線撮影、超音波検査を中心に施行し、必要に応じて、透視検査、CT、MRIが選択される。小児は、成長過程でもあり、正常発達に伴う変化による所見も多く、所見の解釈に迷うこともしばしばある。正常変異、各画像診断検査に伴うアーチファクトや偽病変などに精通していることは、不必要な検査を避けるためにも必要なことである。本稿では、腹部領域で見られる正常変異、アーチファクト、偽病変について一部紹介する。

正常変異

1) 上腸間膜静脈 (SMV: superior mesenteric vein) の反時計方向への回転 (SMVのcounter-clockwise whirlpool)

Whirlpool signは、Fisherらによって初めて紹介された中腸軸捻のCT所見であり、上腸間膜動脈 (SMA: superior mesenteric artery) を中心にSMVとともに小腸が回転している所見を示している^{1,2)} (Fig.1)。中腸軸捻の超音波診断において、大切な所見である。ここで、注意すべき点は、中腸軸捻の場合は、回転方向が時計方向である (clockwise whirlpool sign) という点である³⁾。一方、正常例の多く (約64%) は、SMVが、SMAの右側に位置し、その後、回転することな

く尾側へと走行するが、約36%でSMVがSMAを中心に反時計方向に回転する所見が見られる^{2,3)}(Fig.2)。これは、近位空腸レベルのSMVが、主となるSMVと合流する前に腹部大動脈とSMAとの間で回転するためである^{2,3)}。腸回転異常の診断に、SMAとSMVの位置関係は大切な所見であるが、回転方向にも注意が必要である。

2) 盲腸とS状結腸の位置

盲腸および虫垂の発生は、胎生6週頃に中腸の尾側脚の腸間膜付着部の反対側より隆起する盲腸憩室が原基である。虫垂は、出生までに盲腸の遠位端から始まる長く細い管腔構造となる。盲腸は、上行結腸が長くなるにつれて、尾側に下降し、右下腹部に位置するようになる。小児は、成人と異なり全体的に大腸は冗長性であり、盲腸は通常より高く内側に位置していることが多い(盲腸高位)

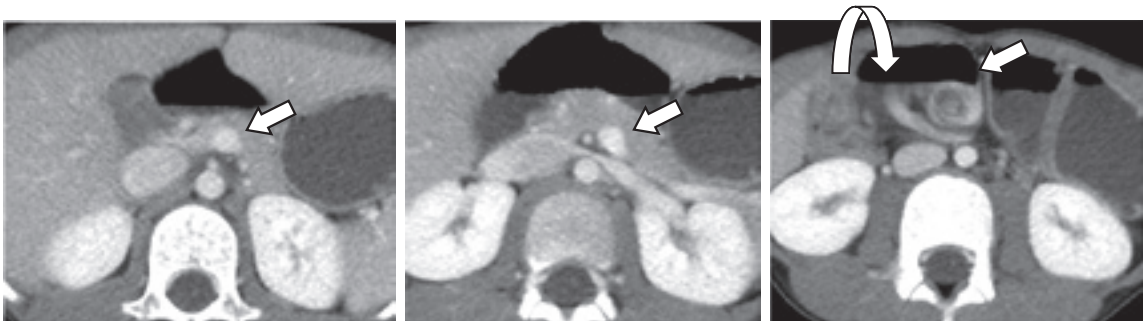
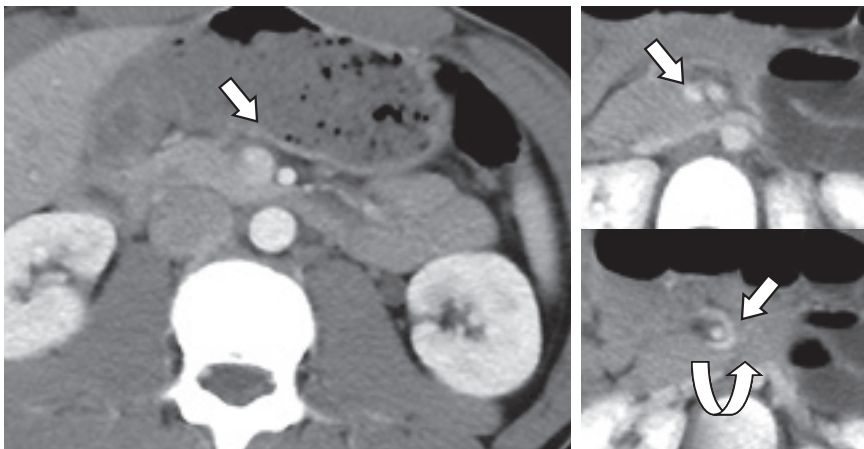


Fig.1 中腸軸捻 5歳女児，嘔吐の精査のため造影CT施行

a | b | c

- a：上腸間膜動脈 (SMA) 分岐部レベルにて，上腸間膜静脈 (SMV 矢印) は，SMAの左前方に位置している。
- b：やや尾側のレベルでは，SMV は，SMAの左側に位置している。
- c：さらに尾側では，SMA を中心に時計方向にSMV が走行している。その周囲に拡張した腸管を認める。その後，手術が施行され，270度捻転であった。



a | b

Fig.2 SMAとSMVの時計方向の回転

- a：SMA は，SMVの左側に位置している。腹部大動脈とSMVに挟まれるように十二指腸水平脚が横走している。
- b：SMV は，SMAの右側に併走したのち，SMAの後方を反時計方向に回転している。正常変異である。偶然に認める所見のひとつである。



Fig.3 高位盲腸

生後3日の新生児，腹部膨満の症状があり，注腸を行った。
右上腹部に盲腸が位置している。外側に位置しているのは，虫垂(矢印)である。

(Fig.3). これは，盲腸の固定が不完全または遅延しているためと考えられている。注腸検査で，盲腸が内側高位に位置している場合，腸回転異常と診断するのは確定的ではないため，必要に応じて，上部消化管造影を行うことが大切である⁴⁾。成人においても可動性のある盲腸は，15%ほどの頻度で認められるとされる。

新生児・乳児期の腹部単純X線写真では，ハウストラも不明瞭であることが多く，大腸と小腸との区別は難しい。S状結腸は，通常，左側に位置しているが，新生児・乳児では，右下腹部から側腹部に位置する頻度が高い(約48%)との報告があり，盲腸ガスとの判別が難しいことがある⁵⁾。(Fig.4)



Fig.4 S状結腸の位置

a：腹部膨満の精査のために行った注腸検査 S状結腸は，正中から左下腹部に位置している。
b：腸重積の整復時の注腸 S状結腸は，右側方向に大きく走行している(矢印)。

a | b

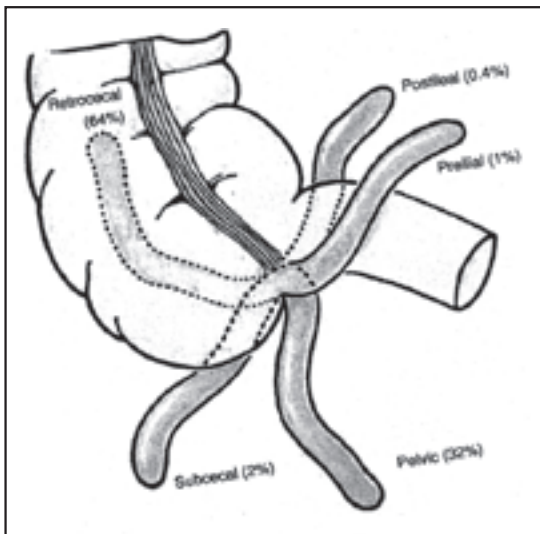


Fig.5 虫垂の位置 (文献20 Gray's anatomy より一部改変)

3) 虫垂の位置

虫垂は、回盲弁よりおよそ2cm下方の盲腸の後内側より連続する管腔構造物である。平均9cmほどの長さで、虫垂の位置は様々である^{6~8)}。盲腸後部 (retrocecal) または結腸後部 (64%)、骨盤腔 (32%)、盲腸下部 (2%)、その他、回腸前面側部または後面 (1.4%) などである^{6,8)} (Fig.5)。胎児期、新生児では、骨盤腔に位置する頻度が高いとの報告がある⁶⁾。McBurneyの圧痛点は虫垂炎を疑う身体所見のひとつであるが、虫垂の位置の変化に伴い、非典型的な症状を呈する例も少なくない。超音波またはCTなどの画像診断検査の上でも、非典型的な虫垂炎の可能性も念頭に、注意深く虫垂の位置を評価することが大切である (Fig.6)。

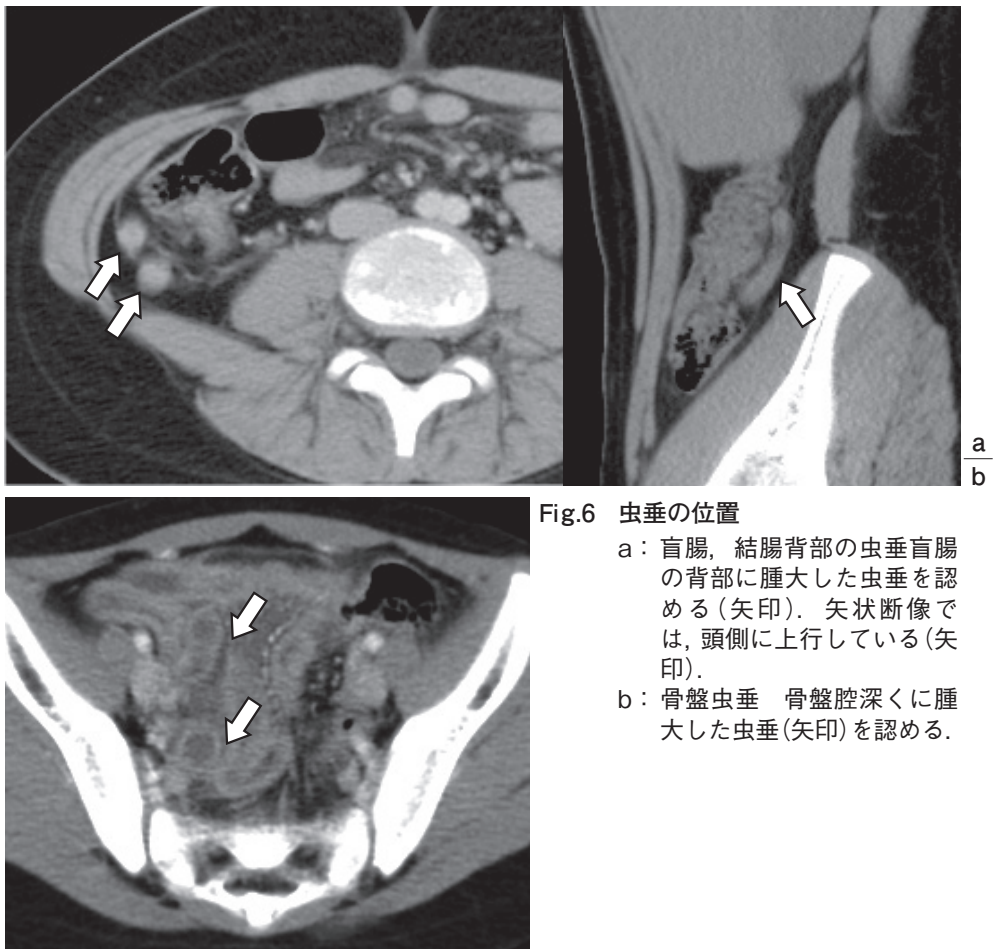


Fig.6 虫垂の位置

- a: 盲腸、結腸背部の虫垂盲腸の背部に腫大した虫垂を認める (矢印)。矢状断像では、頭側に上行している (矢印)。
- b: 骨盤虫垂 骨盤腔深くに腫大した虫垂 (矢印) を認める。

4) Chilaiditi's sign

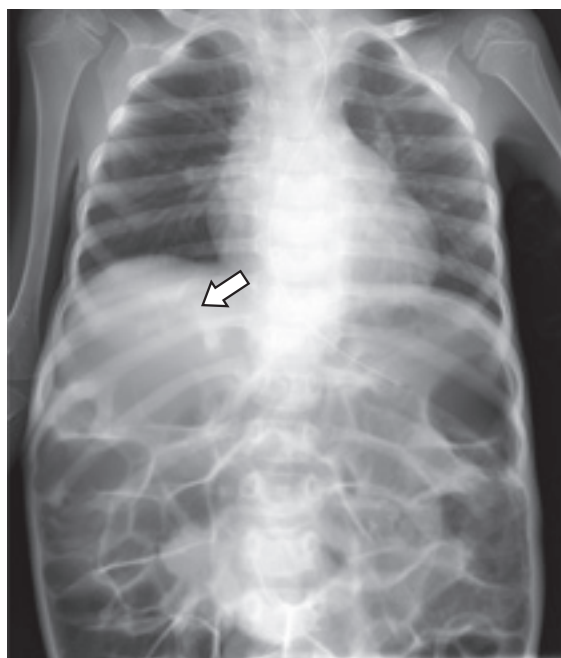
Chilaiditi's sign は、単純X線写真で認める右横隔膜下の腸管ガス像で、肝臓と横隔膜との間に小腸または大腸ガスが介在している状態である (Fig.7)。右横隔膜下の腹腔内遊離ガス像や横隔膜ヘルニアなどの異常所見との鑑別を要する。Chilaiditi's sign の場合、ハウストラの陰影の存在が診断のきめてとなる。横行結腸靱帯または鎌状靱帯の欠損や延長などの解剖学的変異、貧血症、右横隔膜挙上などが原因とされる。小児で見る頻度は少ないが、知的障害や向精神病薬を服用している患者に見られる傾向があるとされる。Chilaiditi's sign を認める患児に腹痛や呼吸障害、便秘や嘔吐などの症状が伴う場合は、Chilaiditi's syndrome と称され、治療が必要となる。治療は、ベッド上安静、輸液療法、胃管などによる減圧などであり、閉塞や捻転を伴った場合は外科的処置が必要となる^{9,10)}。

5) 新生児の子宮と卵巣

胎児の子宮と卵巣は、母体からのホルモン刺激の影響で、乳幼児期に比してサイズが大きい。新生児期の子宮は、管状の形態で、長軸径は平均3.4

cmである。内膜の高エコーも確認できることが多い (Fig.8)。新生児期以降、母体からのホルモンの減少とともに、子宮のサイズは徐々に縮小し、内腔も不明瞭となる^{11,12)}。(Fig.9)

卵巣は、胎児期に上腹部から骨盤腔内に下降し、広靱帯の上縁に位置する。卵巣の形態は、様々であるが、卵円形の形態を呈することが多い。大きさは、年齢によって変化するが、1歳までの平均は1cmである。思春期前の卵巣は、原始卵胞といわれる複数の小嚢胞が含まれている。卵胞のサイズの平均は、6~7mmとされているが、新生児では、9mmを超える大きさの卵胞を認めることがある。これは、胎児期の母体からのホルモン刺激に影響している^{11,12)}。また、胎児期に母体からのホルモン刺激を過剰に受けることによって機能性卵胞を認めることがある。機能性卵胞は、胎児超音波検査または出生後の超音波検査で偶然に発見される。4cm以下では、3~4か月のうちに、自然退縮することが多いが、4cmを超えると卵巣捻転のリスクが高くなるため、外科的処置を考慮する必要がある。そのため、超音波での経過観察が大切である。機能性卵胞の超音波所見は、類円形の無エコーの嚢胞性腫瘍である。Daughter



a | b

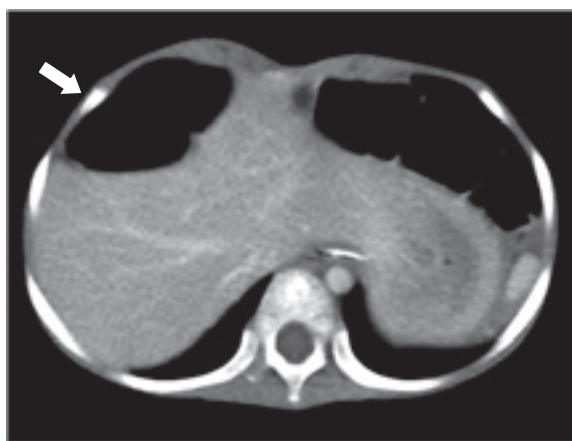


Fig.7 Chilaiditi's sign

肝障害、成長障害のある5歳男児、無症状。

- a: 胸部単純X線写真 腹部全体に腸管ガスを認める。右横隔膜下にもガス像があるが(矢印)、ハウストラと思われる陰影があり、腹腔内遊離ガスではなく、Chilaiditi's signと診断した。
- b: 腹部造影CT 肝前面に腸管が入り込んでいる(矢印)。

cyst signは、卵巣嚢腫に特徴的な所見であり、診断に有用である。捻転または出血などを伴うと嚢腫内部の輝度の上昇、隔壁、デブリス、嚢胞壁の肥厚、壁の石灰化などが認められる^{11,13)}。(Fig.10)

嚢腫の大きさや形態、内部の性状を観察するには、5～9MHzの探触子を用いることが大切で、必要におうじて、10～12MHzの高周波探触子を用いるとより詳細な評価が可能である¹²⁾。

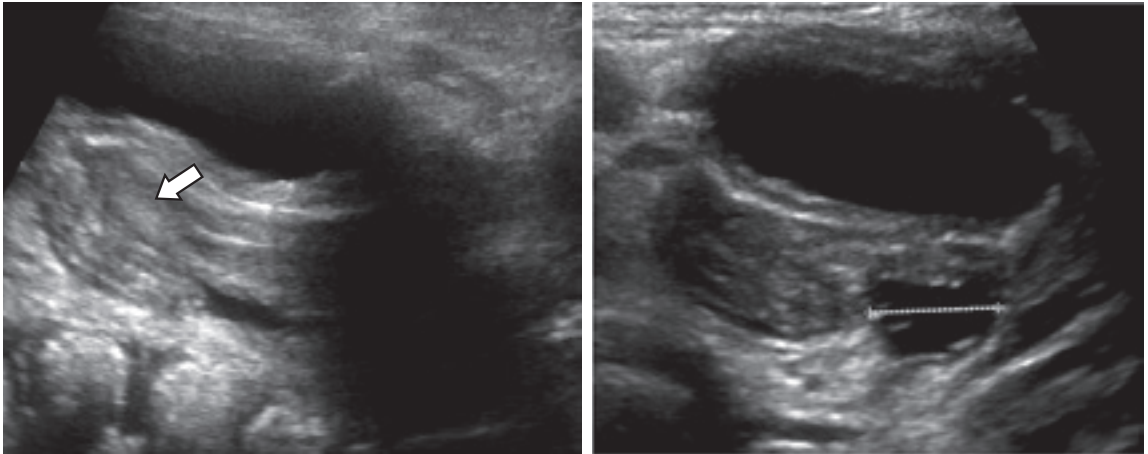


Fig.8 新生児期の子宮と卵巣

a | b

腹部スクリーニングで行った新生児の骨盤腔の超音波

- a: 骨盤腔長軸像。膀胱の背側に子宮を認める。子宮の形態は管腔状であるが、内腔の高エコー(矢印)が確認でき、子宮筋層の構造も認められる。
b: 骨盤腔長軸像。子宮の左背側に10mm大の正常卵巣を認める。子宮および卵巣は、母体からのホルモンの影響で腫大している。

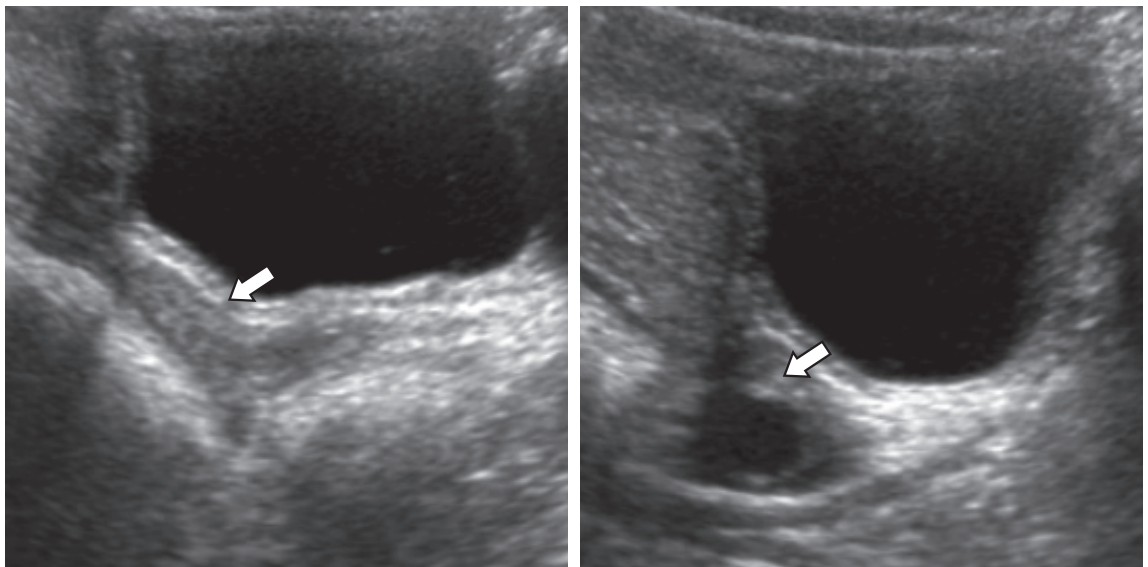


Fig.9 幼児期の子宮と卵巣 3歳女兒

a | b

- a: 骨盤腔長軸像。正常子宮の長軸像である(矢印)。子宮は、管腔状の形態を呈している。子宮内腔の高エコーは不明瞭である。
b: 骨盤腔長軸像。右正常卵巣である(矢印)。内部は無エコーの濾胞を認める。

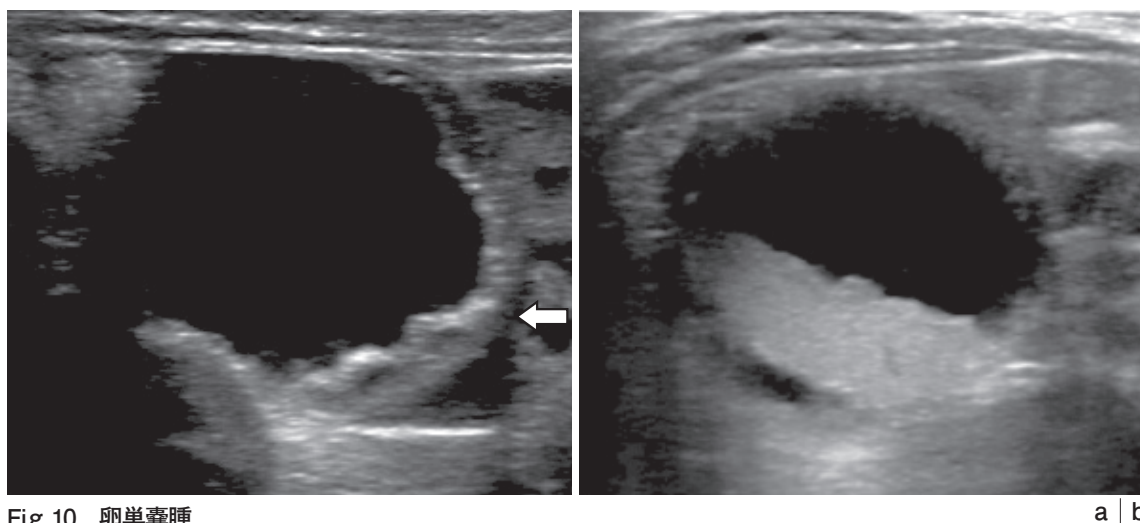


Fig.10 卵巣嚢腫

胎児期より指摘されていた卵巣嚢腫の症例である。

- a: 右下腹部横断像 出生後の腹部超音波検査では、右下腹部に、嚢胞性腫瘍を認める。嚢胞壁は肥厚し、壁の一部は、高エコーを示している(矢印)
- b: 右下腹部横断像 右下腹部横断像 嚢胞内にデブリスを認め、液面形成を呈している。出血を伴った卵巣嚢腫と思われ、胎児期の卵巣捻転後と考えられた。

アーチファクト

1) Twinkling artifact

Twinkling artifactは、カラードプラで、石灰化の背部に認めるコメットテイル状のアーチファクトである。石灰化や結石などの固く、結節状、不整な構造物に対する後方の反射である。腎結石の診断には、単純CTが有用であるが、被ばくを考慮すると、小児においては超音波検査が第一選択となる。カラードプラを用いることによって、Bモードと比して診断能が向上することが知られ、診断能は、感度79～97%，特異度91～100%，正確度92%と報告されている。胆石の描出時に参考となるacoustic shadowは、腎結石でも見られることがあるが、5mm以上でないと難しい¹⁴⁾。カラードプラを用いると、5mm以下の小石灰化を診断できる場合がある¹⁵⁾。60～70 cm/sの高い繰り返し周波数で行うと血流を抑えられ、twinkling artifactを認識しやすくなる¹⁶⁾ (Fig.11)。

2) 超音波検査で認める腹部大動脈のアーチファクト (Fig.12)

上腸間膜動脈の分岐部直下の腹部大動脈内腔

に、血栓のような高エコーの構造物が描出されることがある。これは、上腸間膜動脈と腹部大動脈との間で起こるインピーダンスの差による上腸間膜動脈後壁の部分的な反響陰影のアーチファクトである。探触子が上腸間膜動脈、腹部大動脈と一直線になった場合に起こると考えられている。外傷や大動脈炎症候群などの疾患を念頭においた検査を行っている場合、このようなアーチファクトを血栓や動脈解離と見誤る可能性がある。カラードプラの併用、探触子の角度を変化させて観察し、アーチファクトとの鑑別を行う¹⁷⁾。

偽病変

1) 肋骨や横隔膜の圧迫による一過性の偽病変

腹部造影CTで、肋骨に近いレベルに位置する肝5、6区域、または、横隔膜直下に位置する7、8区域に境界不明瞭な低吸収域を示す偽病変を認めることがある (Fig.13)。通常、造影CTは、吸気による息止めのうちに撮影する。動脈相、門脈相、静脈相といった多相撮影の場合に、呼吸により肋骨や横隔膜により肝臓が軽度圧迫されることによって、被膜下の領域に動脈と門脈の分布の不均等が起こるためと考えられている。多くは、動

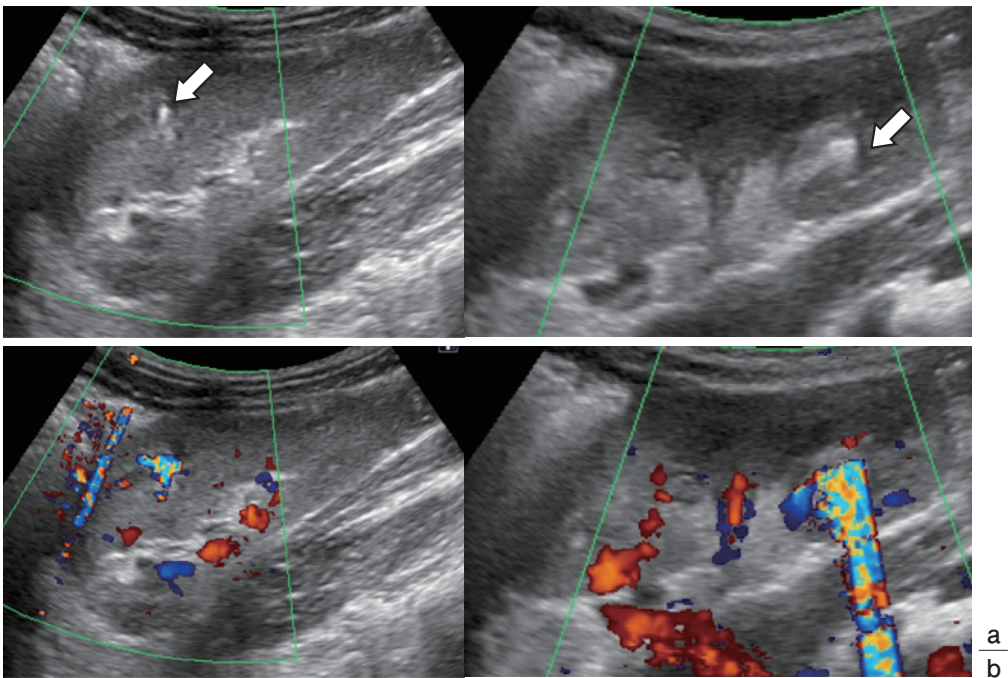


Fig.11 Twinkling artifact

7歳男児，血尿精査のために超音波を実施

右腎の長軸像．右腎の上極と下極に高エコーの結節を認める (a 矢印)．

カラードプラ (b) では，高エコーの結節に一致して背側に引く twinkling artifact を認め，結石であることが明瞭である．

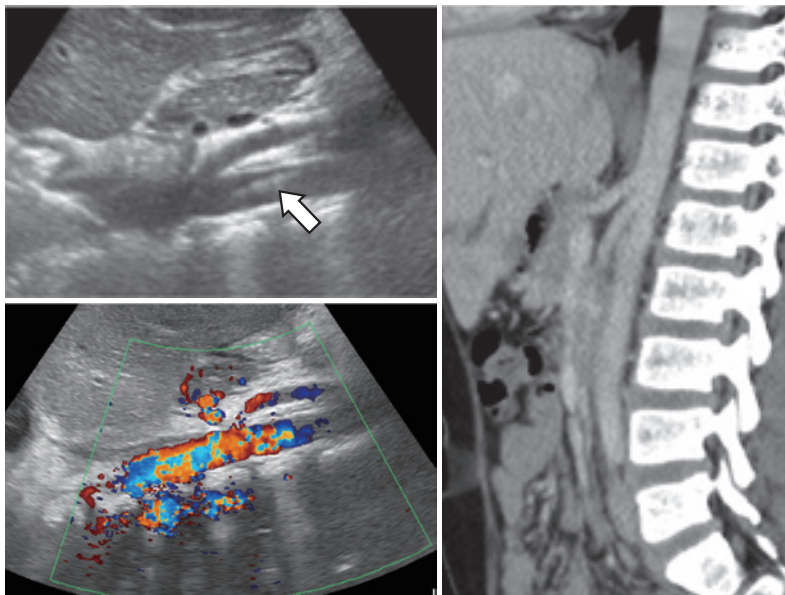


Fig.12

腹部大動脈のアーチファクト

8歳男児，腹部外傷の経過観察で，腹部超音波を施行

a：腹部大動脈レベルの長軸像

SMVの分岐直下において，高エコーを示す構造物が認められ (矢印)，腹部大動脈に血栓が疑われた．

b：カラードプラ

カラードプラでは，血流は均一に認められ，アーチファクトと思われた．

c：造影CT MPR 矢状断像

脾損傷の経過観察で行われたときの造影CTである．超音波で疑われたレベルに，陰影欠損は認めない．アーチファクトであることが判明した．

a
b | c

脈～門脈相で認められ、静脈相や呼吸レベルが違った場合に、病変は不明瞭となること、特徴的な部位が偽病変と判断する根拠となる¹⁸⁾。

2) 肝臓の体循環の静脈還流による偽病変^{18,19)}

肝実質は、主に、肝動脈と門脈により供給され

ているが、部分的に他の体循環系からの静脈より還流される部位が存在する。ひとつは、胆嚢床である肝4, 5区域に分布する胆嚢管静脈の存在である。同領域の門脈枝と交通する胆嚢管静脈の存在による門脈血流の分布の減少が、focal fatty spared areaが形成される原因とされる(Fig.14)。

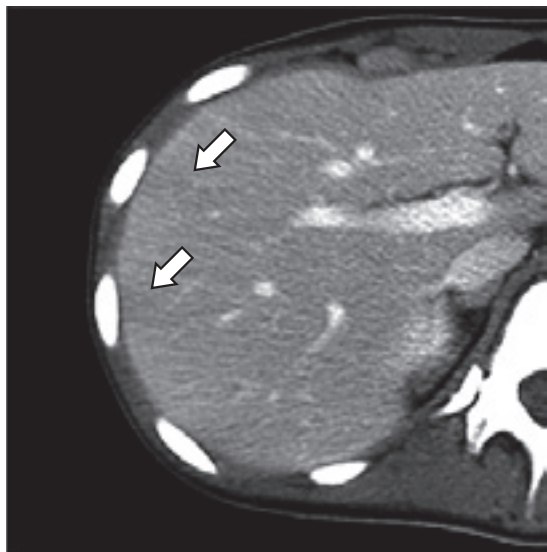


Fig.13 肋骨の圧排による肝の偽病変
肋骨の直下の肝実質の造影効果は、他の領域に比して、低吸収である(矢印)。

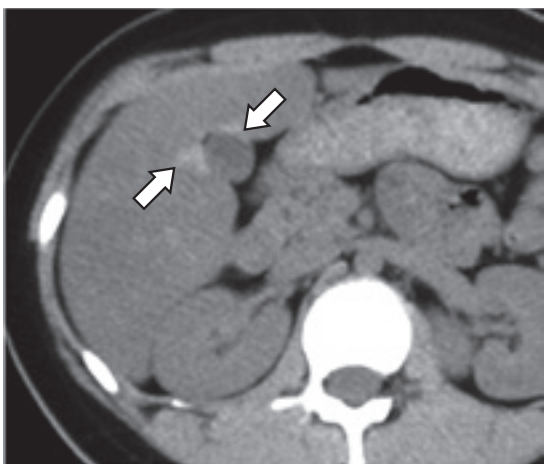


Fig.14 Fatty spared area
全体に肝臓は低吸収を示し、脂肪肝を認める。胆嚢の周囲には、脂肪肝を伴わない領域が認められる(矢印)。fatty spared areaである。

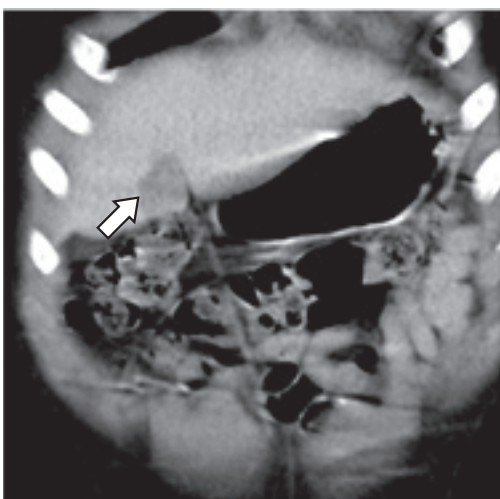
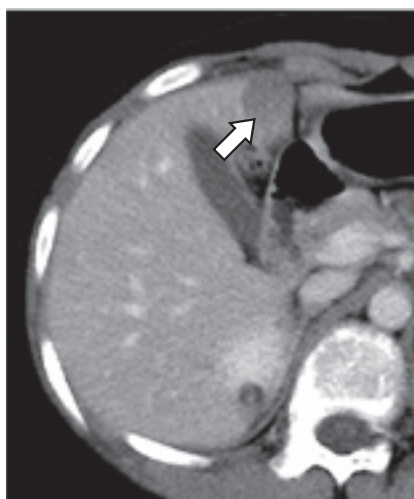


Fig.15 Sappeyの静脈還流領域
腹痛精査のために行った造影CTである。
肝左葉内側区に造影効果の低い領域が存在している(矢印 a横断像 b冠状断像)。その特徴的な部位からSappey静脈の還流領域による所見と診断した。

a | b

その他、肝円索に隣接した肝表面直下の左葉内側区域の偽病変が知られている。この領域は、体壁から鎌状間膜を経由し、肝左葉内側区の前面肝表直下に流入する inferior veins of Sappey の静脈環流域である (Fig.15)。造影CTのダイナミックスキャンを行うようになってから、広く知られるようになった所見である (約14%の頻度)。造影CTの門脈相で、周囲肝実質よりも低吸収域として描出される。この領域の肝辺縁の形態に異常を認めず、内部に血管構造が正常に存在していることが大切な所見である。

おわりに

小児、成人に関わらず、画像診断装置によるアーチファクトは多い。成長過程を加味して考えなければいけない小児の画像診断では、次なる検査の適応を考慮する上で、アーチファクト、正常変異、偽病変について精通していることによって不必要な検査を避けることができる。今回、紹介した所見は、ごく一部であり、体系的な記載は困難であるが、日常、ふと疑問に思っていたこと、迷ったことがある所見が含まれていたら幸いである。

●文献

- 1) Lampl B, Levin TL, Berdon WE, et al : Malrotation and midgut volvulus: a historical review and current controversies in diagnosis and management. *Pediatr Radiol* 2009 ; 39 : 359-366.
- 2) Sodhi KS, Bhatia A, Saxena A, et. al : Anticlockwise swirl of mesenteric vessels : A normal CT appearance, retrospective analysis of 200 pediatric patients. *Eur J Radiol* 2014 ; 83 : 710-714.
- 3) Taylor GA : CT appearance of the duodenum and mesenteric vessels in children with normal and abnormal bowel rotation. *Pediatr Radiol* 2011 ; 41 : 1378-1383.
- 4) Swischuk LE : Alimentary tract. Imaging of the newborn, infant, and young child (5th ed), Ed by Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2004 ; p408-445.
- 5) Fiorella DJ, Donnelly LF: Frequency of right lower quadrant position of the sigmoid colon in infants and young children. *Radiology* 2001 ; 219 : 91-94.
- 6) Ahmed I, Asgeirsson KS, Bechingham IJ, et al : The position of the vermiform appendix at laparoscopy. *Surg Radiol Anat* 2007 ; 29 : 165-168.
- 7) Deshmukh S, Verde F, Johnson PT, et al : Anatomical variants and pathologies of the vermix. *Emerg Radiol* 2014 ; 21 : 543-552.
- 8) Nayak BS, Sirasanagandia SR, George BM, et al : Lateral pouch appendix associated with retoperitoneal terminal part of the ileum : a potential diagnostic and surgical challenge. *Anat Sci Int* 2015 ; 90 : 324-326.
- 9) Blevins WA, Cafasso DE, Fernandez M, et al : Minimally invasive colopexy for pediatric Chilaiditi syndrome. *J Pediatr Surg* 2011 ; 46 : E33-E35.
- 10) Venkataraman D, Harrison R, Warriner S : Abnormal gas pattern under diaphragm. *BMJ Case Reports* 2012 ; doi : 10. 1135/bcr. 08. 2011. 4650.
- 11) Siegel MJ : Chapter 13 Female pelvis. *Pediatric Sonography* (4 ed), Ed by Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2011 : p509-553.
- 12) Asâvoaie C, Fufezan O, Cosarcâ M : Ovarian and uterin ultrasonography in pediatric patients. Pictorial essay. *Med Ultrason* 2014 ; 16 : 160-167.
- 13) Ozcan HN, Balci S, Ekinici S, et al : Imaging findings of fetal-neonatal ovarian cysts complicated with ovarian torsion and autoamputation. *AJR Am J Roentgenol* 2015 ; 205 : 185-189.
- 14) Siegel MJ: Chapter 2 utrasound artifacts. *Pediatric Sonography* 4th ed. Siegel MJ ed. Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2011, p21-42.
- 15) Ripolles T, Perez MJM, Vizuete J, et al : Sonographic diagnosis of symptomatic ureteral calculi: usefulness of the twinkling artifact. *Abdom Imaging* 2013, 38 : 863-869
- 16) Kielar AZ, Shabana W, Vakili M, et al : Prospec-

- tive evaluation of Doppler sonography to detect the twinkling artifact versus unenhanced computed tomography for identifying urinary tract calculi. J ultrasound Med 2012 ; 31 : 1619-1625.
- 17) Mann GS, Robinson AJ, LeBlanc JG, et al : Abdominal aortic pseudomass in child. J Ultrasound Med 2008 ; 27 : 307-310.
- 18) Yoshimitsu K, Honda H, Kuroiwa T, et al : Unusual hemodynamics and pseudolesions of the nonchirrhotic liver at CT. Radiographics 2001 ; 21 : S81-S96.
- 19) Itai Y, Saida Y : Pitfalls in liver imaings. Eur Radiol 2002 ; 12 : 1162-1174.
- 20) Standring S, Borley NR, Collins P, et al : Gray's anatomy : anatomical basis clinical practice. 39th ed, Ed by Elsevier, Churchill Livingstone, London, 2008 ; p1142-1143.

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

小児の骨軟部系の特徴

細川崇洋, 小熊栄二, 白田 剛, 佐藤裕美子, 田波 穰

埼玉県立小児医療センター 放射線科

Pediatric skeletal radiology ; Normal variation, growth, and development

Takahiro Hosokawa, Eiji Oguma, Go Shirota,
Yumiko Sato, Yutaka Tanami

Department of Radiology, Saitama Children's Medical Center

Abstract

Mutation in the growth process is seen variously, and anatomic variations may stimulate disease. Experience and knowledge are often the best resources for successfully identifying normal variants. We show some normal variants and mention the differential diagnosis in this chapter. But normal variants vary greatly and all variations cannot be included. Some references, such as “Borderlands of Normal and Early Pathologic Findings in Skeletal Radiography” and “An Atlas of Normal Roentgen Variants”, are useful for identifying normal variants. In this section, for example, spinal malformations such as hemi-vertebra and butterfly vertebra, rib anomalies such as synostosis, and those of the extremities such as bow-leg, focal fibrocartilagenous dysplasia, focal periphyseal edema, curly toe and brachymesophalangy of the little finger are included. And findings of Magnetic Resonance Images about bone marrow conversion at the femur, clivus and vertebral body are shown.

Keywords : Developmental anomaly, Physiologic, Normal variants

はじめに

ヒトの成長とは, 出生時平均50 cmの身長が成人男性であれば170 cmの身長に至るまでの過程である。成長の過程における変異は多様にみられ, 臨床的な重要性もさまざまである。椎体, 鎖骨, 肋骨などの骨格筋は, 本来の目的とされていない検査, たとえば肺炎の検索目的の胸部単純X線写真でも撮影範囲に含まれており, 偶然見られる正常変異を臨床医から指摘, 質問されることがある。本稿では, 部位ごとによく見られる成長の過程における変化や変異について,

鑑別となる病変なども含めて提示していく。頭側より椎体, 鎖骨, 肋骨, 胸骨, 骨盤, 四肢, 骨髄の順番で述べる。

椎 体

椎体の発生は, 脊索と神経管が形成されるにつれ, この外側にある胚内中胚葉が肥厚して沿軸中胚葉と呼ばれる2つの縦走細胞柱が形成されることから始まる。胎生3週の終わりに分節化し, 体節となる。この腹内側部は椎板

Sclerotomeといわれ、椎体と肋骨を形成する。椎板は頭側部が疎に、尾側部は密に集まった細胞集団であり、この密に集まった細胞集団のあるものが頭側に移動し、椎間円板Intervertebral diskを形成する。残りの密な細胞集団と疎の細胞集団が癒合して椎体の原器である間葉系椎心Centrumを形成する。つまり、各間葉系の椎心は隣接する2つの椎板から発生する。胎生6週に軟骨化中心が出現し、7週頃に軟骨性椎骨の一次骨化中心Primary ossification centerができる。一次骨化中心は、椎体の前後に2つあるが、癒合して1つとなり、また、神経弓の各半分に1つずつの全部で3つの一次骨化中心が胎生末期に完成する。その後、出生時には各椎骨は3つの骨部が軟骨で連結した形となっている。椎弓の癒合は腰部領域から始まり頭側に向かって進行する。通常3から5歳で癒合する。椎弓と椎心は3から6歳の間に癒合する。思春期後に5か所の二次骨化中心が出現する。棘突起先端、各横突起先端に1か所、骨端輪として椎体上縁と下縁に1か所の計5か所である。これらの成長の過程で様々な画像所見が見られ、正常変異と疾患の鑑別が必要となる^{1~3)}。

椎体の形態異常として隣接する2個の椎体が非対称に癒合する例、椎体の半分が消失する例などが見られ、これらは結果として側弯を招くことがある。

1) 椎体形態異常

椎体の形態異常には、以下のものがあげられる。

①半椎体Hemivertebra

椎体片側の骨化中心の発達不全による奇形であり、椎体の左右のいずれかが欠損している病態。骨化正常側では肋骨は正常に発達し、患側では肋骨の発生は見られない。側弯症の原因となり、また、ほかの椎体奇形を合併することが多い(Fig.1)。椎体前節が欠損するのはまれである。

側弯症^{4,5)}は、特発性と二次性に分けられる。特発性が80%を占める。生直後から3歳に発症するものはInfantile formと呼ばれ、男児に多く、70%は胸椎カーブが左凸となる。4から9歳に発症するものはJuvenile formと呼ばれ、胸椎カーブが右凸となる。10歳以上に発症するもの

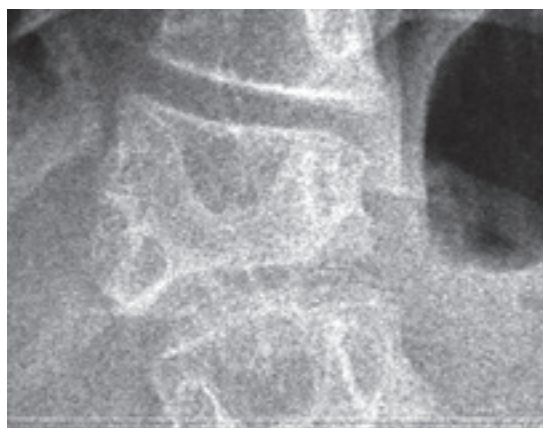


Fig.1 10歳男児 椎体単純X線正面像
Th12椎体左半側が欠損し、同側の肋骨が欠如している。右半側はTh11と癒合している。

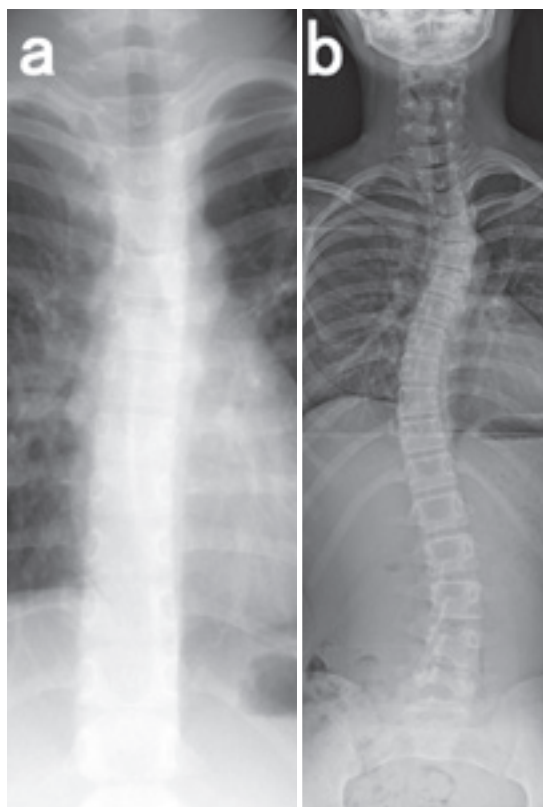


Fig.2 12歳女児
a: 7歳時胸部単純X線写真、
b: 12歳時椎体単純X線正面像
5年前の健診の単純胸部X線写真ではわずかな側弯が見られるのみである。5年の間に進行しており、まだ腸骨翼の骨化核は見られていないため、進行する可能性がある。

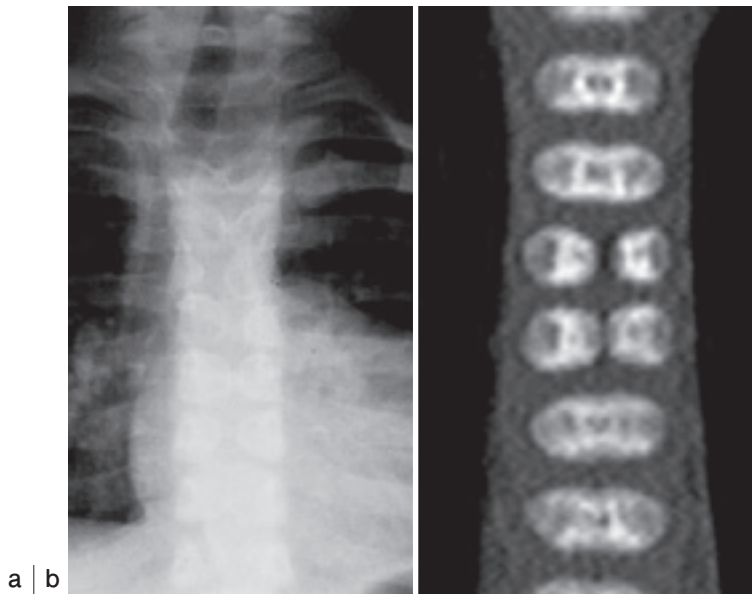


Fig.3

a : 胸部単純X線写真正面像

b : CT再構成画像

第4から7胸椎に蝶形椎体を認める。CT再構成冠状断再構成画像では第6, 7胸椎の蝶形椎体が見られる。

は adrelescent form と呼ばれ、胸椎カーブが右凸となる。前者2つはまれとされている。Cobb角が20度以下のものは発生に男女差はないが、30度以上の重症例は男女比が1:5から7と女性に多いとされている。思春期完了前は進行の危険があり (Fig.2), 骨成熟後の進行は少ない。骨成熟の程度は、議論の余地はあるが、Risser分類が用いられている。椎体自体の骨成熟を直接評価することは難しいため、腸骨稜辺縁の骨化の程度で判断する。癒合が終了すると椎体の成長が完了したと判断する。Risser分類は、腸骨稜の骨化核の出現の範囲と程度をStage 0骨化が全く見られない, I 外側の0から25%に骨化が見られる, II 25から50%, III 50から75%, IV 75から100%, V 骨化核は完全に癒合している状態に分けられる。二次性のものは、前述した椎体形態異常に伴うもの、チアノーゼを伴う心疾患や大動脈縮窄症などに合併するものがある。その際は左凸のことが多い。そのほか、様々な基礎疾患で生じ、神経筋疾患、二分脊椎、Marfan syndrome, Neurofibromatosis type I, Congenital torticollisなどの疾患が知られている。Infantile formで側弯の程度が強いものや、右凸の胸椎カーブなど非典型的な側弯を見た場合は、可能な時期であれば脊髓超音波検査、もしくはMRIでの精査が望まれる。



Fig.4 椎体側面単純X線写真

8歳女児, 椎体上縁に二次骨化中心を認める。

②蝶形椎体 Butterfly vertebra

脊索組織の遺残によって椎体正中で癒合不全を来す奇形である (Fig.3)。ほかの椎体奇形、尿路、消化管奇形を合併することがある。アラジール症候群でも知られている所見である。

2) 二次骨化中心

椎体の隅角分離として、椎体上前方の二次骨化中心が三角形の骨として見られる。骨折と誤ってはならない (Fig.4)。

鎖 骨

鎖骨はほかの肋骨の骨化と異なり、膜性骨化で形成される。様々な筋肉、靱帯が付着しており、その部位は骨透亮像を伴うことがあり骨折と誤って判断される。また、腱付着部に骨性の突出を来し、腫瘤を主訴に来院することもある (Fig.5)。

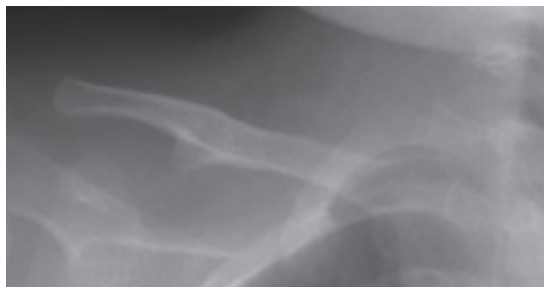


Fig.5 右鎖骨単純X線写真真正面像
右鎖骨正中に骨性の突出を認め、鳥口鎖骨靱帯付着部に位置する。

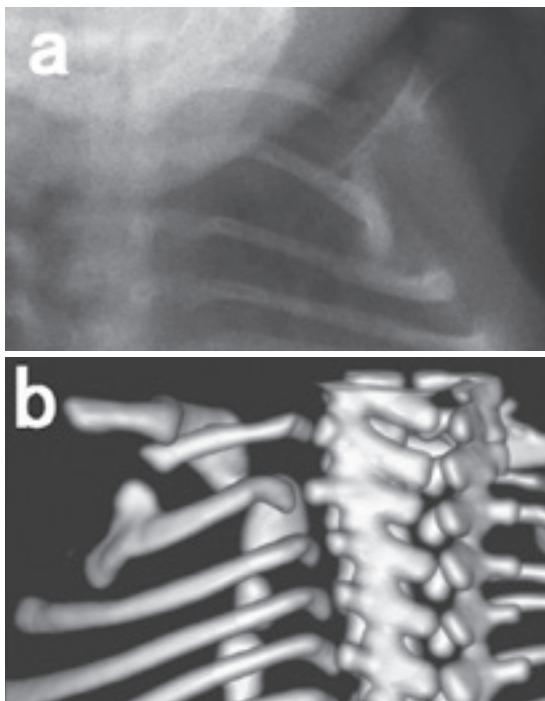


Fig.6 a：胸部単純X線写真真正面像
b：CT再構成画像
0歳男児、左第1, 2肋骨に癒合が疑われる、まだ骨性に癒合は見られていない。

肋 骨

肋骨は胸椎の肋骨突起から発生する。胎生8から9週に骨化核が生じ、腹側に延長していく。第1から7肋骨は固有の肋軟骨により胸骨に付着している。第8肋骨以下は、一つの肋骨の軟骨あるいは複数肋骨が一つの軟骨を介して胸骨に付着している。第11, 12肋骨は浮遊肋骨であり胸骨に付着していない。肋骨の先天性異常は0.15から3.4%と報告されているが、数の増加、欠損や椎体の異常に関連したものが多い^{2,3,6)}。

1) 肋骨の形態異常、癒合

もっとも多い癒合Synostosesは、第1, 2肋骨の間に生じ、臨床的な重要性はない⁶⁾ (Fig.6)。

2) Intra thoracic rib

まれな奇形であるが、胸郭内を斜め下方に、より頭側の椎体から発生した肋骨が走行するものである (Fig.7)。

胸 骨

胸骨板と言われる1対の間葉組織性垂直帯が体壁の腹外側に発生する。それが内方に移動するにつれ、軟骨化が起こり、正中面で頭側から尾側に向かって癒合し、胸骨柄、胸骨体文節、および剣状突起となる。胸骨の骨化中心は出生

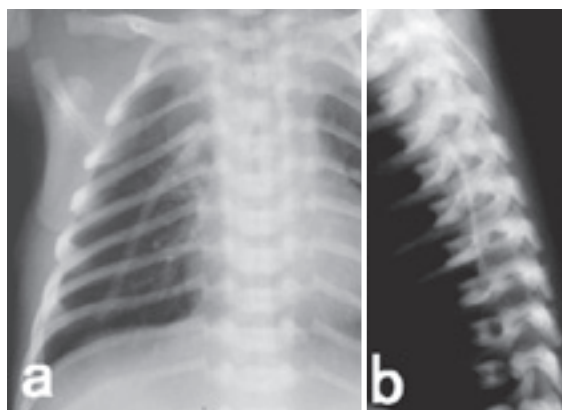


Fig.7 a：胸部単純X線写真真正面像
b：胸部単純X線写真側面像
0歳男児 右胸郭内に胸郭内肋骨が見られる。側面像では背側を走行しているのがわかる。

後に頭側から尾側にむかって出現する。剣状突起は小児期に出現する^{2,3,6)}。

1) 斜位撮影による偽病変

胸骨骨化核は正中胸郭前縁に位置している。そのため、斜位撮像では骨化核が肺内病変のように映りこむ。胸部単純X線写真を読影する際は正面性を確認する必要がある。

2) 骨化核の異常

胸骨柄、体部、剣状突起は小児期には分かれて観察される。胸骨柄と体部頭側の骨癒合は小児期早期に見られ、それより尾側は、小児期後半や思春期、成人してから癒合する。胸骨柄と体部の早期癒合は先天性心疾患患者で見られることがある。胸骨体部の骨癒合も、先天性心疾患や鳩胸Pectus carinatumで見られる^{2,3,6)}。また、胸骨柄骨化核の上下の分離はDown症で通常より4倍多くみられる⁶⁾ (Fig.8)。

骨 盤

1) 大腿骨頭の骨化の変化

大腿骨頭の骨化核は生後4か月で見られるようになる。半球体の軟骨を埋めるように大きくなる¹⁾。骨化核の多様性の正常変異としてMeyer dysplasiaが知られている。Meyer dysplasiaは小児の大腿骨近位骨端の骨化核の断片化と遅延であり、2から3歳に見られ、通常症状は伴わない。鑑別に甲状腺機能低下症Hypothyroidism、Perthes病がある。

2) 坐骨恥骨結合の左右差

坐骨恥骨結合の両側に癒合がみられるのは4歳で6%、12歳で83%と報告されている。4から8歳で22%に非対称性の肥大が見られる (Fig.9)。肥大は1から3年続く。骨シンチで取り込みが見られるが、三角軟骨Triradiate cartilageよりは取り込みが少ない。MRIT2強調画像でわずかに高信号となる⁷⁾。

四 肢

1) O脚とX脚^{8,9)}

下肢の変形としてよく遭遇するものは、下肢

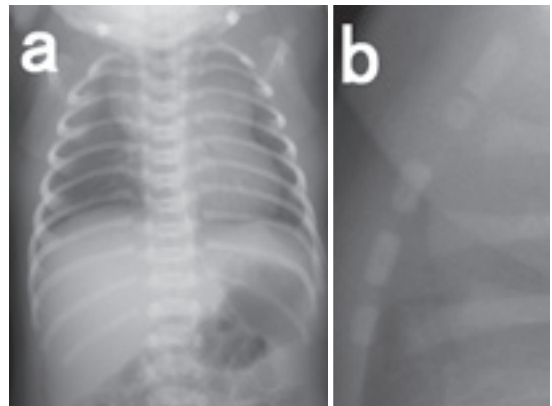


Fig.8 a: 胸部単純X線写真正面像
b: 胸部単純X線写真側面像
0歳男児 Down症児であり、肋骨は11対、胸骨柄の骨化核が多く認められる。

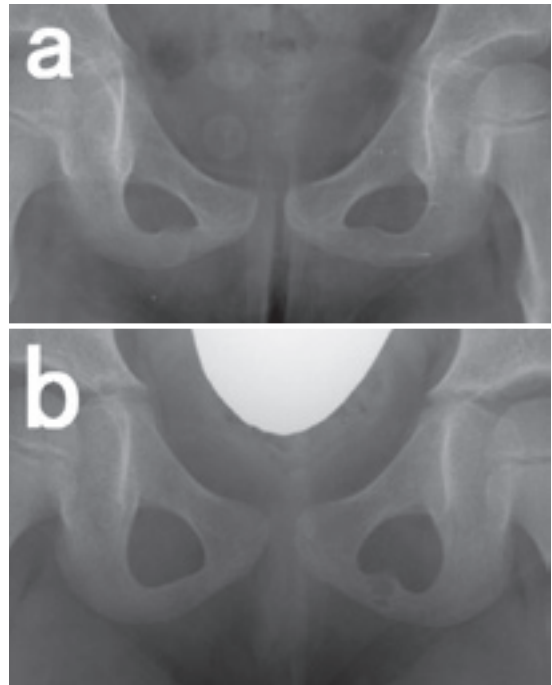


Fig.9 a: 股関節正面単純X線写真 3歳10か月時
b: 股関節正面単純X線写真 4歳4か月時
坐骨恥骨結合部での膨隆が見られ、左右差を伴っている。6か月の間で膨隆が右は目立たなく、左は目立ってきている。

前額面の変形であるO脚とX脚である。O脚は両側膝関節が外方凸に弯曲した内反変形であり、X脚は両側膝関節が内方凸に弯曲した外反変形である。小児は1歳6か月から2歳ごろまで生理的なO脚であり、その後X脚となり7歳ごろ成人の下肢アライメントになる。様々な疾患が鑑別になるが、外傷で生じる場合は片側性であること、また骨性架橋(Bone Bridge)を認めることがある。下腿軸も生理的な変化が見られ、2歳ごろまで足軸は大腿軸に対し内捻しているが、その後は外捻して13から15歳頃をピークに成人の角度に近づく。両下肢膝中心の単純X線立位正面像を撮影し、Femorotibial angle (FTA) を計測する。生後1歳6か月から2歳でFTAは0度となる。

①O脚

1歳6か月から2歳まで生理的にO脚である(Fig.10)。変形が進行することはまれである。年長児になっても変形が残る場合は介入を考慮する。鑑別する疾患としてBlount病が知られており、鑑別にMRIが有用である。Blount病は、近位脛骨骨端軟骨の发育障害であり、脛骨の内反変形を生じる。2歳以降の幼児に見られ、初期に生理的O脚と類似する。そのほか、低リン血症性ビタミンD欠乏性くる病、軟骨無形成性症、骨幹端異形成症(Schmid型)や偽性軟骨無形成性症が知られている。加齢とともに軽快するものとしてfocal fibrocartilagenous

dysplasiaが知られている¹⁰⁾。歩行開始ごろから高度のO脚を伴い、単純X線写真で近位脛骨骨幹端から骨幹内側周囲に骨硬化を伴う骨皮質欠損を認める(Fig.11)。加齢とともに自然に軽快する。まれにX脚を呈した症例や大腿骨に発生した症例もある^{11,12)}。

②X脚

X脚も生理的に見られる所見である。鑑別となるX脚を呈する疾患は先天性脊椎・骨端

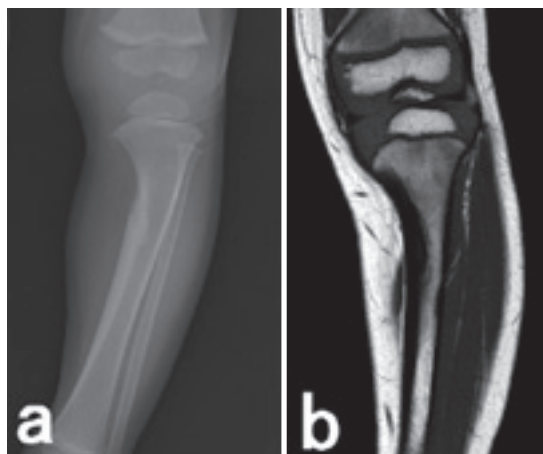


Fig.11 a: 下腿正面単純X線写真

b: 下腿MRIT2強調像冠状断

1歳7か月女児。単純X線写真で近位脛骨骨幹端から骨幹内側周囲に骨硬化を伴う骨皮質欠損を認める。

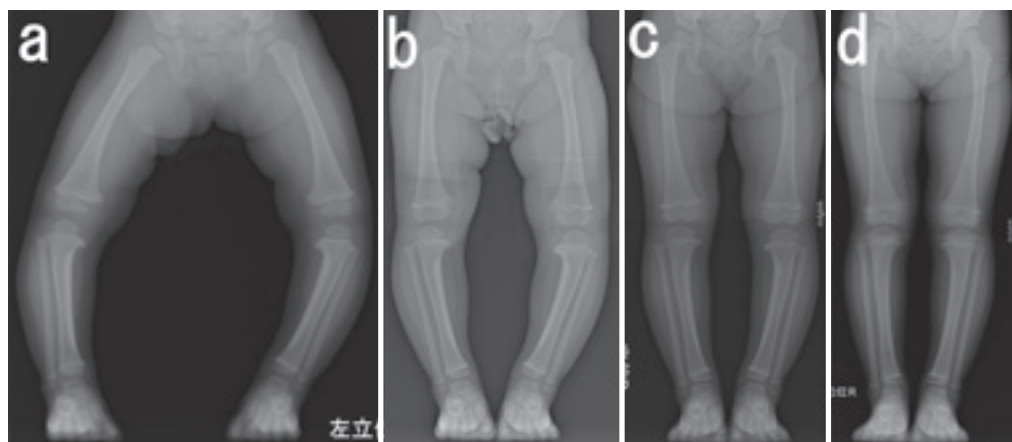


Fig.10 下肢単純X線写真正面像

a: 1歳11か月, b: 2歳6か月, c: 3歳2か月, d: 3歳9か月時

初診時1歳11か月の女児。O脚の所見は年齢の経過に伴って次第に改善。

異形成症, Morquio病, Ellis-van Creveld病などである。これらの疾患は家族歴の有無が重要である。

2) FCD (Fibrous cortical defect)

主に大腿骨遠位骨幹端背側・内側の皮質内傍骨性に見られる線維組織の局所的な増殖である。単純X線写真で辺縁に骨硬化を伴う境界明瞭な透亮像を呈する。早ければ1歳半でも認めることがあるが、通常は5から6歳で最も発達し、正常児の40%以上に見られる。通常は次第に不明瞭化していく。

3) 膝蓋骨

①膝蓋骨骨化核の多様性

膝蓋骨はもっとも大きな種子骨であり、大腿・下腿筋が起始停止する部位である。分裂膝蓋骨は複数個に分裂した状態の膝蓋骨のことであり、その成因ははっきりとしていない。正常変異の一つとされ、Saupé分類が知られている。下端が分裂しているのがⅠ型、外側が分裂するのがⅡ型 (Fig.12)、外側上方が分裂するのがⅢ型であり、Ⅲ型が多い¹³⁾。

②Dorsal defect of the patella

Dorsal defect of the patellaは、1%に見られる正常変異である¹⁴⁾。膝蓋骨の背側関節面皮質下に透亮像として認められる。外側上方に

見られることが多く、辺縁に骨硬化を伴っており、平均9mm程度の大きさである。MRIでは表層に軟骨を認めるが、菲薄化や陥凹がみられる。

4) 骨幹端のT2延長 (FOPE)¹⁵⁾

膝関節MRI画像で骨端線周囲に見られるT2延長域のことであり、いわゆるFocal periphyseal edema (FOPE)といわれる (Fig.13)。正常の発達過程の一部を見ているのではないかと推測されている。骨端線の閉鎖は骨幹部と骨幹端の間の架橋から始まり、骨と骨髄に置き換わる正常の発達過程である。この過程を見ていると報告されているが、外傷後の骨架橋と鑑別が難しい。

5) 骨膜反応と間違えてとらえられるもの

①生理的骨膜反応

大腿骨、上腕骨などの長管骨に見られる左右対称性の骨膜反応は新生児期に見られ生理的なものである。未熟児や満期産児を含めて1から5か月の年齢に見られる。通常は2mm以下の厚さで辺縁は平滑である。最も見られるのは脛骨、大腿骨、上腕骨であるが、時に橈骨や尺骨にも見られる。通常は左右対称であるが、1/2から1/3で非対称性に見られる⁶⁾。骨膜反応と鑑別を要するものとして動脈管開存維持のため投与されたPGEによる骨膜肥厚が有名であったが、リポ化製剤に変更後、投与量

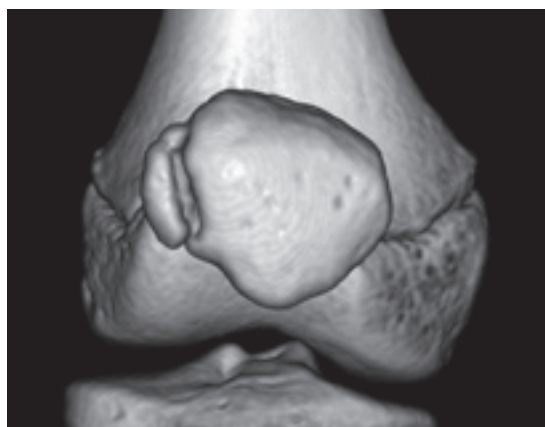


Fig.12 CT再構成画像
膝蓋骨 膝蓋骨外側が分離しておりSaupé分類Ⅱ型にあたる。

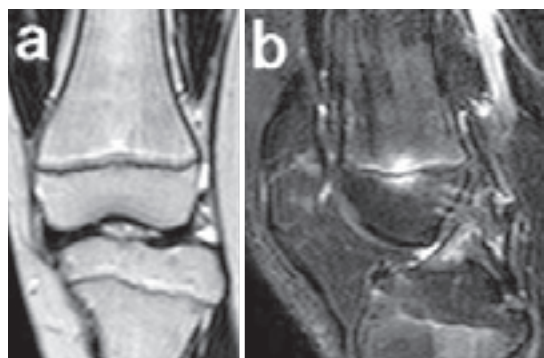


Fig.13 a: MRIT2強調像冠状断
b: MRI脂肪抑制T2強調像矢状断
14歳女児FOPE。大腿骨遠位骨幹端にT2強調画像で高信号を認める。

が1/10程度になったためほとんど見られなくなった。一方で、Caffey病、壊血病、慢性再発性多発骨髄炎 (CRMO) や SAPHO (synovitis, acne, pustulosis, hyperostosis and osteitis) 症候群などの炎症性疾患、慢性肺疾患による肥厚性骨関節症でも骨膜肥厚が目立つことがある。

②投影方向による偽病変

投影方向によって、正常の骨形態でも骨膜反応があるように見えてしまうことがある。胸部単純X線写真で上腕骨に骨膜反応が疑われるような場合は、正しい肢位で再度撮影することも必要となる。

6) 指趾

①Curly toe

趾が隣接する趾の下に屈曲して入り込む奇形である (Fig.14)。足底の腱の問題と考えられているが、原因は不明である。通常は3から5趾に多く、小児でよく見られるものである。症

状によって、腱の移動などを要することがある。

②Brachymesophalangy of the little finger

小指の末節骨と中節骨の長軸の長さの比は1:1.1~1.3と報告されており、同じ長さであれば中節骨の短縮があると判断される。小指の弯指Clinodactylyは外傷性がなければ、通常はこの変異によると考えられている (Fig.15)。4~17歳で男児の14%、女児の23%に認めると報告されている¹⁶⁾。

骨 髄^{17~20)}

骨髄の赤色髄から黄色髄への変化はMarrow conversionと言われる。造血は胎生期に胎児卵黄嚢で始まり、妊娠中期に肝臓、脾臓に移り、後期や出生後に骨髄が主要な造血臓器となる。四肢骨の赤色髄から脂肪髄の変化は、指・趾節骨など末梢から中枢の上腕骨大腿骨に進む。骨端Epiphysisの赤色髄から黄色髄への変化は二次骨化核の出現から6か月以内に始まり、その後



Fig.14 左趾単純X線写真正面像
両側の第4趾が第3趾の底側に入り込んでいる。明らかな骨性の異常は認めない。



Fig.15 右小指単純X線写真正面像
小指の中節骨が末節骨より短い。
小指は弯指の状態となっている。

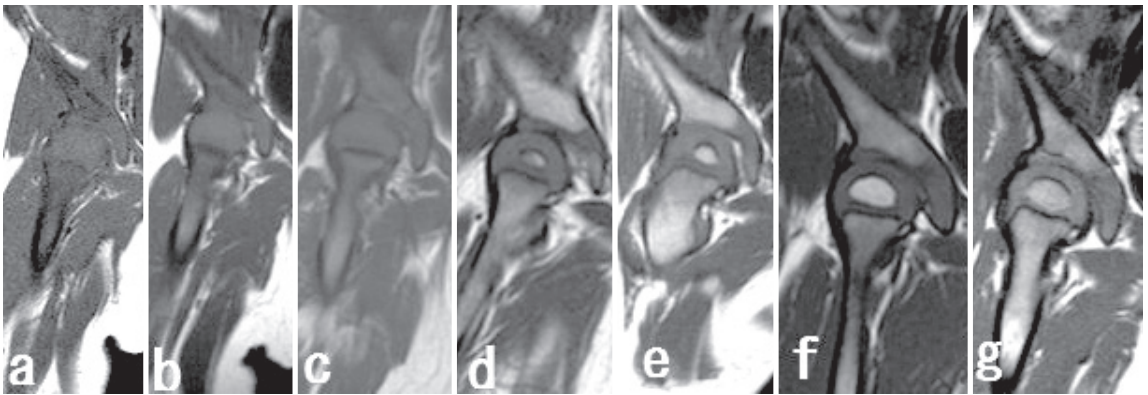


Fig.16 大腿骨、骨盤部MRIT1強調像, a: 生後25日, b: 4か月, c: 6か月, d: 9か月, e: 1歳2か月, f: 1歳5か月, g: 1歳8か月 (各別症例)

大腿骨の赤色髄から黄色髄への変化。生後25日では骨髓はT1強調画像で低信号であるが、骨端、骨幹部より次第に脂肪髄化が見られている。近位骨幹部の赤色髄がT1強調像で低信号として残存しているのがわかる。

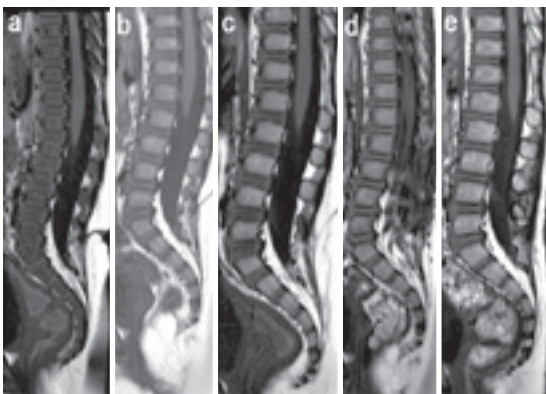


Fig.17 MRT1強調像胸腰椎矢状断像

a: 生後2か月, b: 6か月, c: 9か月, d: 12か月, e: 2歳 (同一症例)
2か月時、椎体は椎間板に比べ低信号であるが、次第に等信号から高信号に変化している。

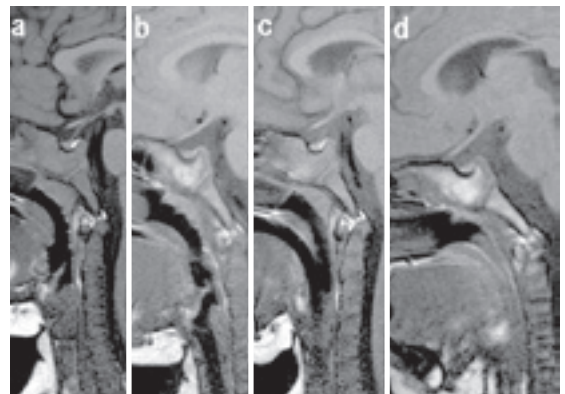


Fig.18 T1強調像矢状断像, 男児

a: 1歳7か月, b: 1歳9か月, c: 2歳, d: 2歳1か月時
斜台は急速にT1強調画像で高信号化しており、急速な脂肪髄化を認める。

骨幹Diaphysisから骨幹部Metaphysesに進む。そのため、赤色髄として最後まで残るのは、大腿骨、上腕骨の近位骨幹部となる。小児大腿骨の黄色髄への変化は1から5歳で骨幹部からはじまり、5から10歳で完了する (Fig.16)。骨端の骨髓は骨端核出現後に急速に進む。G-CSFを使った治療があれば逆の過程で赤色髄化が生じる。椎体では、赤色髄から脂肪髄への変化によりMRIT1強調像では、1歳までは椎間板に比べ低信号、1から5歳は等信号、5歳以降は椎間板より高信号となる (Fig.17)。斜台では2歳前後

で脂肪髄が見られるようになる (Fig.18)。斜台はルーチンの頭部MRI画像で撮影範囲に含まれており、病変の骨髓進展、骨転移の所見を呈する可能性があり、正常の見え方に慣れておく必要がある。脂肪髄の消失であれば、病変の指摘は比較的容易となるが、赤色髄と病変の鑑別は難しい。赤色髄は脂肪40%、水40%、蛋白20%であり、造影効果を伴う、T1強調像で筋肉と等から高信号、T2強調像で筋肉と等信号と報告されている。脂肪髄は脂肪80%、水15%、蛋白5%と報告されている。赤色髄はMRIでは骨端軟骨

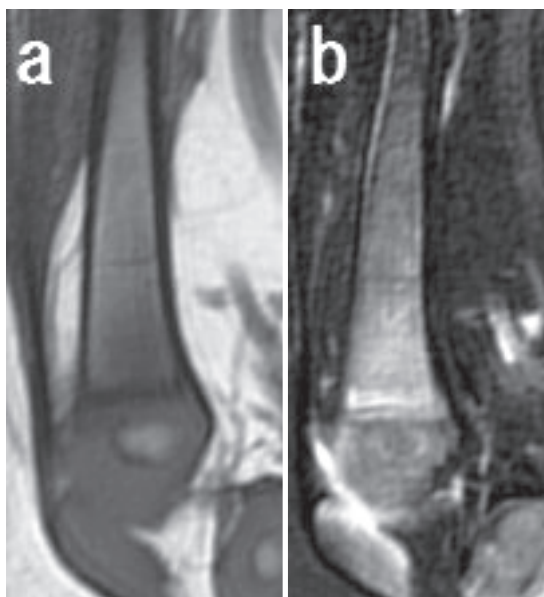


Fig.19 a : T1 強調像矢状断像 b : T2 強調像矢状断像
4 か月女児。大腿骨遠位には、骨端線と垂直に走る線状の構造を認める。赤色髄を反映した所見である。

Physisに底辺を持つFlamed-shape (火炎形状) もしくはPaintbrush appearance (刷毛でかかれたような形状)、Straight vertical marginなどのsignが知られている (Fig.19)。また、外傷後の後・中足部の加重部の変化による赤色髓化も知られており、病変と間違えやすい¹¹⁾ (Fig.20)。

●文献

- 1) Slovis TL : Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging with Website : 11e. 2007/12/4 (Mosby ; 11 版) . (p430-433)
- 2) キース・L・ムーア : ムーア発生学. 原著第8版. 東京, 医療薬出版, 2011, p319-336.
- 3) T.W.Sadler : ラングマン人体発生学. (10 版) . 東京, メディカルサイエンスインターナショナル, 2010, p137-156.
- 4) Wang W, Zhen X, Sun X, et al : The value of different Risser grading systems in determining growth maturity of girls with adolescent idiopathic scoliosis. Stud health technol inform 2012 ; 176 : 183-187.
- 5) Wang SF, Qiu Y, Zhu ZZ, et al : [Assessment of the residual spine growth potential in idiopathic scoliosis by risser sign and histological grading]. Zhonghua yi xue za zhi 2008 ; 88 : 461-464.
- 6) Slovis TL : Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging with Website : 11e. 2007/12/4 (Mosby ; 11 版) . (p1389-1430)
- 7) Slovis TL : Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging with Website: 11e. 2007/12/4 (Mosby ; 11 版) . (p2556-2593)
- 8) Staheli LT : Torsional deformity. Pediatr clin North Am 1986 ; 33 : 1373-1383.
- 9) Salenius P, Vankka E : The development of the tibiofemoral angle in children. J bone Joint Surg Am 1975 ; 57 : 259-261.
- 10) Jouve JL, Kohler R, Mubarak SJ, et al : Focal fibrocartilaginous dysplasia ("fibrous periosteal inclusion") : an additional series of eleven cases and literature review. J Pediatr Orthop 2007 ; 27 : 75-84.

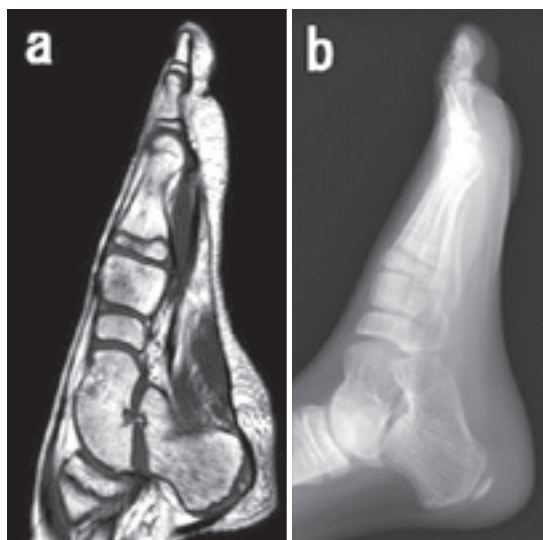


Fig.20 a : T1 強調像矢状断像
b : 足単純X線写真側面像
11 歳男児。足根骨はT1 強調画像で不均一な低信号を呈している。特に症状はなく、体重負荷による骨髓不均一を見ていると思われる。

- 11) Santos M, Valente E, Almada A, et al : Tibia valga due to focal fibrocartilaginous dysplasia : case report. J Pediatr Orthop B 2002 ; 11 : 167-171.
- 12) Verhoeven N, De Smet L : Focal fibrocartilaginous dysplasia in the upper limb :case report and review of the literature. Genet Couns 2013 ; 24 : 373-379.
- 13) Lawson JP: Symptomatic radiographic variants in extremities. Radiology 1985 ; 157 : 625-631.
- 14) Safran MR, McDonough P, Seeger L, et al : Dorsal defect of the patella. J Pediatr Orthop B 1994 ; 14 : 603-607.
- 15) Zbojniewicz AM, Laor T : Focal Periphyseal Edema(FOPE) zone on MRI of the adolescent knee : a potentially painful manifestation of physiologic physeal fusion? AJR Am J Roentgenol 2011 ; 197 : 998-1004.
- 16) 杉浦保夫, 中沢 修 : 骨年齢. 1968/09 (中外医学社).
- 17) Laor T, Jaramillo D : MR imaging insights into skeletal maturation : what is normal? Radiology 2009 ; 250 : 28-38.
- 18) Varich LJ, Laor T, Jaramillo D : Normal maturation of the distal femoral epiphyseal cartilage: age-related changes at MR imaging. Radiology 2000 ; 214 : 705-709.
- 19) Thapa MM, Iyer RS, Khanna PC, et al : MRI of pediatric patients : Part 1, normal and abnormal cartilage. AJR Am J Roentgenol 2012 ; 198 : W450-455.
- 20) Okada Y, Aoki S, Barkovich AJ, et al : Cranial bone marrow in children: assessment of normal development with MR imaging. Radiology 1989 ; 171 : 161-164.

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

骨シンチグラフィ, 腎シンチグラフィおよび¹²³I-MIBG シンチグラフィの生理的発達とピットホール

内山眞幸

東京慈恵会医科大学 放射線医学講座

Physiological development and pitfalls on bone scan, renal scintigraphy and ¹²³I-MIBG scintigraphy

Mayuki Uchiyama

Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine

Abstract

A worldwide survey performed by the Nuclear Medicine Global Initiative showed that the 3 most common procedures were bone scans using ^{99m}Tc, radionuclide renogram using ^{99m}Tc and renal scarring and differential function imaging using ^{99m}Tc DMSA, followed by ¹²³I-MIBG scintigraphy. Pitfalls and pseudodiseases are presented on bone scan, renal scintigraphy and ¹²³I-MIBG scintigraphy. On bone scan, physiological development has to be recognized. Physiological increased accumulation is seen in the growth lines, especially hot spot in the ischiopubic synchondrosis is recognized in children about 10 years of age and disappears after 1~2 years. Steroid has an effect on the finding of the growth lines. On radionuclide renogram, water loading must be performed before the examination, and emulgent challenge has to be considered to estimate obstruction of urinary tract. Setting the region of interest is considered with attention to evaluate renal function and obstruction of urinary tract in patients with duplication of renal collecting system or ectopic kidney. On ¹²³I-MIBG scintigraphy, physiological accumulation in lachrymal gland, salivary gland and brown adipose tissue has to be distinguished from tumor accumulation. Generally inflammatory tissue does not take up MIBG, although MIBG accumulates in radiation hepatitis.

Keywords : *Bone scan, Renal scintigraphy, ¹²³I-MIBG, physiological development*

はじめに

Nuclear Medicine Global Initiativeが、「核医学分子イメージングの分野が前進することで健康増進に寄与する」「教育・ガイドラインや他の方策の制定において世界的一致を振興する」「質と安全を改善する」目的で結成された¹⁾。世界各国の核医学会に加え、International Atomic Energy

Association (IAEA) も参加し構成している。はじめの活動として「小児至適投与量協調委員会」が2012年に立ち上げられ、本邦より筆者が参加した。この活動の一環として、世界的規模の実態調査を行うこととなり、2014年7月21日から8月19日までWebにてアンケートが施行された。この集計を筆者は行った。アンケート参加は29

か国313施設となり、この中で日本からの参加は98施設に及んだ。アンケートの問いの中に「小児領域とは何歳までを指すか」があった。この回答は、16歳と18歳に大きなピークがあったが、最年長では29歳との回答もあった。日本での14もしくは15歳までとの考えは、他国に比し低年齢帯に属した。

世界的には、小児領域でどのような核医学検査が施行されているのであろうか。全体として検査数上位5位以内に挙げられた検査のうち最も多かった検査が、骨シンチグラフィ、腎動態シンチグラフィ、 ^{99m}Tc -DMSA腎静態シンチグラフィであり、次いで ^{123}I -MIBGシンチグラフィ、甲状腺シンチグラフィであった。 ^{123}I -MIBGシンチグラフィの占める割合は、北米、イスラエルに多かった。検査種に関しては日本の独自性が見られ、最も多い検査種に脳血流シンチグラフィ、 ^{123}I -IMZ中枢性ベンゾジアゼピンレセプターイメージを挙げたのは日本だけであり各7施設、3施設であった。また、各々1施設であったが ^{67}Ga シンチグラフィ、 ^{99m}Tc -GSA肝アシアロシンチグラフィを挙げた施設が日本にはあった。 ^{99m}Tc -GSA肝アシアロシンチグラフィとの回答施設は、肝移植を多く手がける施設であった。また ^{99m}Tc -MAA肺血流シンチグラフィを最も多い検査に挙げたのは、日本7施設の他に米国、オーストラリアで1施設ずつあった。これらの米国およびオーストラリアの施設は年間検査数が3000件またはそれ以上の小児専門病院であり、先天性心疾患にかなり特化した施設であることが予想された。心筋血流シンチグラフィを挙げたのは日本3施設の他に中国で1施設あった。日本では保険未承認であるため検査数の少ない、胃食道シンチグラフィが他の地域では挙げられた。この検査は胃食道逆流の有無を見たり、胃及び腸での食餌の通過速度を測定したりする検査である。実際患児が摂取するミルク、栄養補助飲料、治療乳、固形食に0.1ccほどの ^{99m}Tc 製剤を混ぜて検査ができるため、食餌そのものの動きを観察できる。 ^{123}I -MIBGシンチグラフィが未だ使用できない南米及び中東の一部では ^{131}I -MIBGの使用が余儀なくされていた。

このような背景のなか、今回は世界的にも検

査数の多い骨シンチグラフィ、腎動態シンチグラフィ、 ^{123}I -MIBGシンチグラフィに注目する。

筆者は埼玉県立小児医療センターにて長年非常勤勤務を行っている。本稿における症例は、埼玉県立小児医療センター放射線部長小熊栄二先生のご厚意により提示させて頂いていることを初めに明示したい。

骨シンチグラフィ

本検査は、全身の骨が検索できる特徴を持つ。 ^{99m}Tc -MDP (methylene diphosphonate)または ^{99m}Tc -HMDP (hydroxy methylene diphosphonate)を用いる。骨代謝の亢進、骨吸収や骨破壊に伴う骨新生、生理的・非生理的石灰化などが起こっている部位で集積がみられるため、骨腫瘍や炎症を検索するのに用いる。ミネラルの骨への沈着がおこっていると陽性像として描出され、溶骨性変化や血流がないと陰性となる。対象疾患は神経芽腫をはじめとする腫瘍性疾患の骨転移検索に加え、ランゲルハンス細胞組織球症Langerhans cell histiocytosis (LCH)の広がり診断、治療効果判定、ペルテス病Legg-Calve-Perthes diseaseの早期診断は小児に特徴的である。局所高集積のみが所見ではなく、欠損、集積低下、びまん性集積低下及び亢進も重要な所見である。特にLCHでは部位により所見が異なり、頭蓋骨は打ち抜き像やボタン状腐骨像、大きなものは地図状骨吸収像を呈し、下顎では歯牙の浮遊像を示す。胸骨でも打ち抜き像を認める。椎体は扁平化することが多い。骨盤骨、肩甲骨では膨隆と骨皮質の硬化像、長管骨では虫食い像が見られ、周囲に骨硬化と骨膜反応を伴う。骨シンチグラフィではLCHの打ち抜き像は内部が完全欠損となり周囲は軽度集積亢進を示すのみである。椎体の潰れは集積亢進の程度が低い。骨盤骨、肩甲骨では膨隆と集積亢進がある。長管骨では著しい高集積を呈し、膨隆を伴う。よって椎体の潰れが軽度な場合、骨シンチグラフィで病変を検出できないことがある可能性をよく認識し、他の画像を積極的に参照する必要がある。ペルテス病では、大腿骨頭は発症時集積欠損となる。これに接する骨端線および大腿骨頸部の集積程度に注目する必要がある。再灌注が起こり始め

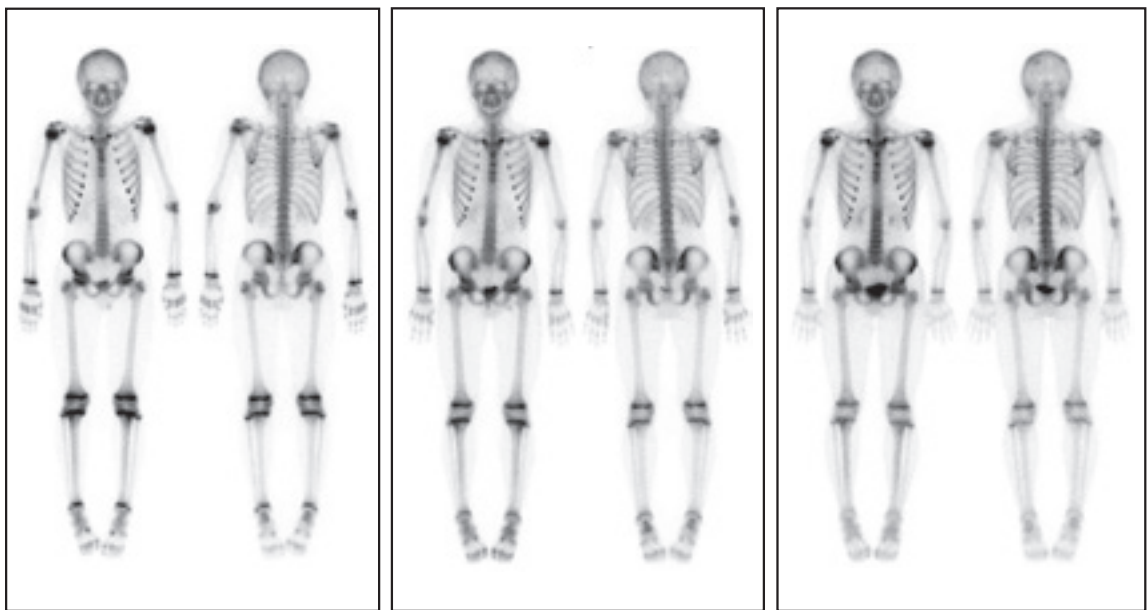


Fig.1 Follow-up bone scans for a boy with LCH at 15 years old (a) , 16 years and 6 months old (b) , 17 years and 6 months old (c) . Until 16 years old, high accumulation is seen at growth lines. At 17 years old, physiological accumulation of growth lines decreases.

ると骨端線の集積がまず亢進し、健側より高集積となる。

小児の生理的発達で注目すべきは骨端線集積の変化である。長管骨では骨端線に沿って線状に高集積を呈す。肘関節周囲では、集積亢進が不明瞭であり、亢進の程度が低い。思春期以降集積は低下し、成人では高集積は消失する。骨端線早期閉鎖の診断にも寄与する。女兒では13～15歳より集積が低下し始め、男児では16歳より集積低下が起こり始める例もあれば、20歳でまだ高集積を維持する症例もあり、集積低下が起こる年齢帯の幅が男児では大きい。Fig.1にLCH経過観察中に17歳6か月時の検査で骨端線集積が低下した症例を示す。16歳6か月までは骨端線集積は高集積を示していた。下肢は全体的に集積が低下するが、上腕骨近位は集積低下が遅れる。骨病変は骨幹端に多いため、骨端線に接しかつ集積程度の低い異常を見逃さないように

する必要がある。また小児固形腫瘍で最も多い神経芽腫の骨多発転移は左右対称に見られることが多く、上腕骨近位、大腿骨転子間近傍の集積異常は慎重に観察する必要がある。坐骨恥骨軟骨結合の生理的高集積は9歳より11歳くらいまでの間に1～2年継続して見られる。10歳で高集積を観察する症例が最も多い。5歳で高集積を呈し始める症例もまれにあるため、注意が必要である。また左右非対称に集積する場合があり、左右のどちらかの高集積がより長く残存することはよく経験する。

骨集積に影響を及ぼす薬剤ではステロイドが挙げられる。特に骨端線集積の変化は顕著で、骨端線の集積低下を示し、線状の明瞭な集積亢進が消失することがある。また集積低下と不明瞭化が見られ、通常明瞭である骨端線の境にぼけが見られ、骨幹に向けて集積が段階的に低下してくることもある。

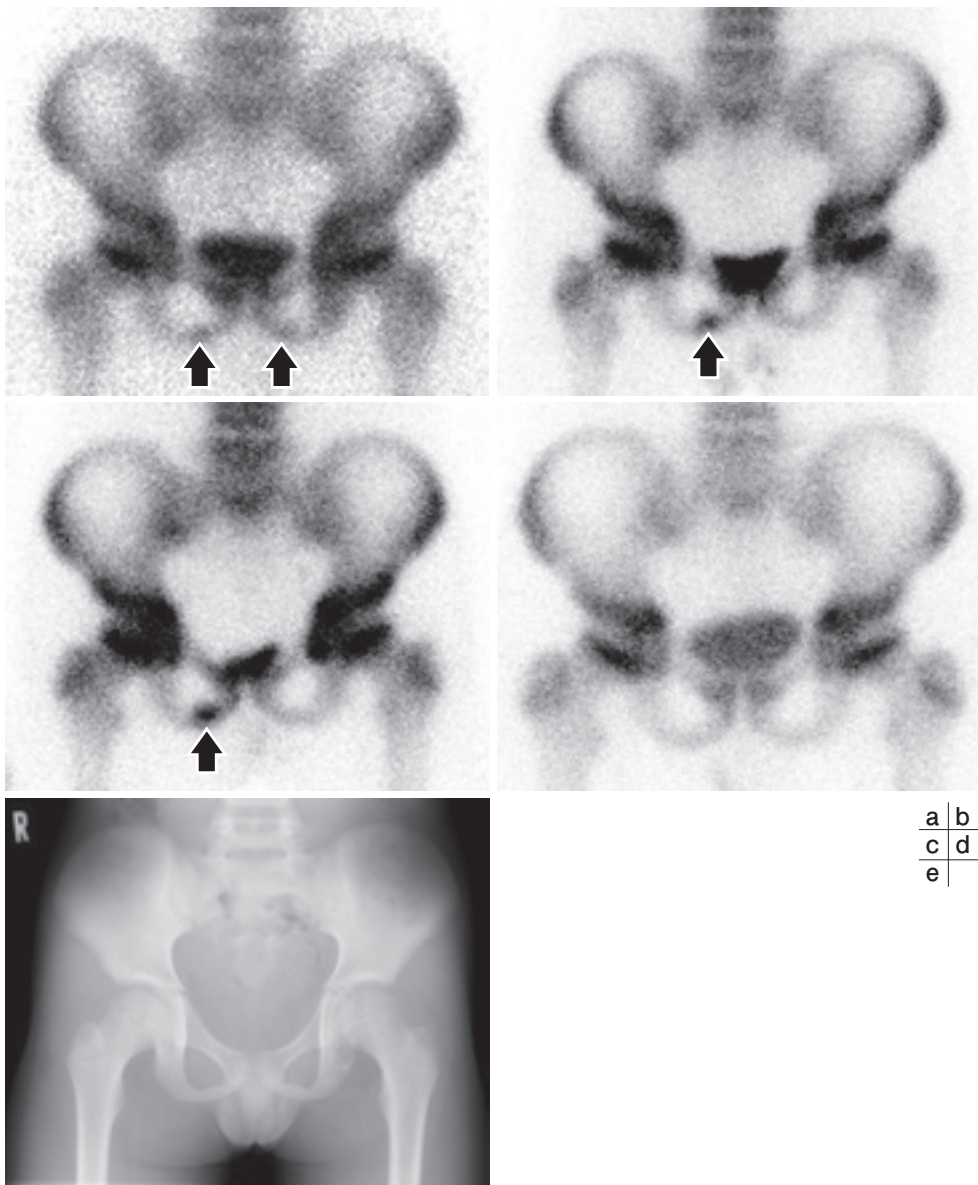


Fig.2 LCH in a boy 10 years of age.

- a : Bone scan at 10 years and 5 months old shows abnormal increased accumulation in left ischium indicated LCH finding and mild increased accumulation in bilateral ischiopubic synchondroses (IS) distinguished physiological finding.
- b : At 11 years and 7 months old, right IS accumulates more and increased accumulation in left IS disappears.
- c : At 11 years and 9 months old, accumulation of right IS increases more.
- d : At 13 years and 10 months, increased accumulation in right IS disappears.
- e : The pelvic radiograph shows osteolytic lesion with expansion in left ischium considered LCH finding, no abnormality in bilateral ischiopubic synchondroses.

坐骨恥骨軟骨結合生理的集積変化 (Fig.2)

10歳5か月発症, LCH男児症例の骨盤部骨シンチグラフィを示す. 10歳5か月では坐骨恥骨軟骨結合は左右対称に高集積を示し, 軽度膨隆を伴う. 左坐骨高集積はLCH病変所見である. 11歳7か月では右の集積がさらに亢進し膨隆の程度も強くなっているが, 左の高集積は消失している. 11歳9か月では右はさらに集積亢進となり, 左は引き続き集積亢進は見られない. 13歳10か月では右の集積亢進は消失し, 形態の膨隆も見られない. 10歳5か月時の骨盤単純写真を示すが, 坐骨恥骨軟骨結合は正常所見が見られるのみである. 左坐骨には軽度膨隆と内部に透亮像があり, この辺縁に軽度硬化像を伴っているLCH所見が見られる.

ステロイド投与による骨端線集積低下 (Fig.3)

2歳発症神経芽腫男児, 8歳児に多発骨転移が再燃し, 急速に増悪を呈している. 再燃時撮像より1か月後の骨シンチグラフィにて, 長管骨の骨端線の生理的高集積が全て消失し, 骨端線が不明瞭となっている. この間にステロイドの大量投与が施行された. ^{123}I -MIBGシンチグラフィより, 大腿骨遠位, 脛骨近位などには腫瘍浸潤所見はなく, 骨端線集積不明瞭化の原因は腫瘍浸潤でないことを示している. 神経芽腫は最初の治療レジメンにステロイドがないため, 骨シンチグラフィを病期分類に用いた時点で, すでに治療が開始されていても, 骨端線の集積に異常は起こらないが, 悪性リンパ腫の場合は検査時にすでにステロイドが開始されている場合がある. このときに, 骨端線の集積不明瞭があると, 腫瘍浸潤を疑う所見となり, 誤診する恐れがあるため, 治療経過の確認と骨端線集積不明瞭の範囲が局所であるのか全体に及ぶかをよく観察する必要がある.

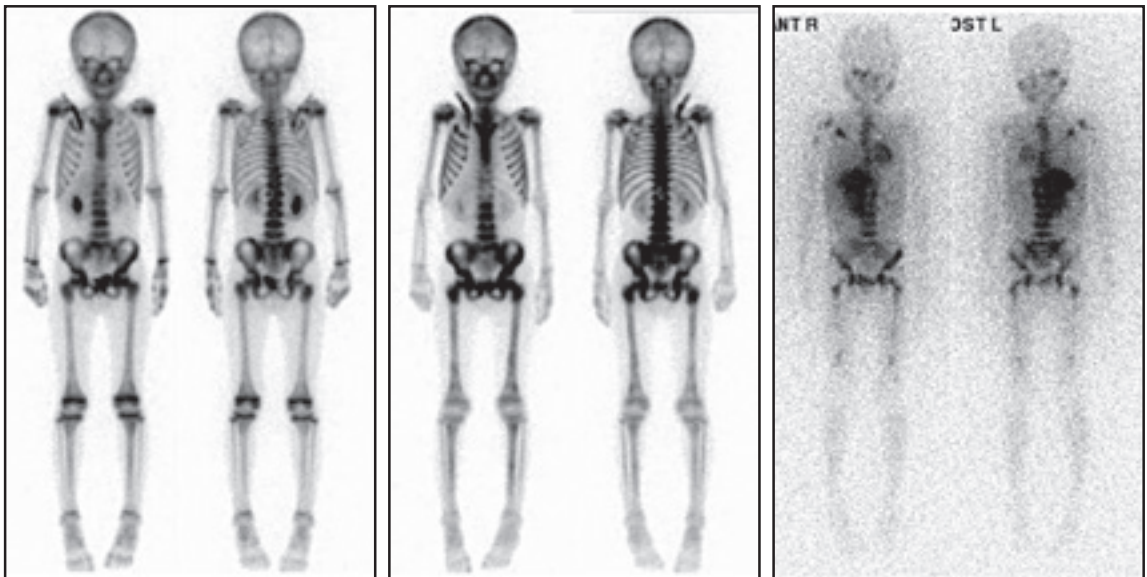


Fig.3 Recurrent multiple bone metastases of neuroblastoma in a boy 8 years of age
 a : Bone scan shows abnormal accumulation in multiple regions of skeletal systems.
 b : After steroid therapy, physiological accumulation of growth lines decreases.
 c : ^{123}I -MIBG scan does not show metastases around of knee joints.

腎動態シンチグラフィ

糸球体から濾過され再吸収されない^{99m}Tc-DTPA (diethylene-triamine-pentaacetic acid), 近位尿細管から能動的に尿中に分泌され再吸収されない^{99m}Tc-MAG₃ (mercaptoacetyl-triglycine) を用い、腎血流、機能、尿路の流れを評価する。小児では生後4週までは腎機能が未熟であり、その後1歳に向け速い速度で腎機能が発達する。よって0歳児では腎機能が低下した所見となるが、生理的発達であることを認識する必要がある。これは近位尿細管沈着物質を使用する^{99m}Tc-DMSA腎静態シンチグラフィでも同様である。本検査を小児領域で施行する場合、水腎症の原因検索、尿路の開存性評価が主な検査目的となる。尿路の開存性を評価するに当たり、利尿薬負荷も行う。検査30分前に飲水もしくは点滴にて水利尿をつける必要がある。水負荷が未施行もしくは不十分であると、核種が腎杯腎盂に貯留する傾向が強くなる。検査前水分摂取は必須である。また小児は腎周囲腔の脂肪識が少ないため、腎周囲腔脂肪識の多い成人と比較し、腎杯腎盂と尿管の位置関係において、尿管に対して腎杯腎盂がより背側となる。よって、仰臥位にて検査施行するため小児では腎杯腎盂に核種が貯留する傾向が強い。このため特に尿路の開存性を評価する場合は検査前の水分摂取、利尿薬負荷を行わないと、尿路の開存性が不良となる所見が出る傾向が強くなる。全ての核医学検査は使用する放射性医薬品の量が著しく少ないため、検査薬の薬理作用を無視できる。よって腎不全、肝不全、移植直後の症例でも検査が可能である。しかし負荷薬に関してはその薬理効果を期待して使用することとなる。利尿薬負荷時に通常使用しているフロセマイドに関しては、高度腎機能低下、尿量低下などがあれば使用できないが、腎機能が保たれ、尿量が維持出来ていれば、使用可能である。検査前に腎の位置、水腎症があればその程度、腎機能障害の有無など観察しておく必要があるため、血液検査、超音波検査が施行されていることが望ましく、フロセマイド負荷が可能かを確認する必要がある。

両側腎に関心領域を置いて、各腎の時間放射

能曲線を示したものがrenogramである。乳児では相対的に膀胱が大きく、腎下極と膀胱が重なることがある。Renogramを用いて糸球体濾過量、尿細管分泌量を算出するため、腎全体に関心領域に設定しないと、これらの値が過小評価される。しかし膀胱へ移行した核種が腎の関心領域に入ると、時間放射能曲線は再上昇を示すこととなり、正確なRenogramを評価できなくなる。よって腎下極と膀胱が重なった場合は、腎全体に関心領域とした評価と膀胱を除いた領域での関心領域と双方を提示するのが望ましい。腎関心領域設定に注意が必要な疾患に、重複腎盂尿管がある。特に膀胱尿管逆流、上腎由来尿管の異所性開口に伴う水尿管などにより、上腎下腎の水腎症の程度、腎実質菲薄化の程度が異なることは多い。上腎下腎双方に別々の関心領域を設定し、各々の機能、尿路の開存性を評価することは必須である。

腎動態シンチグラフィのみならずむしろ腎静態シンチグラフィで問題となることであるが、低形成腎の場合、低形成ながらもわずかに機能があり、その低形成腎のため遺尿、尿路感染などの臨床症状があり、腹腔鏡下に摘出対象となる場合がある。多くは異所性であり、ごく軽微な集積のため、集積箇所の同定、機能評価は必要であるが、困難な場合がある。しかも対側腎に代償性機能があるため、通常より集積程度が高く、さらに画像処理に工夫が必要となる。このように左右腎の集積が大きく異なる場合は、画像処理の段階で、低集積腎の形態が認識できるように別に調整した画像を加えて作像する必要がある。また異所性低形成腎は背側からは認識できなくても、腹側からは観察できる場合があるため、撮像を腹側からも行う必要がある。

腎瘻挿入若しくは膀胱内カテーテル留置が行われている症例に関しては、これらをクランプするか否かも検査前に検討しておく必要がある。腎盂尿管移行部狭窄が高度で、腎瘻挿入例では、単に腎の血流機能を観察する目的の場合はクランプの必要がないが、尿路の疎通性を見る目的の場合はクランプする必要がある。その際対側腎の機能および尿路の開存性が保たれていることを確認すべきである。膀胱カテーテルに関し

でも、膀胱の伸展性を観察する目的があれば、クランプするが、両側腎から尿管までの観察で十分な場合はクランプの必要はない。クランプしない場合は尿バックを撮像範囲内に置いておくと核種膀胱移行量を確認できる。

両側水腎症があり尿管膀胱の描出がなかった例 (Fig.4)

両側水腎症があり、腎機能および尿路の開存性診断目的にて $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 腎動態シンチグラフィが施行された3か月男児。検査前飲水負荷およびフロセマイド負荷はされていない。観察開始より30分後に膀胱にごくわずかに核種

が移行しているのみで、尿管の描出もない。Renogramは両側とも閉塞型を示している。本症例は両側水腎症があるが、腎に腫大がなく、腎実質の厚みも保たれ、明らかな腎機能障害を生化学上認めず、フロセマイド負荷は可能と考える。尿管への核種移行がほとんどなく、本検査の結果をそのまま評価すると腎盂尿管移行部は高度狭窄となり、臨床的所見と不一致を示す開存性の過小評価となる。このような画像となった場合は、ダイナミック撮像後、一端座位にして、再度撮像すると尿管への流れが本当に不良であるか否かを観察することが可能なため、撮像時の工夫も必要である。

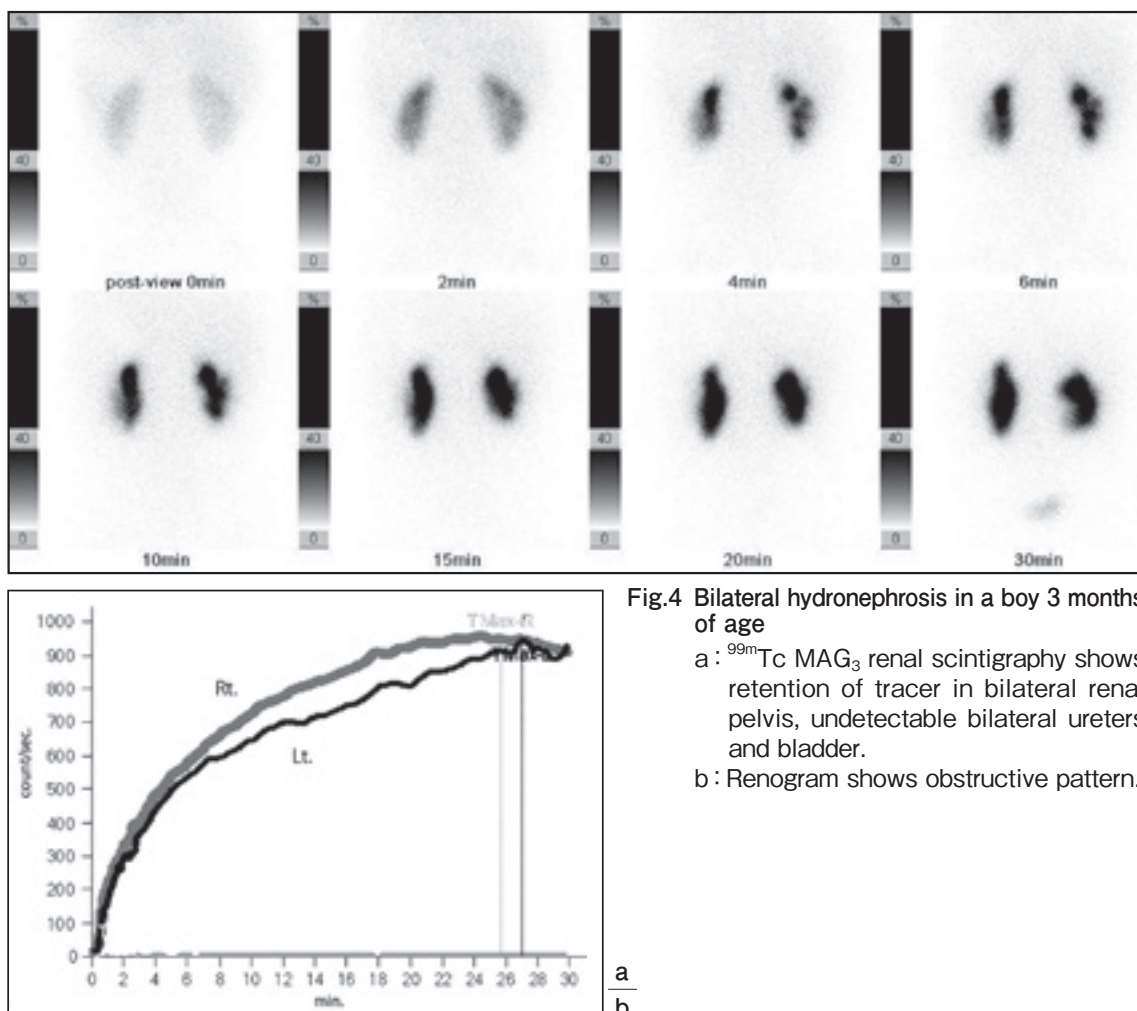


Fig.4 Bilateral hydronephrosis in a boy 3 months of age

a: $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ renal scintigraphy shows retention of tracer in bilateral renal pelvis, undetectable bilateral ureters and bladder.

b: Renogram shows obstructive pattern.

¹²³I-MIBG
(meta-iodobenzylguanidine)
シンチグラフィ

神経堤腫瘍すなわち Amine Precursor Uptake and Decarboxylation のメカニズムを有し神経分泌顆粒があると考えられる APUDoma と呼ばれる腫瘍への特異的集積を示す MIBG は、小児領域では神経芽腫の広がり診断、治療効果判定に用いる。他に褐色細胞腫、甲状腺髄様癌、神経内分泌腫瘍、paraganglioma に集積する。腫瘍に特異的に集積し炎症や術後性変化による影響を受けないため、特に骨転移の治療効果判定に有用である。生理的集積部位として心筋を主とした横紋筋、涙腺、唾液腺、甲状腺、肝臓に加え褐色脂肪細胞²⁾がある。¹²³I-MIBG にて腫瘍を評価する場合、24 時間後撮像は必須である。3 時間像などの早期撮像に比較し、24 時間像では生理的集積は相対的に低下し、腫瘍集積が高くなる。生理的集積が低下すると、集積形態が不明瞭となるため、観察に注意する必要がある。大きな神経芽腫や多発転移があり、腫瘍に移行する核種量が多いと生理的集積は相対的にかなり低下し、無集積となることがある。しかし治療後には腫瘍への核種移行量が減少するため、生

理的集積が相対的に増加してくる。よって効果判定での経過観察では生理的集積に変化が起こる。神経芽腫骨転移部位において眼窩縁は好発部位である。治療効果判定時に腫瘍への集積が消失か否かを評価しなくてはならないが、涙腺の生理的集積および下顎骨転移があった場合の唾液腺生理的集積は判定を慎重に行う必要がある。褐色脂肪細胞は若年者の僧帽筋、広背筋に沿って集積があり、冬季での描出率が高く、同一症例を経過観察する場合でも描出されたり、されなかったりする。左右対称に集積することが多いが、非対称のこともある。通常は炎症巣には集積しないが、放射性肝臓炎には集積するため、読影に際しては注意が必要である。これまで放射性腎臓炎への高集積は経験していない。

褐色脂肪細胞への生理的集積 (Fig.5)

5 か月にて治療開始された神経芽腫女児。7 か月時の経過観察 ¹²³I-MIBG にて両側肩に集積亢進が出現した。集積部位より褐色脂肪細胞への生理的集積と判断される。同時期に撮影された CT でも同部位には異常は見られていない。左腹部の集積は後腹膜原発神経芽腫の描出である。

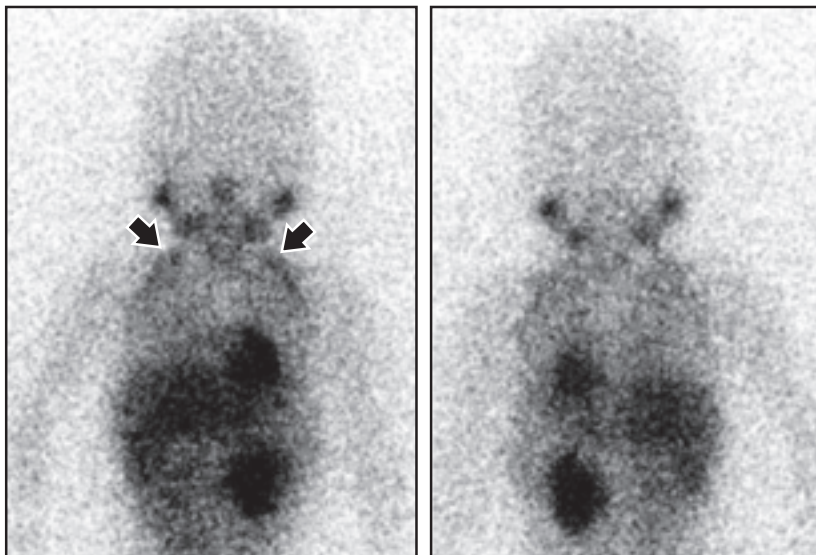


Fig.5
Neuroblastoma in a girl 7 months of age. ¹²³I-MIBG scan shows increased accumulation in bilateral shoulders considered physiological finding.

a : ANT
b : POST

a | b

放射性肝臓炎への ^{123}I -MIBG集積 (Fig.6)

5歳時発症神経芽腫女児。後腹膜原発の神経芽腫で、広範な多発骨転移を認めた。化学療法、腫瘍摘出術、腫瘍床への放射線治療、骨髄移植が施行された。放射線治療2年後の経過観察 ^{123}I -MIBGにて肝内に矩形の集積亢進領域を認めた。SPECT撮像でも明瞭な腹背方向へ矩形の肝内集積亢進を示す。集積亢進領域は照射野に一致した。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT肝胆道シンチグラフィが施行され、同部位の局所肝機能が評価された。 ^{123}I -MIBG集積亢進領域に一致して、集積低下が見られ、局所肝機能低下が示された。放射線治

療1年6か月後のCTでは肝内 ^{123}I -MIBG高集積領域に一致し、肝は低吸収を呈し、肝内に転移の再発が見られた。放射線治療2年6か月後のCTでは、放射線治療1年6か月後のCTでの肝内低吸収領域は明らかに萎縮し、右葉に見られた肝転移が多発となり、この領域が腫大している。

通常このような範囲での外照射は施行されないが、腫瘍床への照射野に肝辺縁のごく狭い領域が含まれることがある。その場合 ^{123}I -MIBG高集積が肝辺縁のごく一部に見られることになり、再発病変との鑑別が問題となる。放射線治療施行の有無及び照射野の確認が必要となる。

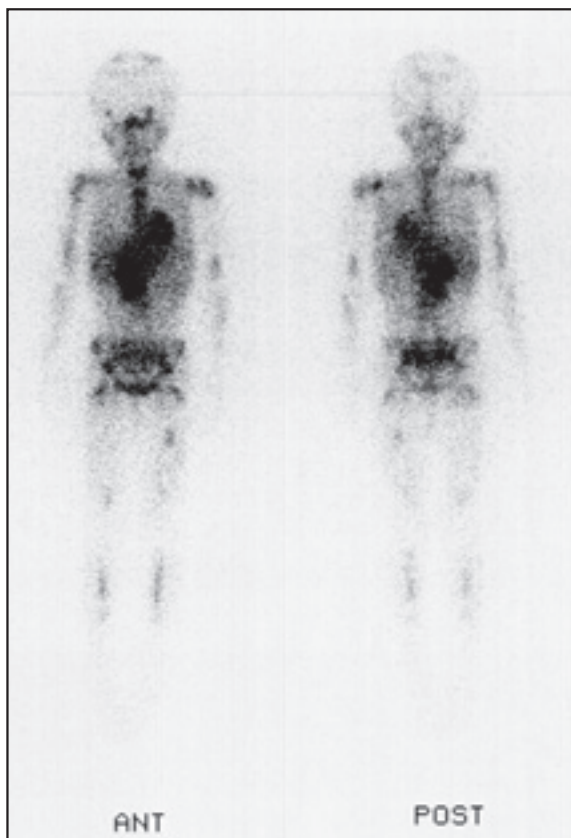
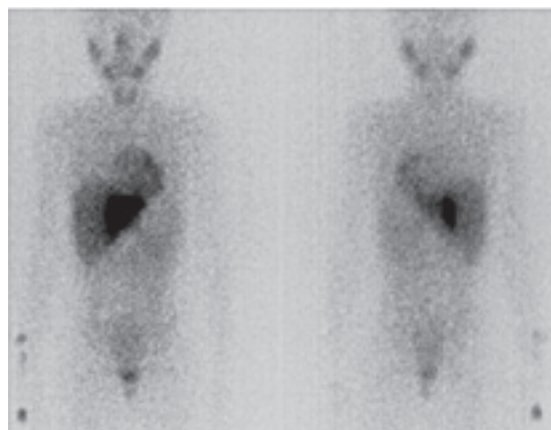
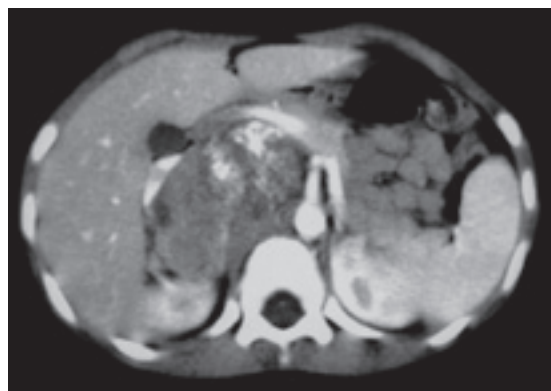


Fig.6 Neuroblastoma in a girl 5years of age

a : CT shows a huge mass in retroperitoneum.

b : ^{123}I -MIBG scan shows abnormal accumulation in abdomen and wide spread skeletal system.

c : Follow-up ^{123}I -MIBG scan 2 years after radiation therapy shows increased accumulation in liver with triangular shape.

a | b
c |

(次ページへ続く)

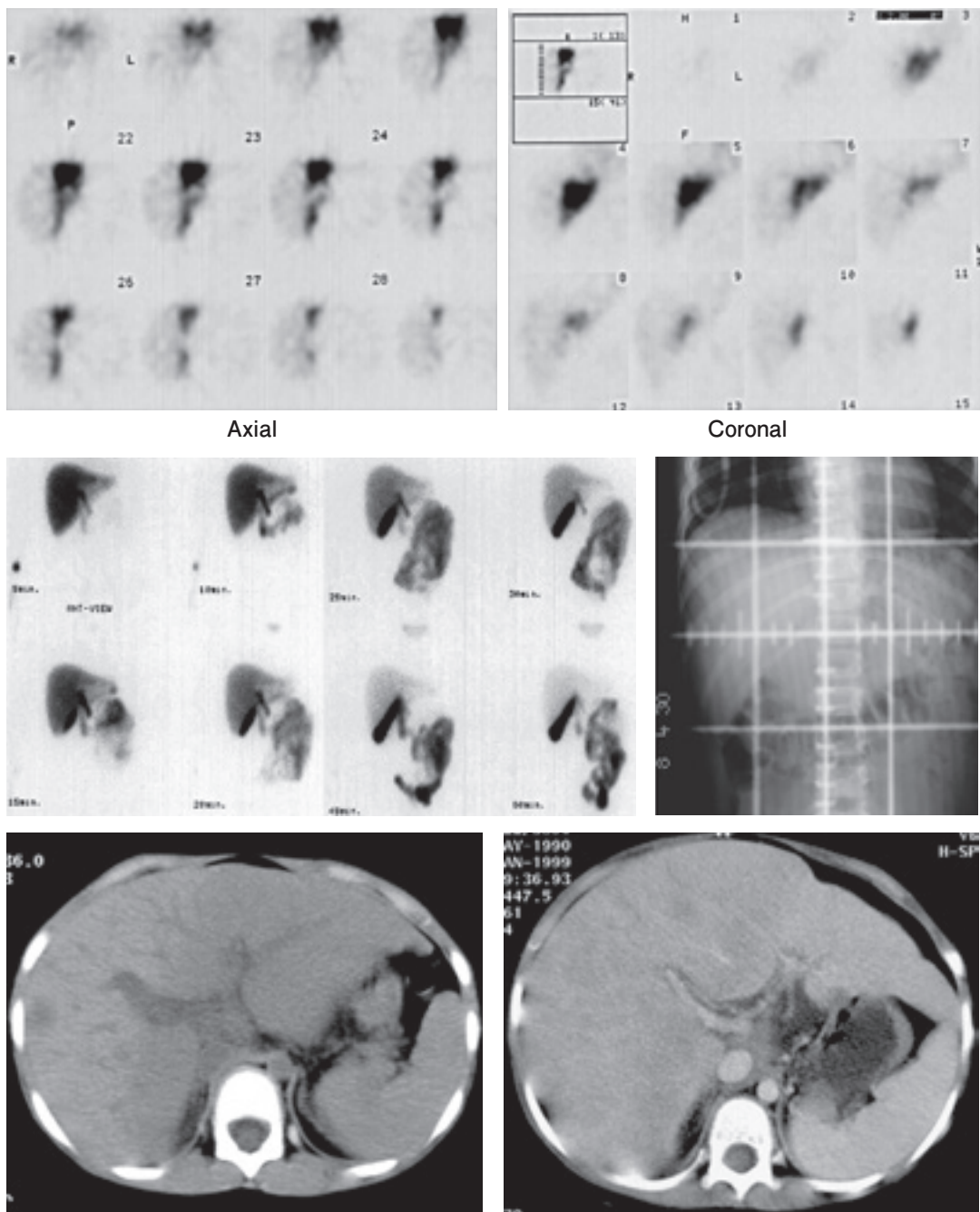


Fig.6

d : SPECT shows rectangle shaped accumulation in liver.

e : ^{99m}Tc -PMT hepatobiliary scintigraphy shows decreased accumulation in liver with abnormal avidity on ^{123}I -MIBG.

f : Exposure field includes liver with abnormal avidity on ^{123}I -MIBG.

g : One year and 6 months after radiation therapy, CT shows low density area in liver with abnormal avidity on ^{123}I -MIBG and metastasis in right lobe.

h : Two year and 6 months after radiation therapy CT shows atrophy in low density area in liver on the previous CT and multiple metastases.

d
e f
g h

おわりに

核医学検査は体内に投与した医薬品の動態を可視化し、定量する分野である。生理的集積部位、生理的発達による集積変化、排泄経路を理解し、腫瘍シンチグラフィの場合は炎症巣への集積の有無など、他病変へ集積するか否かを知っておく必要がある。 ^{67}Ga 、 ^{18}F -FDGの炎症巣への集積は周知であり、炎症巣検出目的で検査が施行されることが多い。その他に ^{131}I は甲状腺分化癌内照射治療に用いるが、炎症巣に集積する。よって自己免疫性皮膚炎など難治な炎症性疾患があると、炎症部位の吸収線量を鑑み、治療続行が困難となる場合がある。 $^{111}\text{InCl}$ 骨髓シンチグラフィも炎症巣に集積するため、滑膜炎がある造血能の低下した症例では、骨よりむしろ関節周囲集積が高くなる。今回は触れていないが、生理的発達で最もダイナミックな変化が起こるのは脳血流シンチグラフィ、 ^{123}I -IMZ中枢性ベンゾジアゼピンレセプターイメージである。

●文献

- 1) Fahey FH, Bom H, Chiti A, et al : Standardization of administered activities in pediatric nuclear medicine: a report of the first nuclear medicine global initiative project, part 1-statement of the issue and a review of available resources. J Nucl Med 2015 ; 56 : 646-651.
- 2) Okuyama C, Ushijima Y, Kubota T, et al : ^{123}I -Metaiodobenzylguanidine uptake in the nape of the neck of children: likely visualization of brown adipose tissue. J Nucl Med 2003 ; 44 : 1421-1425.

原 著 論 文

腹腔鏡下腎・尿管摘除術の術前検査における 腎静態シンチグラフィの有用性の検討

益子貴行^{1,2)}, 小熊栄二³⁾, 佐藤裕美子³⁾, 多田 実²⁾

自治医科大学附属さいたま医療センター 周産期科¹⁾

埼玉県立小児医療センター 泌尿器科²⁾, 放射線科³⁾

Usefulness of preoperative renal scan in children before laparoscopic nephroureterectomy

Takayuki Masuko^{1,2)}, Eiji Oguma³⁾, Yumiko Satou³⁾, Minoru Tada²⁾

Perinatal & Neonatal Medicine, Saitama Medical Center Jichi Medical University¹⁾

Department of Pediatric Urology²⁾, Radiology³⁾, Saitama Children's Medical Center

Abstract

Purpose : We examined preoperative renal function on Dimercaptosuccinic acid (DMSA) renal scan in children who are candidates for laparoscopic nephroureterectomy.

Methods : A single-center retrospective review of preoperative DMSA renal scan of 17 children undergoing laparoscopic nephroureterectomy at our institution between January 1999 and December 2011 was performed. Patient characteristics, preoperative DMSA uptakes, estimated creatinine-based glomerular filtration rates (eGFR) and pathological findings were analyzed.

Results : A total of 17 laparoscopic nephroureterectomies were performed after preoperative DMSA scan (6 boys, 11 girls). Their median age was 5 years. The left kidney was affected in 13 cases and the right in 4. Uptake on DMSA on the affected side ranged from nonspecific to 1.8%, and on the healthy side from 18.3 % to 44.5 %. The uptakes of 14 patients were less than 1%. The average uptake in 8 girls suffering from enuresis diurna was 0.29 %. All of their unaffected kidneys showed compensatory hypertrophy on renal scan. The eGFR values ranged from 66.18 to 129.63ml/min/1.73 m². Total uptakes of both kidneys were closely correlated with their eGFR. The entire kidneys were detected laparoscopically and all atrophied kidneys could be removed via an umbilical port incision.

Conclusion : DMSA revealed the affected side to be wasted and healthy side to be compensated. These findings may be relevant given the reliance placed on renal scan in planning treatment for pediatric candidates for laparoscopic nephroureterectomy.

Keywords ^{99m}Tc-DMSA, Scintigraphy, Renal scan, Children, Laparoscopic nephroureterectomy

原稿受付日：2014年7月23日

最終受付日：2015年6月9日

背景と目的

小児の良性疾病においても腎・尿管摘除術が適応となる症例が存在する。機能が低下した患側腎の摘除の適応は意見が分かれるところではあるが、感染を繰り返す症例、失禁など有症状例で生活の質 (QOL) を下げる場合や、萎縮して部分的に残存させることが困難な症例にはその判断が必要になる。一方で小児における腎・尿管摘除術の術前診断における患側および健側腎の機能評価を検討した報告は少ない。

近年では小児泌尿器科領域でも腹腔鏡手術の適応は拡大しており¹⁾、腹腔鏡下腎・尿管摘除術も広く行われるようになってきている。小児の腎・尿管摘除術においては良性疾病であり、萎縮腎の摘出には創の小さい腹腔鏡手術は整容性も含めて有用である²⁾。今回我々は、腹腔鏡下に腎・尿管摘除術を行った症例における腎静態シンチグラフィによる術前検査の結果を後方視的にまとめ、考察したので報告する。

対象と方法

1999年1月から2011年12月までに当センターで男児7例、女児14例の計21例に腹腔鏡下腎・尿管摘除術を施行した。このうち術前検査で^{99m}Tc-dimercaptosuccinic acid (DMSA) を用いた腎静態シンチグラフィを施行した男児6例、女児11例の計17例を対象とした。手術適応に至った基礎疾患および経過、術前のDMSA摂取率、糸球体濾過量および病理所見を後方視的に検討した。

DMSA scanの撮像条件は、前医で施行された症例10を除く16例で、1方向4分でマトリクスサイズは512×512。前面像、後面像、左・右側面像、右・左後斜位像の6方向で、撮像範囲は膀胱を含めた腹部全体とした。SPECT撮影は行っていない。核種として標識後20分以内に^{99m}Tc-DMSAを0歳は37MBq、1～3歳は59.2MBq、4～9歳は93MBq、10歳以上は148MBqを静脈投与し2時間後に撮像した。患側のROI曲線は取り込みのある場所もしくは他の画像所見で腎が示唆される場所を中心に大きめに選定し、画像はすべて放射線科医によって読影された。

糸球体濾過量は2歳から13歳までの13例には

日本小児CKD研究グループの5次式³⁾を用い、2歳未満の4例には便宜的に酵素法で測定した血清クレアチニン値に0.2を加えてSchwartzの式⁴⁾でk値を0.45として暫定値を算出した。

結果

17例のデータを表にまとめた (Table 1)。手術時期は月齢で4から160 (13歳4か月) ままで中央値は64 (5歳4か月) であった。主訴は、女児では11例中8例が昼間遺尿、2例が繰り返す尿路感染症で、1例が神経因性膀胱を伴った逆流性腎症であった。男児では6例中5例が尿路感染症で、1例は胎児期から指摘されていた囊胞腎の精査目的であった。術前診断は尿管異所開口を伴う低/異形成腎13例 (うち女児9例)、逆流性腎症3例 (男児 Vesicoureteral reflux (VUR) 2例、女児神経因性膀胱に伴う2次性VUR 1例)、女児単純性尿管瘤1例で、患側は左13例、右4例であった。患側のDMSA摂取率はバックグラウンドレベルから1.8%で平均0.64%であり、健側の摂取率は18.3%から44.5%で平均31.51%だった。糸球体濾過量 (ml/min/1.732 m²) は算出法が異なる2歳未満では66.18から78.9で平均68.41と低値を示したが、小児CKDステージ判定⁵⁾で2以上の症例は認めなかった。2歳以上の糸球体濾過量 (ml/min/1.732 m²) は70.72から129.63で平均102.98であり、日本腎臓学会のCKD診療ガイドライン2013⁶⁾の病期ステージ2の症例を13例中4例認めた。当院で撮影された16例全例で健側腎は代償肥大ありと放射線科医に読影された。全例が単一尿管であり腹腔鏡下腎・尿管摘出術が施行された。鏡視下に尿管から同定して全例の患側腎を摘除することができた。摘出組織は全例萎縮していたため、臍部創から摘出した。摘出組織の病理診断は低形成腎11例、(低)異形成腎4例、萎縮腎1例、無形成1例であった。女児の昼間遺尿は8例ともに改善した。

考察

^{99m}Tc-DMSAは近位尿細管上皮細胞に長時間留まり、一部は糸球体により濾過され尿細管で再吸収され集積する放射性医薬品である。腎皮質の機能を反映することから、腎静態シンチ

Table 1 腹腔鏡下腎・尿管摘除術を施行した患児の背景と術前検査結果

	性別	手術時年齢	主訴	診断	患側	DMSA 摂取率(%)		術前 eGFR	病理診断
						患側	健側		
1	女児	12歳4か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	NS	34.3	101.2	HK
2	女児	6歳2か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	0.6	18.3	101.4	HK, DK
3	女児	13歳4か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	NS	20.3	109.0	HK
4	女児	10歳6か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	0.2	33.1	90.0	HK
5	女児	5歳4か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	0.6	32.7	84.5	HK
6	女児	5歳5か月	昼間遺尿	尿管異所開口	左	0.2	34.1	97.1	HK
7	女児	6歳	昼間遺尿	尿管異所開口	左	0.5	32.1	123.6	HK
8	女児	4歳1か月	昼間遺尿	尿管異所開口	右	0.2	32.4	122.4	HK
9	女児	2歳2か月	尿路感染症	尿管異所開口	左	0.7	33.5	106.5	HK
10	女児	3歳4か月	尿路感染症	嚢胞腎, 単純尿管瘤	左	0.93	44.53	108.7	HK, DK
11	女児	9歳5か月	神経因性膀胱, 逆流性腎症	逆流性腎症, 両側VUR, 神経因性膀胱	右	1.5	27.8	74.0	AtK
12	男児	5歳8か月	精巣上体炎	尿管異所開口	左	0.7	28.5	98.8	HK
13	男児	0歳4か月	尿路感染症	尿管異所開口	左	0.4	33.1	67.5	HK
14	男児	1歳6か月	尿路感染症	逆流性腎症, 両側VUR, 右PUJO	右	1.8	41.3	78.9	DK
15	男児	0歳8か月	尿路感染症	尿管異所開口	左	0.4	22.9	70.0	DK
16	男児	2歳11か月	尿路感染症	尿管異所開口	左	1.8	35.5	104.3	HK
17	男児	1歳11か月	嚢胞腎精査	盲端尿管, 両側VUR	右	0.3	31.2	66.18	ApK

NS : nonspecific, HK : hypoplastic kidney, AtK : atrophic kidney, DK : dysplastic kidney, ApK : aplastic kidney

ラフィは分腎機能や腎瘢痕の有無を診断できる検査である。今回我々は腎・尿管摘除術の適応となった症例に対して分腎機能の解析を目的としてDMSAを術前検査に行った。

DMSAの摂取率で患側腎機能を検討すると、逆流性腎症の2例と尿管異所開口の1例を除く14例で摂取率が1%を下回った。摂取率が1%以上であっても、感染コントロール不良で高度の逆流性腎症や走行が不明な異所開口尿管の3例では患側腎の残存は育成に不利益をもたらすことが予想されることから摘除の適応と判断した。本検討では患側腎が全例摘除されており、DMSA摂取率が極端に低いことから摘除の適応のカットオフ値を検討するには至らないが、少なくとも2%以下の摂取率の腎は術後の病理所見から摘除の対象として妥当であると考えられた。また、女児で昼間遺尿を認めた8例の摂取率はバックグラウンドレベルから0.6%で平均0.29%であったが遺尿が認められた。摘出組織は全例

で著しく萎縮しており、特別に条件を変更していない通常の撮像条件ではDMSAの摂取率で尿産生能を検討しえないことが示唆された。

健側腎の評価では、読影された全例でサイズとしての代償肥大が指摘されていた。摂取率が30%以上の症例が10例、40%以上の症例が2例であり、腎機能の代償の評価にも有用であると考えられた。一方で、eGFRの5次式が適応できる2歳以上の症例において坂井ら⁷⁾の日本人小児のDMSA摂取率の基準から2例が年齢相当を下回るも、いずれの症例もeGFRは100以上であった。このことから、DMSA摂取率は単一では腎機能の指標とはならず、腎機能は多角的に評価されるべきであると考えられた。

女児の異所開口尿管における所属腎の検索は超音波検査では難しいとされ、造影CTを推奨する報告⁸⁾や、CTやMRでも萎縮した腎の術前画像検索には限界があり腹腔鏡下に検索できるとする報告⁹⁾もある。一方でDMSAのSPECT像と

MRIの画像をfusionさせる報告¹⁰⁾もされている。本検討でも腎床以外に認められた異所性腎の5例を含めDMSAは術前の位置検索には有用ではなかったが、全例で腹腔鏡下に検索でき、切除可能であった。腹腔鏡手術では尿管を同定することで患側腎に到達することが可能であるため、開腹手術や後腹膜手術と異なり皮膚切開創の決定に憂慮する必要がない²⁾。創を広げることなく隈なく腹腔内を検索できる腹腔鏡は術前の位置がわかりづらい症例にはよりよい適応であると考えられる。良性疾患であること、摘出腎が小さいためポート創から摘出可能であったことから腹腔鏡下手術はよい適応となる¹¹⁾。

結 語

本検討から、腎静態シンチグラフィは小児の腎・尿管摘除術の術前検査として患側腎機能の荒廃の判定と健側腎の代償機能の判定に有用であり、手術適応を決定する際の補助として有用であった。一方、摂取率が少ないことから術前検査として患側腎の位置を検索するには不向きであり、腹腔鏡手術を選択することでその弱点を補填できると考えられた。

本論文の内容の要旨を第48回日本小児放射線学会学術集会で発表した。

●文献

- 1) 羽賀宣博, 高橋則雄, 柳田知彦, 他: 小児に対する腹腔鏡手術—経腹膜アプローチ. 日本小児泌尿器科学雑誌 2013; 22: 32-36.
- 2) 高澤慎也, 多田 実, 小林堅一郎, 他: 小児に対する腹腔鏡下腎摘除術. 埼玉県医学会雑誌 2011; 46: 55-57.
- 3) Uemura O, Nagai T, Ishikura K, et al: Creatinine-based equation to estimate the glomerular filtration rate in Japanese children and adolescents with chronic kidney disease. Clin Exp Nephrol 2014; 18: 626-633.
- 4) Schwartz GJ, Haycock GB, Edelmann CM Jr, et al: A simple estimate of glomerular filtration rate in children derived from body length and plasma creatinine. Pediatrics 1976; 58: 259-263.
- 5) Ishikura K, Uemura O, Ito S, et al: Pre-dialysis chronic kidney disease in children: results of a nationwide survey in Japan. Nephrol Dial Transplant 2013; 28: 2345-2355.
- 6) 木村健二郎, 岡田浩一, 今井裕一, 他: エビデンスに基づくCKD診療ガイドライン 2013. 日本腎臓学会誌 2013; 55: 585-860.
- 7) 坂井清英, 近田龍一郎, 太田章三, 他: 腎機能障害をきたしたVUR症例の臨床的検討 DMSA renal scan, 尿蛋白, 腎組織所見による腎障害進展の予測. 日本小児泌尿器科学会雑誌 1999; 8: 167-177.
- 8) 古野剛史, 柿崎秀宏, 柴田 隆, 他: 単一異所開口尿管および所属腎に対する画像評価と体腔鏡手術. Japanese Journal of Endourology and ESWL 2004; 17: 195-199.
- 9) Jeong BC, Lim DJ, Lee SC, et al: Laparoscopic nephrectomy for a single-system ectopic ureter draining a small, dysplastic and poorly functioning kidney in children. Int J Urol 2007; 14: 104-107.
- 10) Kreissl MC, Lorenz R, Ohnheiser G, et al: Dystopic dysplastic kidney with ectopic ureter: improved localization by fusion of MR urography and (^{99m}) Tc-DMSA SPECT datasets. Pediatr Radiol 2008; 38: 241-244.
- 11) 高橋正幸, 小森政嗣, 香川純一郎, 他: 小児低形成/機能低下腎に対する腹腔鏡下腎摘除術の臨床検討. Japanese Journal of Endourology 2013; 26: 263-269.

平成27年度 第3回日本小児放射線学会 理事会

日 時：平成27年9月18日(金) 17:00～19:30

会 場：コンベンションルーム・AP品川(10F F+G)

出 席：相田典子(理事長)，小山雅司(副理事長)

植村貞繁，内山眞幸，岡崎任晴，河野達夫，十河 剛，西川正則，野田卓男

藤田之彦，望月博之，米倉竹夫(以上理事)

賀藤 均，宮寄 治(以上監事)，与田仁志(会長)，大野，小笠原(事務局)

欠席：寺田一志，余田 篤(以上理事)

(50音順敬称略)

【議事録】

議事に先立ち，再度自己紹介を行った。

1. 前回議事録の確認を行った。

2. 教育セミナーについて

1) 会場について

相田理事長より，財政状況を鑑み会場の見直しを行ったとの報告があった。費用，収容人数，交通の便，施設面を考慮した上で，浅草橋のヒューリックホールに変更した。また今回は，抄録集の広告募集にも力を入れており，書籍展示も予定している。

内山理事より，プログラムも決定済みであり，この後HPで開催案内を掲載し参加申し込みを促す予定である旨報告された。

2) 開催回数・開催場所について

前回理事会にて，学術集会時にセミナーを開催してはどうかという意見が挙がったことを受け，今後の併催の可能性について検討した。相田理事長が会長を務める2017年開催の学術集会をパイロットスタディとする可能性も考えられるが，下記の検討項目も含め，引き続き検討することとした。

- ・主催は学術集会か，学会本体か
- ・参加費(学術集会の参加費に含めるか，別途徴収し学会参加者は割引とするか，など)
- ・プログラム(これまでの講演で要望の多いものを再演するなど)
- ・開催日(会期に組み込むか，学会終了後に開催するかなど)
- ・会場数の問題

3. 財務改善の取り組みについて

1) 理事会を含む委員会等の旅費・交通費規定について

現在明文化された規定がないため，事務局で原案を作成し，次回理事会で検討することとした。経路を記載し振込払いとする，飛行機の場合は領収証を提出する等の意見が挙がり，他学会の規定も参考として原案を作成することとした。

2) 年会費の値上げについて

賀藤監事より，学会運営の健全な必要経費について，繰越金，動産・不動産をあわせ，年間経費2年分の蓄えが必要であり，当会の状況では2,000万円程度の貯蓄が必要であることが説明された。会員数の動向や会費未納率を確認し，値上げはやむを得ない状況であるが，それと共に経費削減や会員のベネフィットを同時に検討していく必要があることが確認され，それぞれについて下記のような意見が挙がった。

- ・経費削減について
 - 学会誌の電子化
 - 学会誌の印刷会社の見直し
 - 会議数の削減
- ・会員ベネフィットについて
 - 学術集会時のフィルムリーディングセッションの症例蓄積(HPに掲載)
 - 教育セミナー時の抄録を電子化し会員のみ配布
- ・収入の増加について
 - 企業への働きかけを強化する(賛助会員は無料でバナー広告が掲載できるなど、企業側にメリットを提示し募集)
 - 以上の話し合いを踏まえ、およそ10年で目標貯蓄額に達成することをめどに、財務委員会と事務局で会費値上げの試算原案を次回理事会までに作成することとした。

3) 次回AOSPR準備金について

前回代議員会で承認された準備金については、河野理事より、日本でのAOSPR開催はおおよそ15年後の予定であり、次回開催までに準備金として200万円程度の貯蓄を目指したいとの報告があった。どのように費用を捻出していくかについて、次回理事会までに案を作成することとした(担当:河野理事)。

4. 学術集会について

1) 研修医の学会発表時の規定緩和について

学術集会への参加者増加を考え、若手の発表者に広く門戸を開いてはどうかとの意見について、「会費を完納している会員が、共同演者として学会に出席」することを前提に、会員ではない研修医も可能とすることとし、「研修医」の範囲は卒後5年(後期研修医)までとした。なお、細則第4条に「本学会の学術集会での発表者は会員に限る」と定められているため、細則を変更する必要がある、次回代議員会での議決を経て施行する予定。

2) 平成28年度開催について(与田会長)

日 時:平成28年6月17日(金), 18日(土)

会 場:砂防会館 シェーンバッハ・サボー

プログラムとしては、教育セミナー、ハンズオンセミナー、特別講演、シンポジウム、ランチョンセミナーを予定している。また、広く一般演題を募集し、会場は2会場で、18日午後に小児核医学研究会との併催を予定しているとの報告があった。

なお、「教育セミナー」については、冬季開催の教育セミナーと混同される場合もあるため、「教育講演」、「ミニ教育セミナー」と名称を変更してはどうかとの意見が挙がり、検討頂くこととした。

3) その他

- ・今後、会長(次年度大会長)と副会長(次々年度大会長)には積極的に理事会に参加頂くことが確認された。

・学術集会参加費について

ここ数年の学会開催状況から考え、参加費の値上げについて検討が必要であるとの意見が挙がった。また、これまで会員、非会員の別なく一律で設定していたが、会員のメリットを考える上でも見直しが必要であるとの結論となった。

- ・単位認定について、現在、放射線科専門医ならびに小児科学会専門医の更新単位のみ認定されており、小児外科学会が外れているため、申請可能かどうか確認中である。可能な場合は早急に手続きをする予定。

5. 各委員会の委員任命について

次回理事会までに、各委員長を中心に、代議員やその他会員より委員を選任することが確認された。なお、国際委員会にはAOSPRのsecretaryである野坂俊介先生に委員就任を依頼する予定であり、渉外委員会(国内担当)については、日本小児がん研究グループ(JCCG)との兼ね合いにより、宮寄監事、野澤久美子先生に委員就任を依頼することが確認された。

6. 学会HPについて

MRI鎮静の共同提言の掲載がわかりにくく、J-RIME(医療被ばく研究情報ネットワーク)がリンクされていないことなどを受け、今後、迅速に各情報を掲載し有用なHPにする必要があることが確認された。リンク先の選定や掲載方法など、広報委員会、事務局にて積極的に対応していくこととした。

また、ページ内検索窓(Googleなどを利用)を作成してはどうかとの意見が挙がり、広報委員会主導で検討することとした。

7. 日医放診断ガイドライン進捗状況(相田理事長)

現在、2013年度版が出版物及び日医放のHPに会員限定で掲載されている。2013年版では「小児」の項目がなかったが、今回の改定に際し、各章に小児の項目が追加されることになった。来年4月の日医放総会時には出版される予定である。

また、会員限定ではなく公開とするよう申し入れをしており、公開された際には当会HPからもリンクを貼る予定。

8. その他

- 1) 会費の振込について、クレジットカード決済やインターネットバンキングでの振り込みが可能となれば、会費未納も減るのではないかと意見が挙がった。

インターネットバンキングについては現在も可能であるため、会員に分かるように案内を提示し、クレジットカード決済方法については、事務局で調査し報告することとした。

- 2) 「準会員」をつくり、放射線技師などのコメディカルの方々にも会員枠を広げてはどうかとの意見が挙がった。「準会員」の設置については規約の変更が必要となるため、小山副理事長を中心に規約案を作成し、次回理事会で検討することが確認された。

- 3) 次回理事会日程

下記の日程でアンケートを取り、参加人数の多い日程で開催予定。

また、今後の開催日の設定に関して希望曜日も確認することとした。

次回候補日(いずれも17:00～)

- ① 2015年12月11日(金)
- ② 2015年12月12日(土)
- ③ 2015年12月18日(金)
- ④ 2015年12月19日(土)

平成27年度 第4回日本小児放射線学会 理事会

日 時：平成27年12月11日(金) 17:00～19:30

会 場：コンベンションルーム・AP品川(9F P+Q)

出 席：相田典子(理事長)，小山雅司(副理事長)

内山眞幸，岡崎任晴，河野達夫，十河 剛，寺田一志，西川正則，野田卓男
藤田之彦，望月博之，余田 篤，(以上理事)，賀藤 均，宮嵜 治(以上監事)
大野，小笠原(事務局)

欠席：植村貞繁，米倉竹夫(以上理事)

(理事・監事敬称略，50音順)

【議事録】

1. 前回議事録の確認を行った。

2. 各委員会より下記の報告があった。また，委員会構成が確認され，新たに選出された委員には，委嘱状を発送することが確認された。

1) 教育委員会(内山理事)

①2015年度教育セミナーの準備状況報告があり，セミナーの広報について，間口を広げるためm3.comでの案内掲載を進めることが了承された。

②2016年度教育セミナー開催について，2017年1月14日のヒューリックホールを仮予約することとした。(2017年1月21日も候補日とし，本年度教育セミナーの際に正式に決定予定。)

③学術集会との併催について，2017年度の学術集会(相田典子会長)で試行する方向であることが確認された。プログラムの決定方法や会計方法については今後も引き続き検討することとした。

2) 広報委員会(余田理事)

今後，広報活動が活発化していくことが予想されるため，理事以外の委員について，各科理事より委員の推薦を募ることとした。

3) 財務委員会(藤田理事)

①継続審議事項となっていた会費値上げについて，会費値上げによる増収とそれによる退会者を想定したシミュレーション報告があった。

目標として，年間経費2年分相当を蓄えるにあたり，シミュレーション結果により，現行の9,000円(代議員は別途小池基金分1,000円を負担)より12,000円に値上げする案が妥当であるとの結果となった。また，一般会員と代議員で差をつけることとし，次回代議員会では，下記の通り理事会からの提案を行うことに決定した。

会員：12,000円

代議員：14,000円(別途小池基金1,000円を納める)

②会費値上げと共に，増収ならびに経費削減案として財務委員より下記の提案があった。

a) 準会員の設置

本件については，将来計画委員の小山副理事長より設置案の提出があった。

会員枠を広げることで医師以外の参加者を募り学会の活性化ならびに会費増収を図ることを目的とし，具体的に規約・細則の変更が必要であることが確認され，準会員を設置することが決定された。

準会員の会費は6,000円とし，学会誌は送付なしとすることとした(学術集会抄録集は，参

加した場合は配布。その他学会誌は、希望者は別料金で送付)。正会員を医師のみに限定するか否かについては、正会員の規定を「医療関係の有資格者」として、医師以外の希望者も認めることとした。また、現在正会員に登録されている技師の会員については、移行期間を設け、正会員/準会員いずれかを選択できるよう案内することが確認された。上記の点を含め、再度規約・細則変更案を作成し、次回代議員会に提案することとした。

また、準会員設置以降、技師の育成や資格付与等、将来計画委員が中心となり検討していく必要があるとの意見があった。

b) 日本小児科学会の専門医受験のための論文(査読付き)を当会雑誌に誘導

具体的に、日本小児科学会雑誌等に「放射線画像を含む論文は、日本小児放射線学会雑誌に投稿し、論文の質を高めましょう」等の案内掲載を依頼するなど、広報委員会、編集委員会を中心に進めることが了承された。

c) 会費未納者への対応

現在は、郵送にて督促を行っているが、経費の点から、郵送は一回のみとし、その後はメールで催促してはどうかとの意見が挙がった。また、インターネットバンキングでも納入可能であることの周知を行うこととした。クレジットカード決済の導入については、事務局で引き続き情報を収集することが確認された。

d) 教育セミナーや学術集会での会員獲得

教育セミナー、学術集会時に入会した場合は、その年度のみ入会金を割引とする意見が挙がり、この方向で継続して検討を行うこととした。

また、前回理事会にて確認された通り、教育セミナーでは会員特典として、講演のスライドが閲覧できるよう進めていることが報告された。

e) 学会雑誌の電子化

経費削減を目指す上で雑誌の電子化は避けられず、今後具体的に検討を行うことが決定され、理事会内に編集・財務・将来計画委員からなる「雑誌電子化部会」を設置することとした。委員構成は、編集委員(理事)の米倉理事を中心として、望月理事、編集委員会、財務委員会、将来計画委員会からも担当として委員を選出することが確認された。

f) 旅費規程について

旅費規程案が提出され、内容の確認を行った。航空機の利用については、上限を設けなが領収書(あるいは半券)の提出を必要とし、他の変更点も含め再度事務局より案を提出し、次回理事会より摘要することが確認された。

4) 編集委員会(河野理事)

次号は前委員会で編集済みの内容を発行し、次々号以降については、1月中に編集委員会を開催し検討する予定であることが報告された。また、今後編集委員会では、雑誌の方向性や、質をいかに高めていくかといった検討を主に行う予定であり、小池賞のあり方についても前編集委員からの引き継ぎ事項として引き続き検討していく旨報告があった。

また、次号雑誌に相田理事長の挨拶文を掲載し、会費値上げの背景について改めて会員に周知することが確認された。

5) 渉外委員会(寺田理事)

①「日本がん治療認定医機構セミナー」について、渉外委員の野澤久美子先生の見学報告が紹介された。

②日本医師会主催「平成27年度Ai学術シンポジウム」で共催名義の依頼があり了承したことが確認された。

③小児の死亡時画像診断モデル事業会議への派遣依頼があり、当会からは小熊栄二先生を派遣することが報告された。

6) 国際委員会(河野理事)

AOSPR2015について、2015年6月11～13日に開催され参加者262名(計22か国)であったとの報告があり、収支決算についても報告された。

3. 学術集会について

1) 第52回学術集会について下記の通り報告があった。(与田会長)

日 時：2016年6月17日(金)，18日(土)

場 所：砂防会館シェーンバッハ・サボー

テーマ：画像を診る

プログラム：特別講演，教育講演，フィルムリーディング，モーニングセミナー，ランチョンセミナー，ハンズオンセッション，一般演題などを予定。

*土曜日午後に小児核医学研究会が併催される。

参加費：会員10,000円，非会員12,000円

2) 第53回学術集会について下記の通り報告があった。(相田理事長)

日 時：2017年6月16日(金)，17日(土)

*その後，日程変更となり，2017年6月8日(木)～10日(土)で決定。

場 所：横浜赤レンガ倉庫1号館ホール

テーマ：Pediatric Radiology is fun!

4. その他(理事長報告)

1) 小児病院の画像診断管理加算の問題について報告があった。

2) 学術集会ならびに教育セミナーでの小児外科学会単位(5単位)が認められたと米倉理事より連絡を受けた旨，報告があった。

3) 将来の学術集会およびセミナーの予定について決定次第HPに掲載することとした。

5. 次回理事会日程

継続審議事項も多いことから，3月11日(金)を開催予定日とする。(ただし，メール会議等のみで開催が必要でないと判断された場合など状況によって開催しない場合もある。)

日本小児放射線学会雑誌投稿規定

平成13年6月16日一部改定

平成19年6月16日一部改定

平成24年8月1日一部改定

(改定した部分には下線)

- 1 筆頭著者は日本小児放射線学会会員とする。
- 2 投稿論文の採否は査読者の意見を参考にし、編集委員会で決定する。又、内容・発表形式の修正を求めることができる。
- 3 原稿の内容は小児放射線医学並び、これに関連のある領域の基礎的、臨床的研究で他誌に未発表のもので次の形式とする(別表参照)。
 - (1) 総説：編集委員会からの依頼による、又、特別講演、シンポジウム、ワークショップなど、本学会の学術集会において発表されたもの。ただし、指定された期日までに到着しない場合は掲載されないことがある。
 - (2) 原著：独創性に富み、目的、結論等の明確な研究論文。
 - (3) 研究速報：独創的な研究、工夫、仮説などを内容とし早急に発表する価値のあるもの。研究速報を希望する理由を文書で説明すること。
 - (4) 症例報告：発生頻度のまれな症例で、今までに報告されていない画像所見を認めたもの。
 - (5) 画像報告 (Pictorial Essay)：発生頻度のまれな症例で画像上特徴ある所見を呈したものの。
- 4 (1) 掲載された論文の著作権は、日本小児放射線学会に属し、その全部または一部を無断で他誌へ掲載してはならない。
 - (2) 本誌掲載論文は、編集委員会の判断により公開の時期、対象、範囲を決定し、インターネット上に公開する。
 - (3) インターネット上に公開する場合は、個人情報保護の観点から、編集委員会の判断により掲載論文の一部を非公開とすることがある。
- 5 執筆上の注意
 - (1) 基本的には「Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals」(The New England Journal of Medicine 336 (4), 1997 ; 309～316.) に従うこと。
 - (2) 原稿は和文又は英文とする。和文・英文原稿ともコンピュータを用いて作成する。
 - (3) 原稿の記述は表題(和文及び英文)、著者氏名(和文及びローマ字)、著者所属(和文及び英文)、キーワード(英語5語以内：Index Medicusに準ずる)、抄録(別表参照)、本文、引用文献の順とし、図、表および画像は別とする。図、表並びに画像の説明は、英文、和文のどちらでも可とする。
 - (4) 本文は新かなづかいを使用する。引用文献は雑誌の場合、著者名、題名、雑誌名、西暦年号、巻、ページの順に、単行本では著者名、題名、書名、編集(監修)者名、発行地、発行所、西暦年号、ページの順とする。著者名は3名迄とし、以下は“他”又は“et al”と記載する。雑誌名の略名は和文献では医学中央雑誌、外国文献ではIndex Medicusに準ずる。文献の書き方は以下のような形式とする。

[雑誌の場合]

例 1) 村松秀樹, 藤野宣之, 梅原 実, 他：溺水における頭部CTの検討。
日小放誌 1991 ; 7 : 8 - 9.

例 2) Jolley SG, Johnson DG, Roberts CC, et al : Pattern of gastroesophageal reflux in children following repair of esophageal atresia and distal tracheoesophageal fistula. J Pediatr Surg 1980 ; 15 : 857 - 862.

* 日本の雑誌と欧米の雑誌の引用文献の書き方を統一しました。

[書籍、単行本の場合]

例 1) 長島金二：腸回転異常(不全)症。新小児外科学(2版), 駿河敬次郎編。東京, 医歯薬出版, 1982, p165 - 170.

例 2) Girdany BR : Biliary tract. Caffey's pediatric X-ray diagnosis (8ed), Ed by Silverman FN. Chicago, Year Book pbl, 1985, p1380 - 1390.
 - (5) 数量の単位は、なるべく国際単位系(SI)を使用すること。C/kg, Bq, Gy, Sv, kg, g, mg/dl, ml, cm, nm, h, min, s, C, kV, mA, mAs, Hzなど。

- (6) 図表、画像は挿入箇所を原稿の横欄外に付記する。図表、画像は、いずれも1枚につき400字として計算する。ただし組画像は次の通り換算する。

- ・ 2枚組 1枚300字 計600字
- ・ 3枚組 1枚250字 計750字
- ・ 4枚組以上 1枚200字
- ・ 原則として組画像は6枚までとする。

図表は簡潔にする。

- (7) 原稿は完全なものとして送付すること。校正の際における加筆・修正は認めない。著者校正は1回限りを原則とする。
- (8) 原著、症例報告、画像報告、研究速報の原稿は査読のため、正1部のほか副2部を提出する。但し副については本文、文献、抄録、図、表は、コピーでよいが画像は正原稿と同じものとする。
- (9) 原稿には第1頁上部欄外に原著、症例報告、画像報告、総説(本学会の学術集会で発表された特別講演、シンポジウム、ワークショップ等の内容)、研究速報の別および別刷の希望数を朱書きする。(別刷は50部単位で受け付ける。)

- 6 論文掲載料金及び別刷料金については別表の通りとする。掲載料は日本小児放射線学会の会計に入れる。別刷料金は雑誌社に直接支払う。
- 7 英文抄録の修正は編集部より英語を母国語とする者に依頼する。英文原稿の修正は3万円(3,000円/1p)を限度として学会が負担するが、限度を超える場合は本人負担とする。
- 8 著者校正は初校のみとし責任を持ち至急行うこと。原稿になかった字句の挿入、図、表、画像の修正、削除などは原則として認めない。原稿は原則として返却しない。
- 9 (1) 投稿論文は印刷した原稿の他に、CD-Rなど一般的なメディアによりデジタルデータを添付すること。
- (2) 画像データはTIF、JPEG、PSDなど一般的な画像データ形式とし、オリジナルのデジタルデータがない場合はプリントの画像をスキャンしたデータを添付すること。
- 10 原稿は必ず書留郵便で下記に送付すること。封筒表に原稿在中と朱書きする。

〒355-0055 埼玉県東松山市松風台4-62
メディカル教育研究社
日本小児放射線学会雑誌 編集部
(TEL 0493-35-3305 FAX 0493-35-4587)

別 表 (各項目すべて訂正)

項 目	本文(*)および図、表、写真の字数制限	和文抄録	英文抄録	料 金
原著	なし	400字以内 (本文が英文原稿の場合)	300語以内	和文原稿は10,000字、英文原稿はタイプ用紙ダブルスペース9枚。無料 これを超える場合及び図、表、画像(カラー画像希望の場合も)は実費著者負担 別刷:実費
総説	和文原稿12,000字以内とし制限字数厳守	原著に同じ	原著に同じ	無料
症例報告	和文原稿8,000字以内とし制限字数厳守	不要	200語以内	無料 別刷:実費
画像報告 (Pictorial Essay)	和文原稿8,000字以内とし制限字数厳守	不要	200語以内	無料 別刷:実費
研究速報	和文原稿3,500字以内とし制限字数厳守	不要	200語以内	全額実費著者負担 別刷:実費

刷り上がり1頁は和文400字約4枚分、英文タイプ用紙ダブルスペース1枚半分となる。

*なお、本文の制限字数の計算には表題・著者氏名、所属、キーワード、抄録、引用文献も含まれる。

■編集委員

河野 達夫 (東京都立小児総合医療センター 放射線科)*
Tatsuo KONO

土井 崇 (順天堂大学 小児外科)
Takashi DOI

神山 浩 (日本大学医学部 医学教育企画・推進室)
Hiroshi KAMIYAMA

宮坂実木子 (国立成育医療研究センター 放射線科)
Mikiko MIYASAKA

下島 直樹 (慶応義塾大学 小児外科)
Naoki SHIMOJIMA

田波 穰 (埼玉県立小児医療センター 放射線科)
Yutaka TANAMI

横山 美貴 (青梅市立総合病院 小児科)
Yoshiki YOKOYAMA

*委員長(担当理事) (ABC順)

日本小児放射線学会雑誌

第32巻第1号 (Vol. 32 No.1) 2016年 3月20日発行

発行／相 田 典 子

編集／河 野 達 夫

発行所 日本小児放射線学会事務局
〒355-0055 埼玉県東松山市松風台 4-62
メディカル教育研究社内
TEL 0493-35-3305 FAX 0493-35-4587
E-mail: office@jspr-net.jp

振込先 00160-6-562313 (郵便振替)

制作 メディカル教育研究社
〒355-0055 埼玉県東松山市松風台 4-62
TEL 0493-35-3305 FAX 0493-35-4587

日本小児放射線学会誌 論文投稿のお願い

日本小児放射線学会誌は、年間3回（うち1回は学会抄録集）発行となります。

編集委員会では、会員の方より独創的な、新しい研究成果を盛り込んだ良質の論文の投稿を歓迎いたします。

日常診療で日々お忙しいこととは存じますが、会員諸兄弟より多くの論文の投稿をお待ちしております。

論文投稿先 〒355-0055 埼玉県東松山市松風台4-62

メディカル教育研究社 小児放射線学会誌編集部

TEL 0493-35-3305 FAX 0493-35-4587

E-mail : medical@k.email.ne.jp

日本小児放射線学会 編集委員会

委員長 河野達夫

Giving Shape to Ideas

KONICA MINOLTA

急速充電
30分

「C R から D R へ」

完遂の最後のピース。

JIS規格
10×12サイズ

超軽量設計
1.7kg

AeroDRにJIS規格適合10×12インチ(四切)サイズが登場。1.7kgの超軽量設計は、整形領域においてハンドリングしやすく、CsI採用の高いDQE性能は、小児撮影に期待される低線量撮影を実現し、リチウムイオンキャパシタの採用が、ワイヤレスタイプながらも多くの撮影を可能にするなど、AeroDRの特徴をそのまま高次元で発揮することのできる四切サイズモデルです。



WIRELESS DIGITAL RADIOGRAPHY SYSTEM

AeroDR
10×12" type

製造販売元: コニカミノルタ株式会社 販売元: コニカミノルタヘルスケア株式会社 105-0023 東京都港区芝浦1-4-1
「デジタルラジオグラフィーAeroDR」製造販売認証番号:225ABBZX00011000
TEL (03) 6324-1080 (代) <http://www.konicaminolta.jp/healthcare>