

JSPR

Vol.29 No.1 2013

Journal of
Japanese Society of Pediatric Radiology

日本小児放射線学会雑誌



総説

症例報告

日小放誌
J.J.S.P.R.

日本小児放射線学会

<http://www.jspr-net.jp/>



Journal of Japanese Society of Pediatric Radiology

JJSPR
VOL.29 NO.1
2013

Edited by

Editor in Chief : Eiji Oguma, M.D.

Editorial Board :

Hajime Kawakami, M.D.	Hiroshi Kamiyama, M.D.
Kazutoshi Fujita, M.D.	Masahiko Urao, M.D.
Masataka Higuchi, M.D.	Yoshiyuki Tsutsumi, M.D.

CONTENTS

General Remarks

- Possibility of magnetic resonance imaging for pediatric urinary tract disease
..... Mikiko Miyasaka 3
- The rudiments ABC of pediatric neuroimaging Harushi Mori 10
- Pediatric osteomyelitis: Imaging clues and differential diagnoses Akari Makidono, et al. 18
- Pediatric emergency Yoshihisa Shimanuki 26
- Basic pediatric nuclear medicine examinations — Bone scan and renal scan —
..... Mayuki Uchiyama 32

Case Report

- A case with development of extrahepatic portosystemic shunt after surgical ligation
of patent ductus venosus Ayumi Yamamoto, et al. 39



目 次

総 説 第9回日本小児放射線学会 教育セミナーより

小児泌尿器疾患に対するMRの可能性	宮坂実木子	3
頭部画像のABC	森 壑	10
骨髄炎の画像診断と鑑別	榎殿文香理, 他	18
救 急	島貫義久	26
基礎の小児核医学検査 一骨・腎シンチグラフィ	内山真幸	32

症 例 報 告

静脈管開存症に対する外科的結紮後に肝外門脈体循環シャントの発達を認めた1例	山本あゆみ, 他	39
--	----------	----

◎第48回日本小児放射線学会フィルムリーディング解答	45
----------------------------------	----

平成24年度第2回日本小児放射線学会理事会	65
Girdany 先生追悼文	68
日本小児放射線学会雑誌投稿規定	69

小児泌尿器疾患に対するMRの可能性

宮坂実木子

国立成育医療研究センター 放射線診療部

Possibility of magnetic resonance imaging for pediatric urinary tract disease

Mikiko Miyasaka

Department of Radiology, National Center for Child Health and Development

Abstract Magnetic resonance urography (MRU) fuses superb anatomic and functional imaging in a single test without the use of ionizing radiation. MRU include static MR images that use heavily T2-weighted images and T1-weighted images that are used during the excretory phase of enhancement after administration of an intravenous contrast agent. It has potential to provide a global assessment of the urinary collecting system, parenchyma, and surrounding tissues. MRU with contrast can help to better demonstrate both anatomic and functional aspects.

Urinary incontinence is frequent in children. MR is useful for evaluation of ectopic ureter and spinal cord anomalies. Patients with anorectal malformation (ARM) may have associated anomalies of the lumbosacral spine and urinary tract, including neurogenic bladder. Recent reports suggest that tethered cord is as common in patients with a low lesion as in those with a high lesion. Therefore, some authors recommend MR evaluation of all patients with ARM. Ultrasonography is recommended for screening infants younger than 3 months, followed by MRI to confirm any abnormal findings.

Keywords Congenital urinary anomalies, Urinary incontinence, MR Urography with contrast

はじめに

小児泌尿器疾患は、先天尿路奇形、尿路感染症、腫瘍性疾患など多岐にわたるが、診断過程において画像診断検査の中心は、超音波検査 (US) である。必要に応じて、排尿時膀胱尿道造影 (voiding cystourethrography: VCUG), CT, MR, 核医学検査を選択し施行する。そのなかで、MR Urography (MRU) は、侵襲なく尿路系を描出できる方法として広く用いられている。小児泌尿器疾患にお

いてもMRの有用性は高く、特に、先天性尿路奇形に対して用いられることが多い。近年の技術的進歩に伴い、高速撮像のほか様々な撮像法が可能となり、より詳細な評価が可能となっている。非造影MRUは、静止水が高信号に強調されるT2強調画像である¹⁾。一方、造影MRUは、ガドリニウム造影剤静注後の排泄相のT1強調画像であり、非拡張の尿管を描出することも可能である。また、dynamic studyを行うことによって腎機能評価も可能と言われている^{1~3)}。排尿障害の原因には、

Table 1 Sequences of MR Urography

シーメンス社製 1.5T Aera	
呼吸同期併用, 水分負荷, 利尿剤使用	
・横断像	TSE (T1WI, T2WI)
・冠状断像	HASTE, TrueFISP
・MRU	RARE (single shot), SPACE, 造影後 3D-FLASH
・Dynamic study	3D-FLASH
	0.2mmol/kg, 0.1~0.2ml/sec で注入
・横断像	造影遅延相 3D-FLASH

Magn Reson Imaging Clin N Am 16 : 515-531, 2008

異所開口尿管などの尿路奇形のほか、脊髄病変がある。これらの疾患に対しても、やはりMRが有用である。

本稿では、最近の知見を含め、水腎症(広義)を来す疾患、排尿障害を来す疾患に対するMRの臨床応用について紹介する。

小児泌尿器疾患に対するMR

MRは、放射線被ばくがなく、造影剤を用いることなく高分解能な画像を得ることができ、解剖学的評価が可能であるため、以前より腎尿路系の評価に用いられている。また、腎機能障害やヨードアレルギーのある児にも実施できる点で、CTより有用性は高いと思われる^{1,4)}。一方近年では、造影剤を用いてdynamic studyを行い、解析することにより腎機能的評価も可能で、腎静態シンチグラフィや腎動態シンチグラフィに匹敵する結果が報告されている^{1~3)}。しかし、高速撮像が可能とはいえ、他の検査に比べると検査時間が比較的長いと、年齢によっては、鎮静の必要性があり、CTに比べると検査に対するハードルが高い印象があるのも事実である。そのため、MRの適応を明確にし、限られた時間内で有効な検査が行えるようにプロトコルを作成することが重要と考える。当センターで施行しているプロトコルをTable 1に示す。MRUにおける尿路描出の改善策には、尿量を増加させるための水分付加(点滴または飲水)、利尿剤投与がある。

水腎症(広義)

水腎症を来す代表的な疾患は、様々である(Table 2)⁵⁾。水腎症の診断のきっかけとなる症候

Table 2 Causes of urinary tract dilatation⁵⁾

腎盂尿管移行部狭窄(狭義 水腎症)	(ureteropelvic junction stenosis : UPJ)
尿管膀胱移行部狭窄	(ureterovesical junction stenosis : UVJ)
中部尿管狭窄	(mid-ureter stenosis)
膀胱尿管逆流	(vesicoureteric reflux : VUR)
非閉塞性非逆流性巨大尿管	(nonobstructive nonrefluxing megaureter)
重複腎盂尿管	(duplex collecting system), 尿管瘤
(ureterocele), 異所開口尿管	(ectopic ureter)
後部尿道弁	(posterior urethral valve)

は、尿路感染症、血尿、腹部腫瘍、腹痛などであるが、最近では胎児診断による無症候性水腎症⁶⁾の頻度も多い(Fig.1)。

重度な水腎症は閉塞性腎症の原因となり、将来的に腎不全へと至ることがあるため、手術適応を念頭においた経過観察および画像診断検査が必要となる。一般的な手術適応は、症状のあるもの、水腎症が進行したもの、腎機能の悪化したものであり、胎児水腎症の場合は、腎盂拡張が5cm以上、分腎機能が30%以下、排泄遅延のあるものとされている⁶⁾。ただし、胎児水腎症に対する手術適応については、現在も議論の多いところである⁶⁾。胎児水腎症の約半数は、一過性水腎症であり、巨大尿管症の約70%は自然消退するといわれている。手術適応となる腎盂尿管移行部狭窄は、19~25%の頻度とされている⁷⁾。多くの胎児水腎症の中から手術適応例を判別するために画像診断は不可欠であるが、尿路閉塞と非閉塞の判別や新生児、乳児の腎機能の評価はしばしば難しいことがある。

水腎症の形態評価の第一選択はUSで、必要に応じてCTまたはMRで評価する。膀胱尿管逆流の合併の有無については排尿時膀胱尿道造影、機能評価には、^{99m}Tc-DTPA、^{99m}Tc-MAG₃、^{99m}Tc-DMSAを用いた核医学検査が一般的である。ガドリニウム造影剤を静注し、dynamic studyを行うMRでは、crossing vesselなどの血管の評価のほか定量的な腎機能評価を行うことが可能で、核医学検査に匹敵する結果の報告が散見される^{1~3)}。当施設でも、昨年よりシーメンス社の解析ソフト(Patlak-Rutland plot法)を用いてMRによる腎機能評価を試みている(Fig.1)。解析ソフトで得られるデータは、RTT (renal transit time)、CTT (calyceal transit time)、

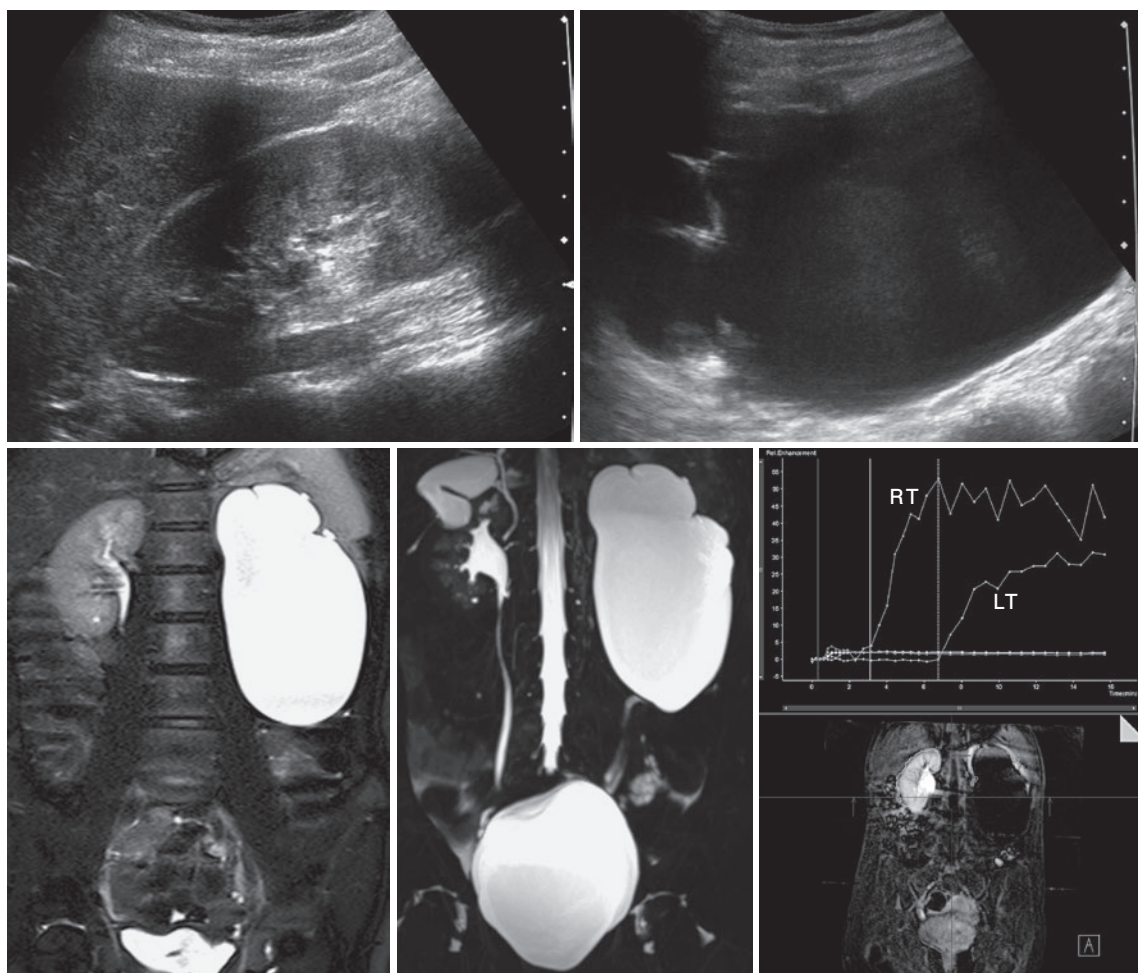


Fig.1 Hydronephrosis

A 10 year-old girl with a left abdominal mass.

a : Right kidney appears to be normal.

b : Severe dilatation of left renal pelvis and calyces with thinning of the parenchyma is identified.

c, d : T2-weighted coronal image (c) shows dilatation of the renal pelvis and calyces with thinning of the renal parenchyma. Left ureter is not visualized. However, left ureter is clearly visualized on coronal MIP (maximum intensity projection) image (d). UPJ obstruction was present.

e : Time curves of contrast excretion. The left kidney presents delayed excretion compared with the right kidney. The vDRF was calculated as L: R 27: 73 and the pDRF as L:R 25: 25. The results were similar to the results of DMSA and MAG3.

a	b
c	d e

分腎機能 (DRF : differential renal function) などである。RTTは、腎皮質から腎盂、上部尿管までの造影剤の移行時間を示したもので、レノグラムの所見に匹敵するとされ、RTT時間により閉塞と非閉塞が分類される (非閉塞型<244sec, 境界型

<245~490sec, 閉塞型>490sec)。CTTは、RTTに類似しているが腎皮質から腎杯への移行時間を示しており、GFRに相関すると言われている。分腎機能については、vDRF (volume DRF) とpDRF (patlak DRF) の2つが算出され、vDRFはDMSA

シンチグラフィ、pDRFは、 ^{99m}Tc -DTPAの分腎機能結果に類似するとされている^{1~3)}。これらの解析結果は、手術適応の判定や術後の腎機能回復の予測に有用と言われている^{2,3)}。MRで行う機能評価の利点としては、左右の分腎機能を知ることができるだけでなく、上腎と下腎に分けるなど任意に測定することも可能である (Fig.2)。

非造影MRUと造影MRU

腎尿路系の解剖学的評価や腎瘢痕の有無については、多くの症例が非造影のMRUで、ある程度評価できるが、造影MRUは、さらなる情報を得ることができる。一つは、非拡張尿管の描出である (Fig.2)。造影MRUの排泄相は、T1強調画像であるため、小腸内の腸液などに影響されること

が少ない。そのため、塊状腎や馬蹄腎などの尿管の走行が複雑と推測される疾患や、異所開口尿管の走行および開口部位の同定に有用である。そのほか、動脈相と排泄相の両者を同時に表示するような再構成画像を作成することによって水腎症の原因となる crossing vessel と尿管との関係をわかりやすく示すことができる。

排尿障害に対するMR

排尿障害は、頻尿、排尿時痛、排尿困難、尿失禁などがみられる場合をいう⁸⁾。その原因には、先天性尿路奇形、神経因性膀胱、機能的排尿障害などがあるが、多くは、心理的、機能的な要素であるため、画像診断検査が適応されることは少ない^{8,9)}。しかし、遺尿の原因となる異所開口尿管や

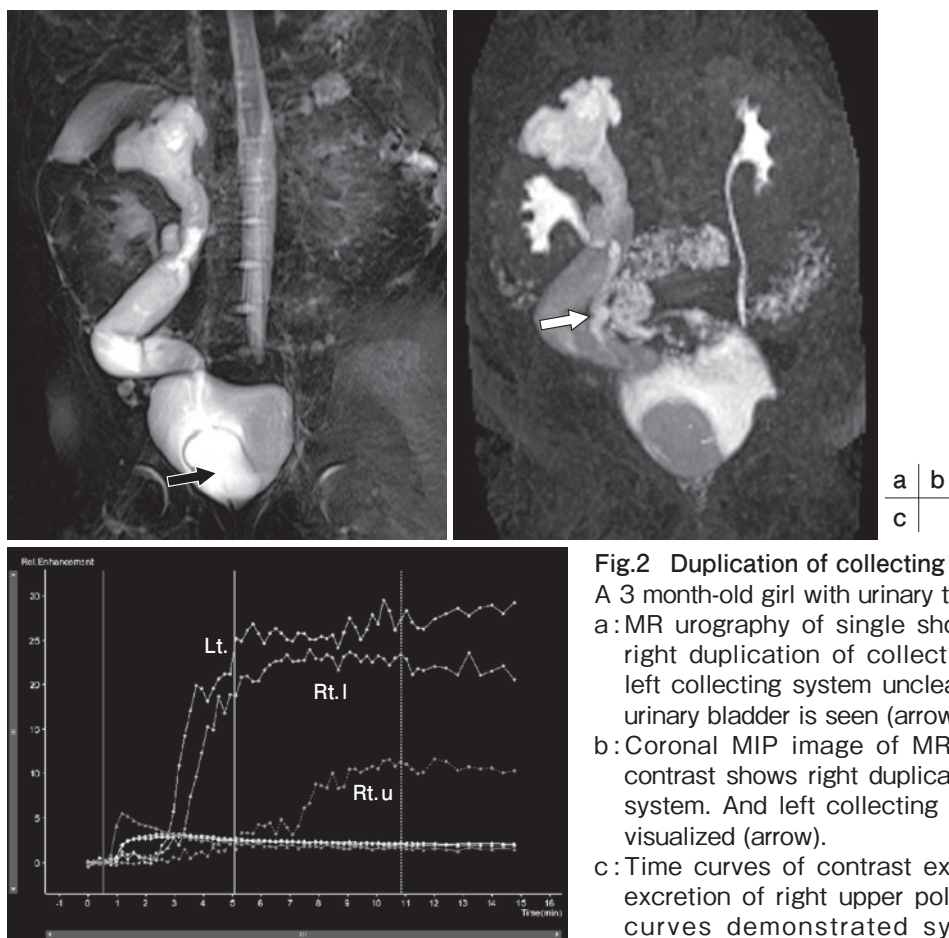


Fig.2 Duplication of collecting system

A 3 month-old girl with urinary tract infection.

a: MR urography of single shot image present right duplication of collecting system, with left collecting system unclear. Ureterocele in urinary bladder is seen (arrow).

b: Coronal MIP image of MR urography with contrast shows right duplication of collecting system. And left collecting system is clearly visualized (arrow).

c: Time curves of contrast excretion. Delayed excretion of right upper pole is noted. Time curves demonstrated symmetric curve morphology on right lower pole and left kidney.

鎖肛などに合併する脊髄病変などが見逃されることがあるので、注意が必要である。

①異所開口尿管⁵⁾

異所開口尿管には、完全重複腎盂尿管に合併するものと、低形成腎や異形成腎に合併するものがある。異所開口部位は、女児では、膀胱頸部、尿道、膣、膣前庭、ガルトナー管など、男児では膀胱頸部、後部尿道、精管、精囊などである。女児では遺尿で発症するが、男児では繰り返す精巣上

体炎などで発症し、遺尿の症状は少ない。

異所開口尿管を疑う時のUS所見のポイントは、重複腎盂尿管の有無、片腎または異所性腎の有無、膀胱周囲に異常な開口を疑う尿管の有無や膣内の液体貯留の有無である。さらなる精査としてはMRが有用である。異所開口尿管が拡張している場合は、T2強調画像のみでも、開口部位を同定することができるが、拡張がない場合は、造影剤を用いた脂肪抑制3D-T1強調画像を行うと追加情報を得られる可能性がある (Fig.2, 3)。

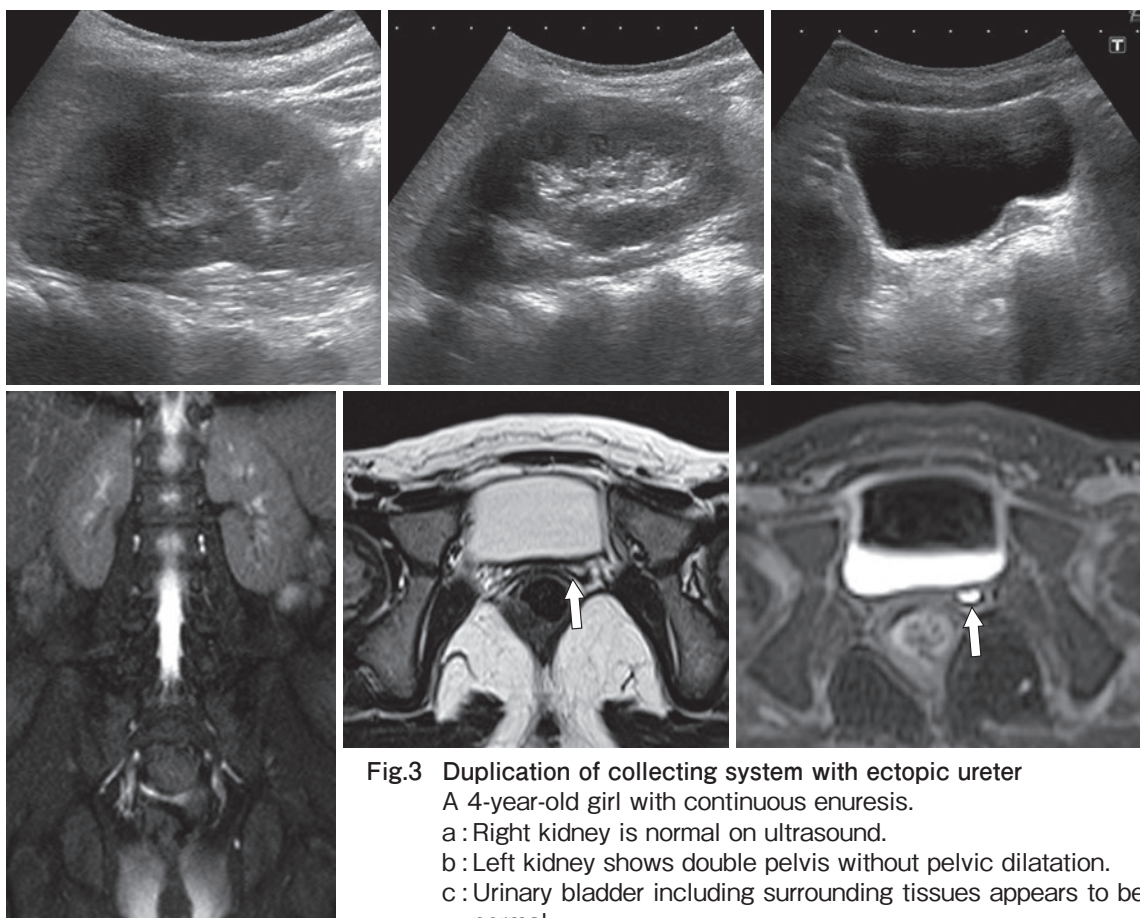


Fig.3 Duplication of collecting system with ectopic ureter

A 4-year-old girl with continuous enuresis.

a: Right kidney is normal on ultrasound.

b: Left kidney shows double pelvis without pelvic dilatation.

c: Urinary bladder including surrounding tissues appears to be normal.

d: Left duplication collecting system without dilatation of ureter is noted on trueFISP coronal image.

e: A small cystic lesion (arrow) is visualized on the left behind the urinary bladder. However, whether this is or is not an ectopic ureter is unclear.

f: Contrast 3D-T1weighted axial image shows contrast excretion of left cystic lesion (arrow), and ectopic ureter onto vagina is diagnosed.

a	b	c
d	e	f

②神経因性膀胱 (neurogenic bladder)

神経因性膀胱は、膀胱機能に関与する中枢から末梢までのいずれかの神経系障害により尿の充満、貯留、尿の排出、随意的な排尿などの機能が円滑に行われない状態をいう¹⁰⁾。神経因性膀胱に

は、脊髄に異常を伴うものが多い (Fig.4)。また、一見基礎疾患のない排尿障害のなかに、脊髄脂肪腫などの潜在性二分脊椎が存在することもあるため、脊髄MRの依頼は増加傾向にある。脊髄病変の評価は、超音波でも可能であり、被ばくもなく

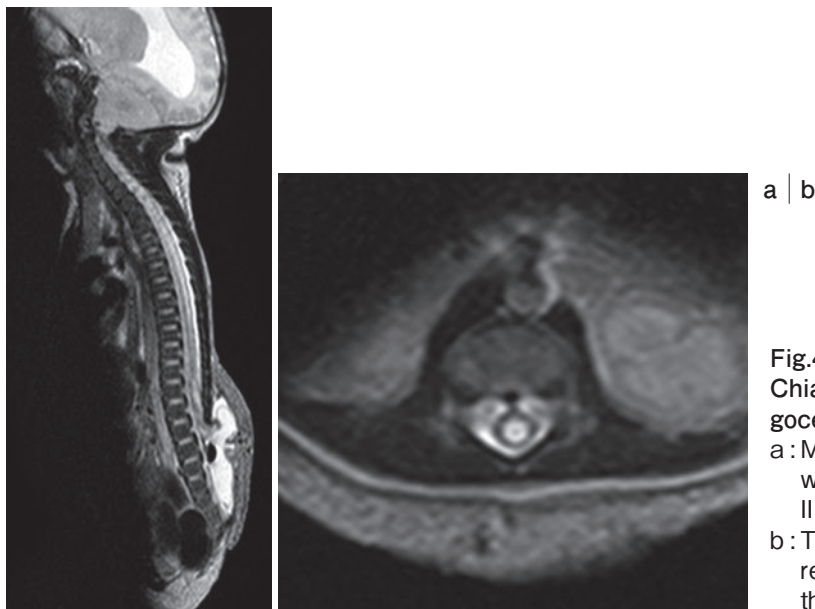


Fig.4
Chiari II associated with meningocele
a: Meningocele is seen on T2-weighted sagittal image. Chiari II is also noted.
b: T2-weighted axial image reveals syringomyelia at the thoracic spine.

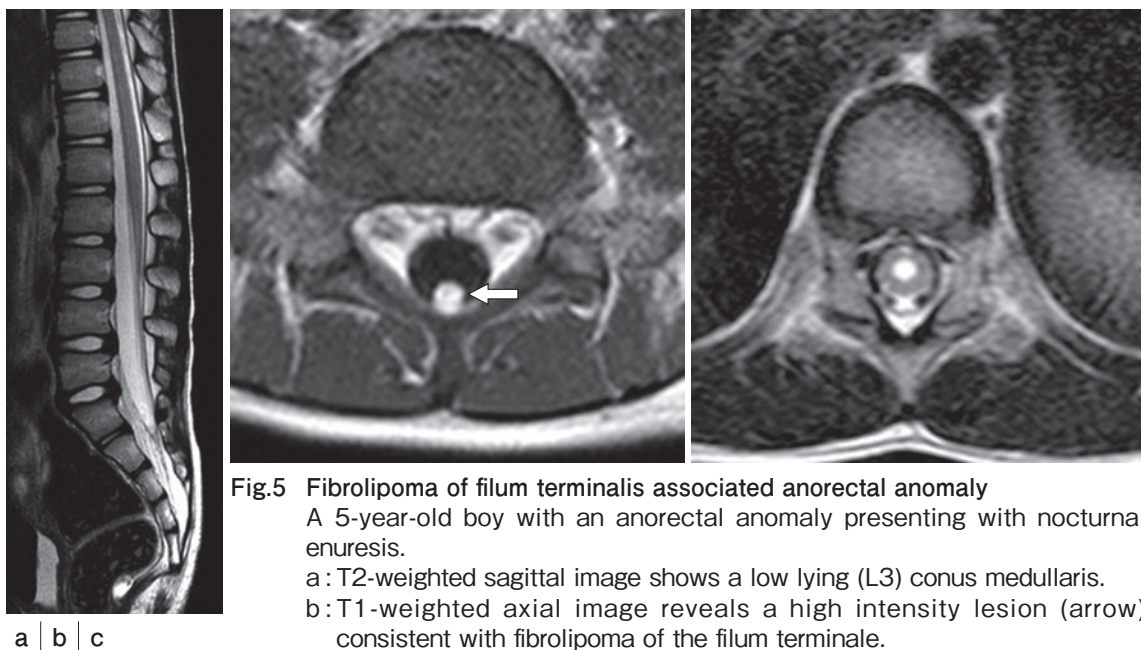


Fig.5 Fibrolipoma of filum terminale associated anorectal anomaly
A 5-year-old boy with an anorectal anomaly presenting with nocturnal enuresis.
a: T2-weighted sagittal image shows a low lying (L3) conus medullaris.
b: T1-weighted axial image reveals a high intensity lesion (arrow) consistent with fibrolipoma of the filum terminale.
c: Syringomyelia is also present on T2-weighted axial image of the mid level of thoracic spine.

比較的容易に検査ができるため、スクリーニングとしての有用性は高いが、十分に観察できる時期は、骨化の未熟な生後3か月までと限られている。

③鎖肛と神経因性膀胱

鎖肛の遅発症状として、排便・排尿障害、下肢症状がある。これらは、係留脊髄症候群など合併する脊髄病変が原因のひとつと考えられ、34%の頻度で見られるといわれる^{11,12)} (Fig.5)。かつては、脊髄病変や椎体奇形の合併は高位鎖肛に多く、低位鎖肛では少ないとされていたが、近年、椎体奇形の有無に関係なく、また低位鎖肛にも高頻度に認めるとの報告が多い^{12~14)}。脊髄病変が原因と考えられる場合は、手術適応となるが、過去の報告によると、症状出現してからでは症状の改善が得られないとの意見もあり、早期診断の重要性が唱えられている¹⁵⁾。そのため、鎖肛を見た場合には、全例、USまたはMRでの精査を行うことが推奨されている^{12~14)}。

おわりに

先天性尿路奇形、排尿障害に対するMRの活用について紹介した。MRは、解剖学的評価に有用であることは周知のとおりであるが、造影MRUは、機能評価のほか、非拡張尿管の描出が可能であり、より詳細な情報を得ることができる。症例を選んで施行する価値があると思われる。また、造影MRUによる腎機能評価は、今後、核医学検査に代わる検査となる可能性があるが、日常診療で用いるためには、さらなる検討が必要と思われる。そのほか、排尿障害については、腎尿路系だけではなく、脊髄病変の有無にも注意を配る必要があり、その評価にはMRが主軸となるが、新生児期早期においてはスクリーニングとしてUSも有用であることを追記したい。

●文献

- 1) Grattan-Smith JD, Jones RA : MR urography in Children. *Pediatric Uroradiology* 2nd, Ed by Fötter R. Berlin, Springer, 2008, p17-35.
- 2) Grattan-Smith JD, Jones RA : Magnetic Resonance Urography in Children. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008 ; 16 : 515-531.
- 3) Grattan-Smith JD, Little SB, Jones RA : MR urography evaluation of obstructive uropathy. *Pediatr Radiol* 2008 ; 38 : S49-S69.
- 4) 後閑武彦, 河原正明, 横内順一, 他 : MR Urography. *映像情報メディカル* 2009 ; 41 : 997-1000.
- 5) Avni FE, Hall M, Collier F, et al : Anomalies of the renal pelvis and ureter. *Pediatric Uroradiology* 2nd, Ed by Fötter R. Berlin, Springer, 2008, p89-121.
- 6) Hiorns MP, Gordon I : Upper urinary tract dilatation in newborn. *Pediatric Uroradiology* 2nd, Ed by Fötter R. Berlin, Springer, 2008, p237-250.
- 7) Nguyen HT, Herndon CD, Cooper C, et al : The society of fetal urology consensus statement on the evaluation and management of antenatal hydronephrosis. *J pediatr Urol* 2010 ; 6 : 212-231.
- 8) 村上睦美 : 第20章 腎泌尿・生殖器疾患. *標準小児科学*, 前川喜平, 辻 芳郎監修. 東京, 医学書院, 2000.
- 9) 島 博基, 高橋 悟, 山崎雄一郎, 他 : 小児の排尿障害. *小児外科* 2004 ; 36 : 1101-1207.
- 10) Fötter R : Neurogenic bladder in infants and children. *Pediatric Uroradiology* 2nd, Ed by Fötter R. Berlin, Springer, 2008, p315-325.
- 11) Hollwarth ME, Sorantin E : Urinary problems associated with imperforated anus. *Pediatric Uroradiology* 2nd, Ed by Fötter R. Berlin, Springer, 2008, p165-173.
- 12) Kim SM, Chang HK, Lee MJ, et al : Spinal dysraphism with anorectal malformation : lumbosacral magnetic resonance imaging evaluation of 120 patients. *J Pediatr Surg* 2010 ; 45 : 769-776.
- 13) Glonka NR, Haga LJ, Keating RP, et al : Routine MRI evaluation of low imperforate anus reveals unexpected high incidence of tethered spinal cord. *J Pediatr Surg* 2002 ; 37 : 966-969.
- 14) Miyasaka M, Nosaka S, Kitano Y, et al : Utility of spinal MRI in children with anorectal malformation. *Pediatr Radiol* 2009 ; 39 : 810-816.
- 15) O' Neill BR, Yu AK, Tyler-Kabara EC : Prevalence of tethered spinal cord in infants with VACTERL. *J Neurosurg Pediatr* 2010 ; 6 : 177-182.

頭部画像のABC

森 壱

東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻 放射線医学講座 放射線診断学分野

The rudiments ABC of pediatric neuroimaging

Harushi Mori

Department of Radiology, Graduate School and Faculty of Medicine, The University of Tokyo

Abstract The rudiments ABC of pediatric neuroimaging include aspect, brain and cranium. First, as to aspect, gyration, development of cerebrospinal fluid space and skull base structures are covered. Gyration varies a good deal among children. Ventricles are also highly individual. Primitive fetal ventricular configuration should not be incorrectly equated to colpocephaly. Benign enlargement of the subarachnoid space in infancy is an important point to note. Pituitary gland decreases in height during infancy and increases at puberty and perimenopause. Cerebellar tonsils herniate downward physiologically. Second, neuroblast migration, myelination and transient hyperintensity on T1-weighted images are mentioned. Germinal matrix layer migrates until the 34th gestational week and can appear hyperdense on non-contrast computed tomography. You can estimate myelination age based on the signal intensity of the splenium and genu of the corpus callosum on T1 and T2 weighted imaging. Adenohypophysis and subthalamic nuclei show hyperintensity on T1-weighted images at birth and fade gradually. Finally, development of cranial sutures, bone marrow and paranasal sinuses is discussed. We should be aware of how important it is to be familiar with age-related changes on pediatric neuroimaging to avoid oversights and misdiagnosis. You may be promised complete acquirement of myelination estimates after reading this article.

Keywords Gyration, Myelination, Pneumatization

はじめに

小児頭部画像の基本について、ABCにちなんでAspect (脳表)、Brain (脳実質) およびCranium (頭蓋)の順に概説する。

小児期の脳や頭蓋はダイナミックに変化しており、年齢に応じた正常の形態を把握する必要がある。その際には、早産児や胎児では修正週齢、修

正月齢 (出生を40週の満期産として補正) を考慮しなければならない。いつ、どのように見えるのか熟知していないと、見落としや読み過ぎの温床となりうる。ひいては治療開始遅延や、逆に過剰検査・治療に繋がる。

本稿の目的は、頭部画像の読影に際し、念頭に置くべき加齢性変化を知ることにある。特に、髄鞘化の簡易推定法について習得してほしい。

脳 表

1. 脳溝・脳回形成

脳溝，脳回の形成^{1~5)}には個人差が大きい。特に，双胎では通常より2~3週遅延することが多

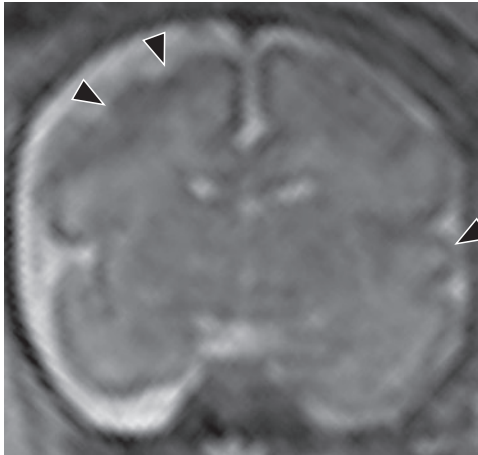


Fig.1 Normal gyration

30 weeks gestational age, single-shot fast-spin-echo coronal image. The frontal lobes are divided into three gyri by two shallow indentations (arrowheads). In the left temporal lobe, the superior temporal gyrus has become evident.

い。胎生早期には脳表は未発達であり，妊娠16週ではシルビウス裂以外の脳溝はみられない。20週頃から中心溝，上側頭溝，頭頂後頭溝などの1次脳溝が出現する。2次脳溝の形成は28週頃から始まる。3次脳溝が出現する32週頃から島を覆う弁蓋部が目立ってくる。出生時に脳溝パターンは完成しているが，脳溝の深さは浅い。

MRでの所見は以下の通りである。妊娠22週では，左右の側脳室のみ認められる。妊娠26週では，シルビウス裂によって前頭葉および側頭葉が分離する。妊娠29週では，下前頭溝と上側頭溝を浅い陥凹として認める。妊娠30週では，前頭葉が2つの浅い陥凹によって3つに分けられる (Fig.1)。側頭葉では上側頭回が明瞭になる。妊娠32週では，前頭葉が上下前頭溝で上，中，および下前頭回に明瞭に区分される。妊娠34週では，側頭葉が上下側頭溝で上，中，および下側頭回に明瞭に区分される。妊娠36週では，前頭側頭葉の2次脳溝が明瞭になる。妊娠38週では，脳溝，脳回が脳表全体を覆う。大脳白質は脳回へ深く折り込まれる。シルビウス裂はほぼ閉鎖する。

脳梁⁶⁾は妊娠10~22週にかけて脳梁体部前端部から前後へ形成され，その後は大脳皮質の発達に伴って肥厚する。新生児期 (Fig.2a) では脳梁は全体的に薄く，膝部や膨大部の膨らみはない。また

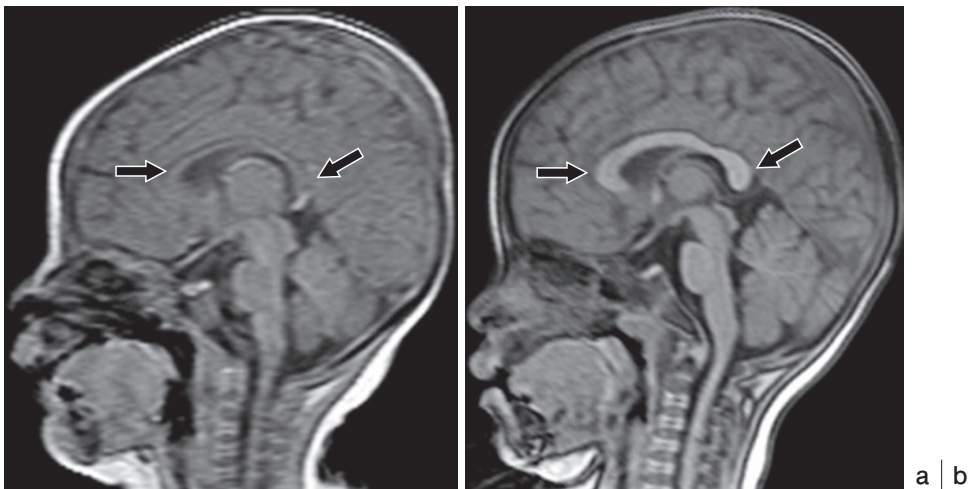


Fig.2 Corpus callosum development

a: Neonate, T1-weighted sagittal image. The corpus callosum is still thin.
b: 1.5 year old (the same child), T1-weighted sagittal image. The corpus callosum has thickened.

T1強調画像で灰白質に比べて低信号である。生後1～2か月で中心前・後回の髄鞘化と並行して膝部の発達が始まる。次いで、3～4か月目に視覚野や視覚連合野の髄鞘化と共に膨大部の発達が見られ、7か月目に膝部とほぼ同じ厚さになる。9～10か月には成人同様の形態になる (Fig.2b)。髄鞘化は4か月ごろ脳梁膨大部から始まる。

2. 脳脊髄液腔

頭蓋の発達と脳実質の大きさのバランスには個人差が大きい¹⁻⁵⁾。妊娠30週までは生理的な側脳室後角優位の拡大 (primitive fetal ventricular configuration, PFVC) を呈しており、滑脳症様に見える。第4脳室は妊娠37週頃にMRで同定できるようになる。新生児期では脳腫脹かと思紛うほど脳室や脳槽などの脳脊髄液腔は狭いことがある (Fig.3a)。

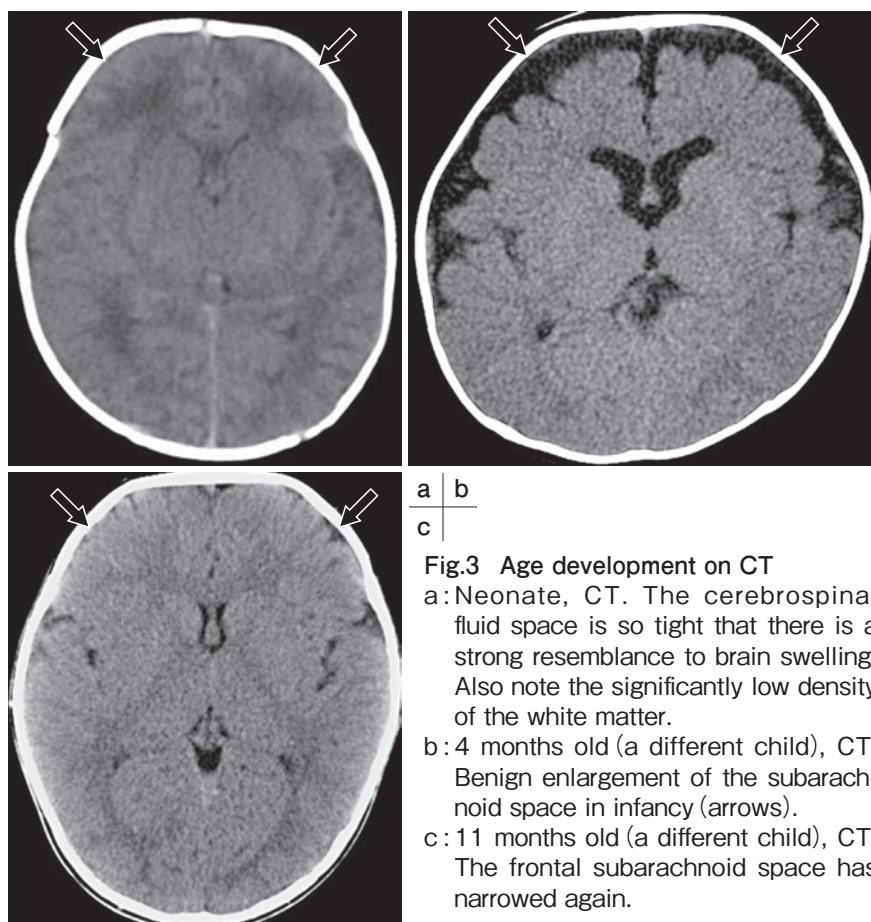
乳児期では、まず頭蓋が先行して大きくなるため前頭部の脳脊髄液腔が拡大しているように見える (benign enlargement of the subarachnoid space in infancy, Fig.3b)。その後、脳実質の発達が追いつき、1～2歳では再び脳脊髄液腔が狭小化する (Fig.3c)。

正中過剰腔のベルガ腔は胎生40週頃、透明中隔腔は生後2～3か月で閉鎖する。高齢者では血管周囲腔 (Virchow-Robin腔) が基底核領域、皮質下白質や半卵円中心で目立つようになる。両側対称性に基底核下部で認められることが多いが、非対称性で2cm大になるものもある。脳脊髄液と等信号である点が陳旧性小梗塞との鑑別になる。

3. 頭蓋底部

1) 下垂体

新生児期には下垂体は上部辺縁が円状で、出産



後8か月まで大きさが減少し⁷⁾、下垂体上縁は平坦化する(Fig.4)。そして、小児期に各方向に拡大し上下2～6mmの大きさになる。さらに、思春期には再び増大して下垂体上縁が上に凸となり、高さが女児では10mm、男児では7～8mmに達する。女性では閉経期にも腫大するが、高齢期では性差を認めない。

2) 小脳扁桃

小脳扁桃は生理的に下垂しているため、10歳頃までは大後頭孔より6mmまでは正常範囲内であり、30歳までは5mm、それ以降は4mmが目安となる。従って、3mm以内のものは臨床的に問題にならない⁸⁾。

正常でも心拍による小脳扁桃の変位は1mm以下とわずかである。これがキアリ1型奇形(特に空洞症のある症例)では、心拍による小脳扁桃の変位が大きくなる。これにより脊髓内外の圧較差が生まれ、空洞症の原因となっているのかも知れない。

脳実質

1. 神経芽細胞遊走

妊娠9週頃に側脳室や第三脳室周囲に胚芽細胞層(germinal matrix layer)が出現する。T1強調像では13週頃から胚芽細胞層が高信号域として認め

られる。その後増大するが、妊娠28～30週にかけて神経芽細胞(神経外胚葉細胞)の皮質への遊走に従って菲薄化する。遊走は10週頃から始まり、29週までにはほぼ完了している。胚芽細胞層は34週までに痕跡的となる^{1～5)}。

妊娠34週までの早産児でCTが撮影された場合は、脳室周囲の胚芽細胞層は周囲の脳実質に比して高吸収値域として描出される。特に、尾状核頭部付近で目立ち、ganglionic eminenceと呼ばれる。また、遊走が完了していないため皮質はまだ薄い。

MRのT1強調画像では、妊娠23週から28週まで大脳半球は5層構造がある(母体外の撮像では15週から描出される)。最内層の高信号域は胚芽細胞層、この外側に深部中間層の低信号帯を挟んで遊走細胞層の高信号域があり、さらに外側で浅部中間層の低信号帯、皮質の高信号域となる。T2強調像では胚芽細胞層は低信号域として認められる(Fig.5)。これらの層構造は28週以降に不明瞭となる。

2. 髄鞘化

1) 髄鞘化

脳の発達に伴う髄鞘化は2歳まで大きく変化し、



Fig.4 Normal pituitary gland
Neonate, T1-weighted sagittal image. The adenohypophysis is convex upward and shows hyperintensity.

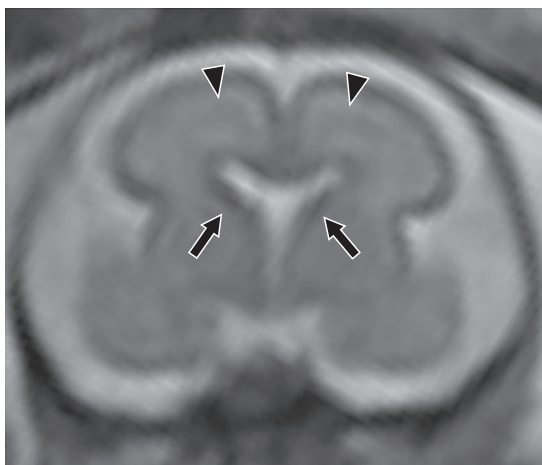


Fig.5 Germinal matrix layer
25 weeks gestational age, single-shot fast-spin-echo coronal image. Germinal matrix layer (arrows) and migratory cell layer (arrowheads).

その後12歳までゆっくり変化する¹⁻⁵⁾。髄鞘化の遅延は脳奇形、代謝疾患や感染症などのさまざまな疾患で認められる。なお、胎児期や新生児期の脳は水分含量が多く、T1値およびT2値が成人より延長している。従って、MRのT2強調画像ではTRおよびTEをとともに長めに設定する。

髄鞘化は一般的な原則として、系統発生学的に古い領域から新しい部分へ、尾側から頭側へ、背側から腹側へと進む。従って脳幹から小脳へ、大脳基底核から大脳半球白質へ、また、大脳半球白質内では後頭葉→前頭葉→側頭葉へと進む。

MRでは、脳実質内の髄鞘化と水分含量の度合いを観察可能である。髄鞘化はT1強調画像ではコレステロールや糖脂質の増加を反映して高信号化、T2強調画像では髄鞘の成熟に伴う2次的な水分含量低下が低信号として認められる。T1強調画像での変化がT2強調画像での変化に数か月先行する。髄鞘化の評価は、1歳まではT1強調画像、1～2歳はT1、T2強調画像両方、2歳以降はT2強調画像を基本とする(Table 1)。

ターミナル・ゾーンは側脳室三角部背側上方の白質の高信号域で髄鞘化を示すT2強調画像での低信号化が最後に起きる部分をいう。この所見はプロトン密度強調画像では不明瞭である。ときに成人まで残ることがあり、脳室周囲白質軟化巣などの病変との鑑別が問題になる。ターミナル・ゾーンでは側脳室との間に髄鞘化した白質の存在(T2強調画像で低信号)する点が鑑別となる。一般的にターミナル・ゾーンといえは上記の傍三角部領域を指すことが多い。しかし、皮質直下領域こそが真のターミナル・ゾーンであると考えられる向きもある。

拡散強調画像では白質線維の成熟度が観察可能になる。新生児ではisotropicな拡散が見られるが、成長に伴い白質線維の方向や密度に応じた拡散がみられる。FA (fractional anisotropy) 画像ではT1強調画像やT2強調画像で髄鞘化が分かりにくい場合でも白質線維の存在が捉えやすい。また、新生児でもtractographyが描ける。

MRS (MR spectroscopy) では、脂肪酸の合成に関与するN-アセチルアスパラギン酸(NAA)が髄鞘化に伴って増加する。つまり、髄鞘化の未熟な部位ではNAA/コリン化合物(Cho)比が低く、成長に伴って後述する各部での髄鞘化のスパート時

Table 1 Normal milestones of myelination

部 位	年 齢	
	T1 強調画像	T2 強調画像
中 小 脳 脚	新生児	新生児
小脳半球白質	新生児～4か月	3～5か月
内包後脚前部	新生児	4～7か月
内包後脚後部	新生児	新生児～2か月
内 包 前 脚	2～3か月	7～11か月
脳 梁 膝 部	4～6か月	5～8か月
脳 梁 膨 大部	3～4か月	4～6か月
後頭葉白質中心部	2～5か月	9～14か月
後頭葉白質辺縁部	4～7か月	11～14か月
前頭葉白質中心部	3～6か月	11～16か月
前頭葉白質辺縁部	7～11か月	14～18か月
半卵円中心	2～4か月	7～11か月

期に一致してNAA/Cho比が急激に増加する。また、髄鞘化に伴うChoのミエリン化消費による減少、もしくは脳エネルギー代謝の成熟に伴うクレアチニン・クレアチニンリン酸(Cr)の増加を反映してCho/Cr比が減少する。

2) 髄鞘化の簡易推定法

髄鞘化の加齢変化は細かく、専門家以外は取っ付きにくい。そこで、筆者は髄鞘化の簡易推定法を考案した。要は、あれこれ憶えられないので、あきらめて無理をせず脳梁に関心を絞るのである。しかも、この簡易推定法では使用する画像はT1強調画像およびT2強調画像それぞれ1断面、合計2枚だけ済む。難点は脳梁欠損がある場合には適応できないことであろうか。

前交連－後交連線(AC-PC line)に水平な軸位断を撮像すると基底核レベルやや頭側で脳梁膝部と膨大部が同一平面内に描出される。この断面において、以下のような白黒パターンを見ればおおよその推定ができる(Fig.6)。すなわち、ポイントは①修正4か月での脳梁膨大部のT1強調画像高信号化、②修正6か月での脳梁膨大部のT2強調画像低信号化、および③修正8か月での脳梁膝部のT2強調画像低信号化である。

	T1WI	T2WI	T1WI	T2WI	T1WI	T2WI	T1WI	T2WI
脳梁膝部	■	□	■	□	□	□	□	■
脳梁膨大部	■	□	□	□	□	■	□	■
	↓		↓		↓		↓	
	4か月未満		4～6か月		6～8か月		8か月以降	

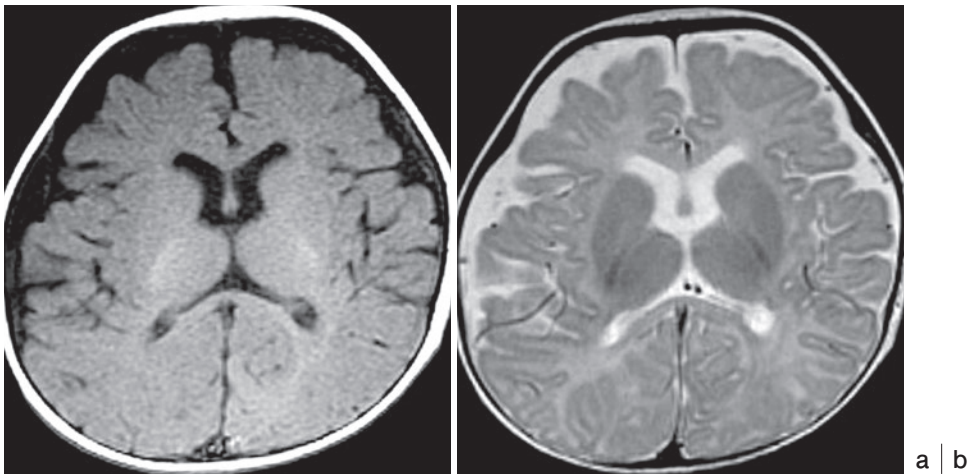


Fig.6 Myelination estimate

- a: T1-weighted image. The genu of the corpus callosum shows isointensity ("black") to cortex, whereas the splenium shows hyperintensity ("white").
 b: T2-weighted image. Both the genu and splenium of the corpus callosum show hyperintensity ("white"). These findings allow estimation that this child is 4-6 months old.

3) CTでの吸収値の変化

CTでは髄鞘化の判定はできない。しかし、CTでも乳児期に脳実質の吸収値がダイナミックに変化する。まず、満期産の新生児では白質がびまん性に低吸収値を示している (Fig.3a)。その後、約2か月の経過で白質の吸収値が上昇し、安定化する (Fig.3b)。これは髄鞘化を見ているのではなく、水分含有量の変化を反映している。

3. T1 強調像高信号域

1) 下垂体

新生児期には下垂体は周囲の脳実質と比較して下垂体全体がT1強調像で高信号を示す (Fig.4)。前葉は生後約2か月までに次第に等信号化し、後葉のみが高信号を残す⁷⁾。胎盤エストロゲンの影響が減ることによって、下垂体プロラクチン細胞が減少するためと考えられている。したがって、この変化は修正週数では決まらず、出産後日数に依存する。

2) 視床下核

視床下核も新生児期にT1強調像で高信号を示し (Fig.7)、次第に等信号化する⁹⁾。この変化も修

正週数によらず、出産後日数によって変化する。ただし、なぜ一過性に高信号となるのか原因は不明である。

頭 蓋

1. 頭蓋縫合

頭蓋縫合は生後数か月で線維性に結合してくる。特に、小泉門は生後6か月、大泉門は生後18～24か月に閉鎖する (Fig.8)。その後、壮年以降に骨性癒合が起きる。

2. 骨髓

頭蓋冠の間や斜台の骨髓の信号は新生児期には低信号を示す (Fig.2,4)。2歳までには前頭骨の鼻突起や鶏冠の信号は高信号になる。3歳までに斜台には斑状の高信号部分が出現する (Fig.9)。その後徐々に高信号の部分が拡大し、10代では骨髓全体が高信号になる。乳児や新生児期の骨髓は造骨骨髓の富血管性を反映して多様な造影効果を示す。

生徒や学生の若年女性でT1強調像における骨髓信号が低下している場合は、造骨器疾患や骨転移のほかに、神経性食思不振症を考慮する必要がある。

ある。特に眼窩脂肪の高信号のみを残した特徴的な信号パターンを示す (Fig.10)。

3. 副鼻腔

副鼻腔の中では上顎洞が最初に発達する⁵⁾。1年に左右に2mm, 前後に3mmの割合で大きくなる。9歳までに硬口蓋に達する。篩骨洞は前方から発

達してくる。6歳までは篩骨洞の後方に含気が無くても正常と考えられる。蝶形骨洞は生後まもなくは非常に小さな空洞であり、早ければ2歳時に高分解能CTで認識可能である。前頭洞は最後に発達する。2歳くらいから最初の含気が見られはじめ、4歳で鼻根点に達し、8歳で眼窩上壁、10歳で前頭骨に達する。成長は思春期までみられる

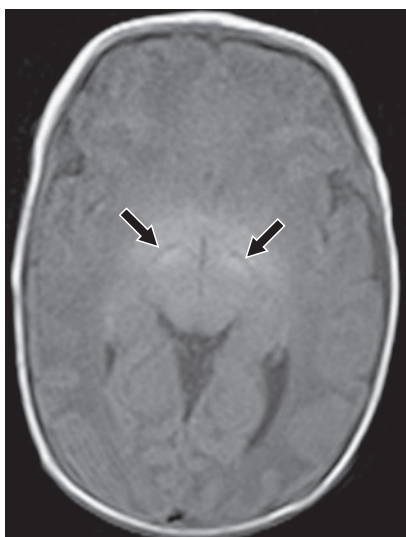


Fig.7 Subthalamic nucleus
14-day-old neonate, T1-weighted image. The subthalamic nuclei show hyperintensity.



Fig.9 Bone marrow development
2 years old, T1-weighted sagittal image. Heterogeneously hyperintensity is seen in both the clivus and crista galli.

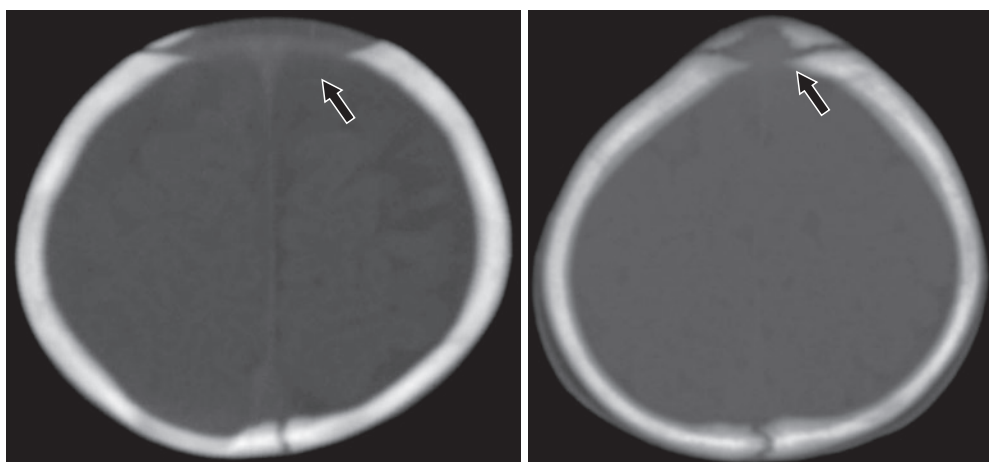


Fig.8 Anterior fontanelle closure
a: 6 months old, CT. The anterior fontanelle is still open.
b: 18 months old, CT. The anterior fontanelle has almost closed.

a | b



Fig.10 Anorexia nervosa
12-year-old female, T1-weighted image. Bone marrow and subcutaneous tissue lack hyperintensity. The orbital fat is barely visible (arrows).

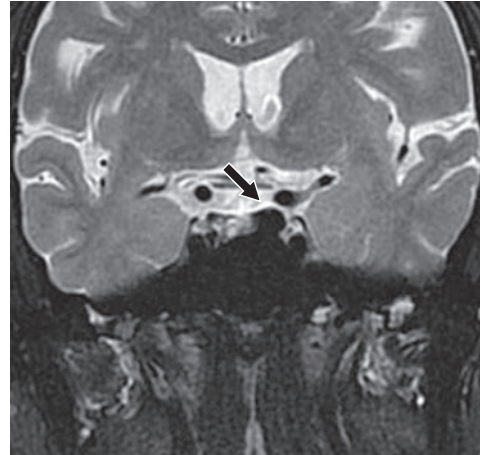


Fig.11 Pneumatization mimicking an aneurysm
60-year-old male, T2-weighted coronal image. The asymmetric pneumatization of the left posterior clinoid process mimics an aneurysm (arrow).

が、非常に個人差がある。

ときに、蝶形骨洞の発達の後床突起にまで及ぶことがあり、これを知らないとT2強調像での円形無信号領域を動脈瘤と誤診する可能性もある (Fig.11)。

おわりに

いろいろ述べたが、最低限の知識として

- ①乳児期に、前頭部クモ膜下腔は生理的に拡大する。
 - ②髄鞘化の簡易推定法では、脳梁膨大部および膝部に注目する。
 - ③副鼻腔は加齢に従って発達する。
- ということは押さえておいて欲しい。

●文献

- 1) Girard N, Raybaud C, Poncet M : In vivo MR study of brain maturation in normal fetuses. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995 ; 16 : 407-413.
- 2) Hansen PE, Ballesteros MC, Soila K, et al : MR imaging of the developing human brain. Part 1. Prenatal development. *Radiographics* 1993 ; 13 : 21-36.
- 3) Ballesteros MC, Hansen PE, Soila K : MR imaging of the developing human brain. Part 2. Postnatal development. *Radiographics* 1993 ; 13 : 611-622.
- 4) Barkovich AJ : Normal development of the neonatal and infant brain, skull and spine. In *Pediatric Neuroimaging*, 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2000, p13-69.
- 5) Randy JJ : Chapter 1 Embryology. In *Atlas of neuroradiologic embryology, anatomy, and variants*. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2000, p2-60.
- 6) Barkovich AJ, Kjos BO : Normal postnatal development of the corpus callosum as demonstrated by MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 1988 ; 9 : 487-491.
- 7) 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.
- 8) Mikulis DJ, Diaz O, Egglin TK, et al : Variance of the position of the cerebellar tonsils with age : preliminary report. *Radiology* 1992 ; 183 : 725-728.
- 9) 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.

骨髄炎の画像診断と鑑別

榎殿文香理, 藤田和俊, 河野達夫, 西村 玄

都立小児総合医療センター 診療放射線科

Pediatric osteomyelitis: Imaging clues and differential diagnoses

Akari Makidono, Kazutoshi Fujita, Tatsuo Kono, Gen Nishimura

Department of Radiology, Tokyo Metropolitan Children's Medical Center

Abstract There are many children with joint pain. Some of whom have musculoskeletal infection. In growing children, if a patient with osteomyelitis does not receive an adequate diagnosis and treatment, he might suffer sequelae such as deformity. To avoid that situation, we should diagnose them precisely and initiate treatment quickly.

Imaging technique plays an important role in diagnosing, evaluating, and monitoring osteomyelitis. Herein, we show the etiology and typical imaging findings of pyogenic osteomyelitis. Some diseases show similar imaging findings. We also show differential diagnoses (tuberculous osteomyelitis, BCG osteomyelitis, and CRMO).

Keywords Osteomyelitis, Pediatric, Infection

はじめに

20世紀後半における知識と経験の蓄積によって、近年、われわれは多くの筋骨格系の感染症に対して正確な診断と適切な治療を行い、完全な治癒と良好な臨床的予後を得ることができるようになってきている。筋骨格系の感染症と一言と言っても、その部位（骨髄、関節、筋肉、滑液包、筋膜など）、重症度、治療への反応性は様々である。筋骨格系の感染症の評価・治療を標準化することは難しく、患児ひとりひとりに合わせた丁寧な診療が求められる¹⁾。

画像検査は筋骨格系の評価・診断において重要な役割を担っており、適切な modality の選択、画像所見を知っておくことは、重篤な合併症・後遺症を回避し、患児の予後改善につながる。本稿で

は、特に骨の感染症、すなわち骨髄炎についてその成因、画像所見、合併症などについて触れることとする。

小児の骨の特徴：小児の骨感染症の画像を理解するために

小児の骨の成長においては骨化（膜性骨化、軟骨内骨化）という重要なプロセスがあり、これによって骨はその大きさを増していくことができる。

このため、小児には成人では認められない骨端核、成長板という構造が存在し、軟骨内骨化を示す成長板、骨端核周囲、軟骨性結合部などには当然ながら軟骨が存在する。軟骨組織はX線透過性を示すため、単純X線写真では写らないが、小児の骨の単純X線写真を読影する際には、すでに骨化した部分だけに目を向けるのではなく、この軟

骨も意識しながら読影する必要がある。

化膿性骨髄炎 Pyogenic osteomyelitis

骨髄炎の原因となる感染源が骨髄に達する経路としては、離れた感染巣から血行性、隣接する関節／軟部組織の感染巣からの波及、あるいは直接的(外傷、手術、異物)に骨髄へ達する。小児では、血行性が最も多く、感染源が不明であることもまれではない²⁾。

血行性由来の化膿性骨髄炎 Pyogenic hematogenous osteomyelitis

小児期の骨髄炎の好発部位は、骨幹端である。これは、成長板直下の骨幹端では、血管はループ状で、この部位で血流は遅くゆっくりとしたものとなり、そのため、病原菌は骨幹端に留まり、増殖しやすいからである。大腿骨遠位、脛骨近位、上腕骨近位、橈骨遠位などの成長の速い骨(すなわち、血流が多い)の骨幹端にみられることが多い²⁾。

病原菌は、骨幹端の血管ループに留まり、増殖し、骨幹端骨髄内に小さな膿瘍を形成する。そして、同部に限局的な脱灰と周囲の骨破壊を起こす。進行すると、多数の小さな骨破壊巣が生じ、これらは癒合していく。炎症性変化によって骨髄内圧は上昇し、炎症巣が周囲へ伸展する。最も多い伸展形式は、骨皮質のハバース管を介して骨膜下膿

瘍を形成し、これと同時に骨髄内へもさらに伸展していくというものである。骨膜下膿瘍が破裂すると、周囲の軟部組織にまで炎症が波及していく²⁾。実際の骨髄炎の患児の画像をFig.1に示す。

股関節、肩関節、肘関節、足関節では、他の関節と異なり関節包内に骨幹端、成長板、骨端が存在するため、骨幹端の骨髄炎が上述のごとく伸展し、骨膜下膿瘍が破裂した場合、容易に関節内に波及し、化膿性関節炎となり得る^{1,2)}。

また、骨端に骨化中心が現れていない新生児期、乳児期早期では、成長板を貫くtransphyseal vesselが開存し、骨端と骨幹端は、血行動態的に一つになっている。そのため、骨髄の炎症が関節まで容易に波及し得る³⁾。

このように炎症が成長板や関節に波及・持続すると、関節破壊および早期の骨端閉鎖による成長障害・四肢長差をきたしうる(Fig.2)^{2,3)}。こういった重篤な合併症・後遺症を回避するためにも、適切な診断プロセスを理解することが重要となる。

骨髄炎の診断は病歴、臨床情報、血液培養／組織培養検査、画像検査(単純X線写真、核医学検査、MR、時に超音波およびCT)を用いてなされる。骨格系の評価には、単純X線写真が最初に行われる画像検査であるが、病初期に骨に異常が認められることはなく、発症後7～10日経過したのち、溶骨性変化、骨膜反応といった骨の異常がみられる

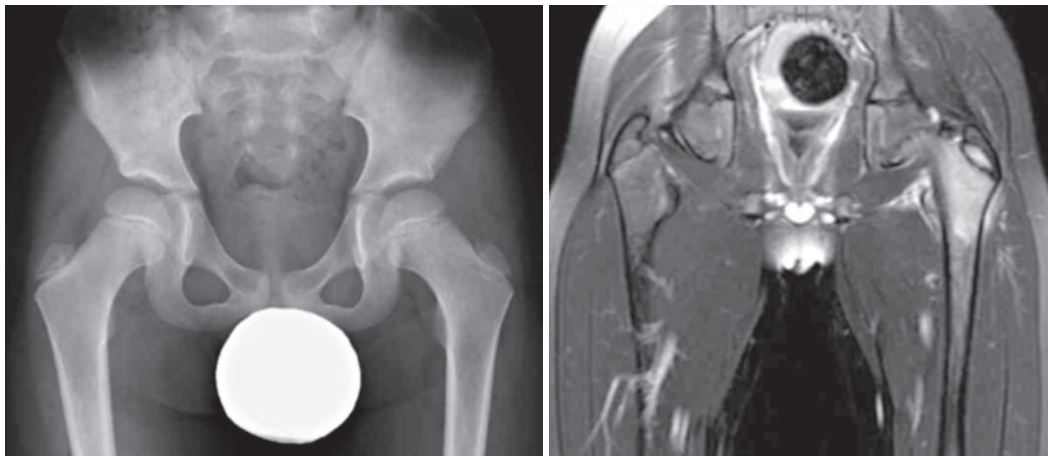


Fig.1 Pyogenic osteomyelitis

Eight-year-old boy with left hip pain. Radiograph shows no significant skeletal abnormality. Fat-saturated T2WI shows an intraosseous abnormal signal intensity area in the left femoral apophysis and trochanteric region with surrounding soft tissue edema.

ようになる。つまり、単純X線写真で異常がないことが、初期の骨髓炎を否定する材料とはならないことを理解することが重要である。核医学検査 ($^{99m}\text{Tc-MDP}$ による骨シンチグラフィ)、MRは早期から骨髓の異常の有無とその部位診断が可能であり、有用である。骨シンチグラフィは、通常の静注後2～4時間での撮影ではなく、三相撮影(血流動態シンチグラフィ、血液プールシンチグラフィ、骨シンチグラフィ)が早期診断に有用である^{2,3)}。

慢性化膿性骨髓炎

Chronic pyogenic osteomyelitis

骨髓炎の診断がなされた後、適切な治療をすぐに始めることが肝要であるが、不幸にも慢性化してしまうことがある。

慢性化膿性骨髓炎では、皮質および骨梁の硬化、空洞形成、腐骨が特徴的であるが、この内、腐骨は感染の持続している病巣であり、外科的摘出の対象となるため、これを検出することは治療上重要である。腐骨は炎症性肉芽組織に囲まれ、膿瘍腔内に存在する。画像上は、硬化巣として描出され、単純X線写真、CT、MRいずれでも検出可能であるが、単純CTで最も良好に描出される。

経過を知っていた場合、診断に悩むことは少ないと思われるが、経過を知らずワンポイントでその画像を見た場合に、腫瘍などの占拠性病変と悩

んでしまうことがあるかもしれない。このような場合、既往歴の聴取や、可能であれば急性期の画像を取り寄せることも必要であるが、新生骨に覆われる感染巣を骨外へ排出するためのsinus tractを見つけれられた場合、診断へたどり着くことができる。本所見は慢性骨髓炎の全例でみられる訳ではなく、また、単純X線写真でははっきりとした所見としてとらえることが難しいこともあるものの、少しでも慢性骨髓炎を疑った場合、本所見を探す姿勢が大切である(Fig.3)²⁾。

結核性骨髓炎

Tuberculous osteomyelitis

世界的にみて、AIDSの流行、免疫抑制療法、多剤耐性結核の存在といった要因から、結核患者は増えてきている^{2,4)}。日本において、小児結核は戦後化学療法の普及によって成人結核が減少するのに伴って順調に減少してきており、ここ数年では新規登録患者数(0～14歳)が年間100以下で推移している。しかしながら、結核は根絶の難しい感染症であり、ライフスタイルの変化、貧困や格差、医療の充足度といった社会的要因が結核の発生に影響していると考えられ、今後どのような経過をたどるかは予想が困難である⁵⁾。

今日において、筋骨格系の結核性病変に遭遇する機会は比較的まれであるが、それでもなお、診

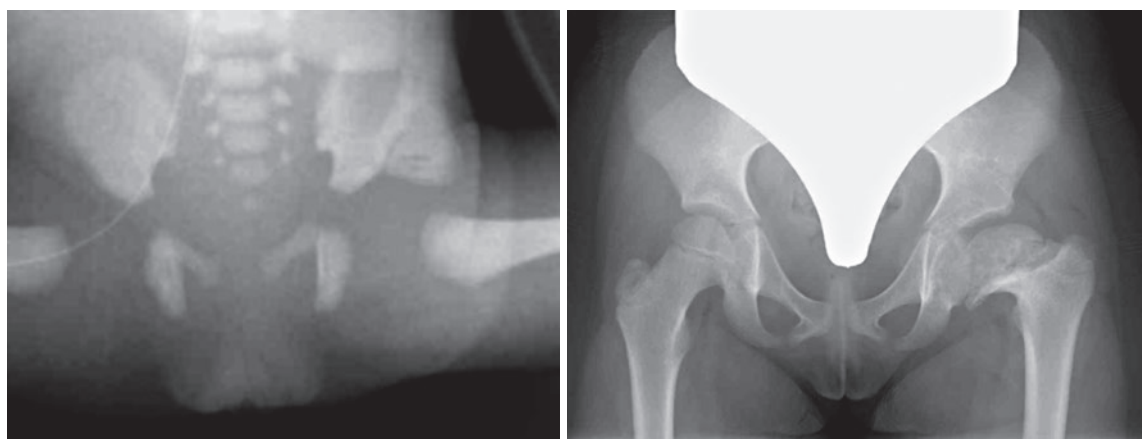


Fig.2 A late consequence of pyogenic osteomyelitis

Radiographs of the hip. (a) was obtained when she was neonate, and (b) at 5 years. (a) It is difficult to point out any definitive abnormality. (b) Severe deformity of the left femoral head and neck is noted.

a | b

断されないまま高度な病変進展を認める児に遭遇することがある²⁾。5歳未満の小児において、結核の肺外病変は少なくない。およそ5～10%の罹患患者において認められる。また、結核患者の約1～3%で、骨・関節病変が認められる。このため、この年齢層の骨・関節の感染性疾患に罹患した児に遭遇した場合、結核性病変は鑑別診断に含めるべきである¹⁾。

結核性骨髓炎は、化膿性骨髓炎同様、小児では血行性由来が多い。このほか、関節炎からの波及によっても起こる。他の骨髓炎と異なり、骨端線の感染に対する防御機能としての役割は低く、結核性骨髓炎は骨端および骨幹端の骨破壊性病変として認められることが多い。結核菌は感染巣周囲で慢性炎症を引き起こし、慢性化膿性骨髓炎とよく似た振る舞いをするため、画像所見もこれに似ており、限局した骨病変の鑑別診断として、腫瘍などと並んで常に考慮するべきである。ただし、結核性骨髓炎では化膿性骨髓炎に比べて関節軟骨が保たれる期間が長く、感染早期では関節腔が保たれる傾向にある。また、結核性骨髓炎では冷

膿瘍、sinus tractの形成がよくみられるのに対して、腐骨形成は稀である²⁾。

BCG 骨髓炎 Bacille Calmette-Guerin osteomyelitis

BCG接種は結核感染あるいは感染後の重篤化を回避する上で有効である。しかしながら、頻度は少ないながらも、局所の潰瘍形成・瘢痕化、膿瘍形成、リンパ節炎、骨髓炎などの遠隔病変の形成、全身性の感染 (BCG-osis : HIV感染や慢性肉芽腫症などの免疫不全状態と関連) といったBCG接種による合併症が報告されている^{6,7)}。

BCG菌 (*M. bovis* BCG) 感染を原因とするBCG骨髓炎は、BCG接種後数か月から数年後に発症し、四肢骨を侵すことが多く、体幹部の骨を侵すことは少ない。危険因子や病態生理はいくつか提唱されているが、不明確なままである。臨床症状は乏しく、血液検査においても炎症反応の軽度上昇が見られるのみで非特異的である。画像所見は前項のヒト型結核菌感染による結核性骨髓炎と類似し、鑑別は困難なことが多い (Fig.4)。確定診断やヒ

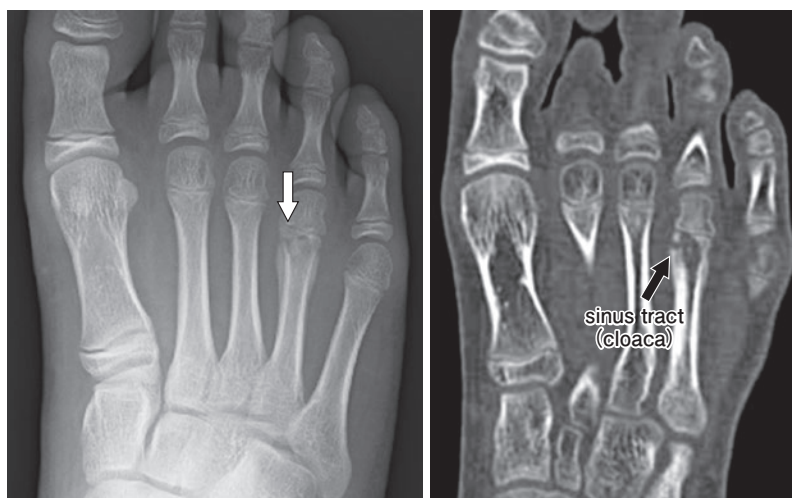


Fig.3 Chronic pyogenic osteomyelitis
Twelve-year-old boy.

a | b

- a : Radiography of the foot shows an irregular radiolucent lesion with periosteal reaction in the distal metaphysis of the 4th metatarsal bone. There seems to be an ill-defined radiolucent line connecting the lesion and the surface of the lateral aspect of the metatarsal bone.
- b : CT shows clearly a sinus tract (cloaca), which finding indicates chronic pyogenic osteomyelitis.

ト型結核菌 (*M.tuberculosis*) と BCG の鑑別には生検, 培養検査を要していたが, 最近実用化されたインターフェロン γ 遊離試験 (IGRA, T-SPOTTM) は抗酸菌感染症の診断, BCG との鑑別が, 短時間で可能となり, 今後の結核診療に変貌をもたらすと期待されている. 小児で結核性骨髓炎が疑われた場合, ヒト型結核菌であれば全身性に播種している可能性が高く, 入院し Rifampicin (RFP) + isonicotinylhydrazine (INH) + Pyrazinamide (PZA) に Streptomycin (SM) あるいは, Ethambutol (EB) を加えた治療法を選択する必要がある. 一方, BCG 骨髓炎に対する確立された治療法はなく, 文献的には重症結核に準じた治療が推奨されているものの, その多くが予後良好であり, 薬剤による副作用や治療の負担を考慮し, そこまで強い治療を行わなくても良好な経過を得られたという報告もある. 骨髓炎を示唆する画像を呈し, 全身状態が重篤性にやや欠ける場合, BCG 骨髓炎も鑑別の一つに入れる必要がある^{2, 6, 7)}.

慢性再発性多巣性骨髓炎 Chronic Recurrent Multifocal Osteomyelitis (CRMO)

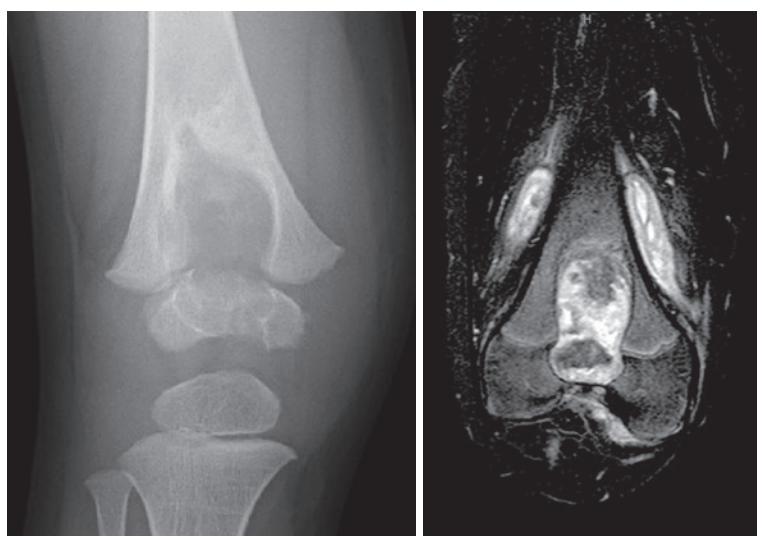
慢性再発性多巣性骨髓炎 (以下, CRMO) は, 骨格系における原因不明の炎症性疾患である. 骨に非化膿性の炎症巣が多巣性に認められ, 増悪と寛解を繰り返すという臨床像を呈する. 主に, 小児

期 (多くの場合, 9~14歳) で発症し, 1か所あるいは数か所の疼痛, 圧痛, 腫脹, 可動域制限といった症状を訴える. 症状の持続期間は数日から数年と幅広く, はっきりとした発症時期が不明な場合も少なくない. 初発時の血液検査所見も軽度の血沈亢進と CRP 上昇を認めるだけで, 非特異的である. 時に, 他の炎症性疾患を合併していることがある (Table 1)⁹⁾.

長管骨の骨幹端, 特に脛骨が侵されることが多く, 鎖骨, 腓骨, 椎体, 大腿と続く. 病変は両側性,

Table 1 Pathologic conditions associated with CRMO⁸⁾

Dermatologic disorders
Palmoplantar pustulosis
Psoriasis
Acne fulminans
Sweet syndrome
Pyoderma gangrenosum
Autoinflammatory disorders
Takayasu arteritis
Wegener granulomatosis
Gastrointestinal disorders
Crohn disease
Ulcerative colitis
Genetic syndromes
Majeed syndrome
Other conditions
SAPHO syndrome
Spondyloarthropathies



a | b

Fig.4 BCG osteomyelitis

Two-year-old boy. *M. bovis* BCG is identified by joint fluid culture.

a: Radiograph of the right knee shows an osteolytic lesion extending from the epiphysis through growth plate toward the metaphysis. Soft tissue swelling around the knee is also noted.

b: Fat-saturated T2WI shows an abscess in the distal femur and surrounding deep soft tissue.

対称性であることが多い。単純X線写真で、初期は成長板近くの骨幹端に溶骨性病変として認められ、病勢の持続・進行とともに周囲に硬化性病変が見られるようになり、慢性期にはhyperostosisを伴う硬化性病変となる。病初期に疼痛部の単純X線写真で異常の認められないこともあり、この場合、MRの施行も考慮すべきである。臨床経過、画像所見からCRMOの可能性が高いと考えられた場合には、臨床症状を呈していない他の部位の病巣を検出するために骨シンチグラフィ（あるいはMR）による全身検索を行う。

慢性骨髓炎、腫瘍などが鑑別に挙がるが、①臨床経過が長く、寛解期には症状がないこと、②鎖骨が侵されたり、病変の分布が両側性かつ対称性である点が感染性病変としては非典型的であること、③病変が多巣性であること、④膿瘍・瘻孔・腐骨形成のないこと、⑤抗生物質への反応性が認められないこと、⑥乾癰、掌蹠膿疱症、炎症性腸疾患などの炎症性疾患の合併の有無といった点を踏まえ鑑別を進めることが可能である。特に、病初期では画像所見が非特異的で診断は難しいこともあるが、生検、培養検査によって慢性炎症像を呈しているにも関わらず、非化膿性であることを証明することが診断へ近づく手立てとなりうる^{2,9)}。

単純X線写真における 骨の占拠性病変の解釈

単純X線写真で骨の占拠性病変を認めた場合、前述のように良性／悪性腫瘍、感染性病変が鑑別に挙がる。単純X線写真のみで診断できるものもあれば、CT、MR、核医学などの他のmodalityを使った精査を要するもの、生検などの侵襲的介入を要するものもある。不要な検査、治療を回避するためにも、単純X線写真でいくつかの画像所見を評価し、鑑別を進めていく必要がある。病変の部位、境界（移行帯）、基質（腫瘍組織の構成）、骨破壊・骨膜反応の有無・性状、軟部組織浸潤の特徴・拡がり、単発性か多発性か。これらは、病変の増殖速度と正常の骨新生の速度の戦いの結果できあがるものであり、必ずしも良悪を断定できるものではないが、増殖速度の速いものであれば悪性の、遅いものであれば良性の病変である可能性が高いと言うことはできる（Fig.5）¹⁰⁾。

また、皮質デスマイド、非骨化性線維腫といった単純X線写真で特徴的な画像を呈するものに関してだけでも、その所見を覚えておくことは不要な検査を回避する上で重要である。

腫瘍性病変が疑われた場合、最終的には生検、

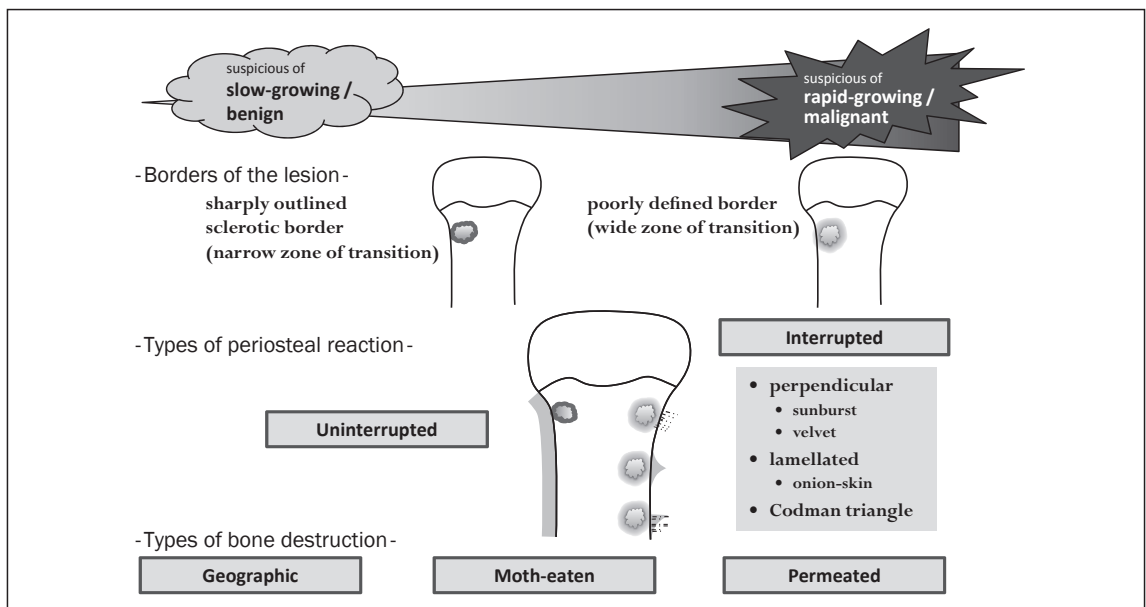
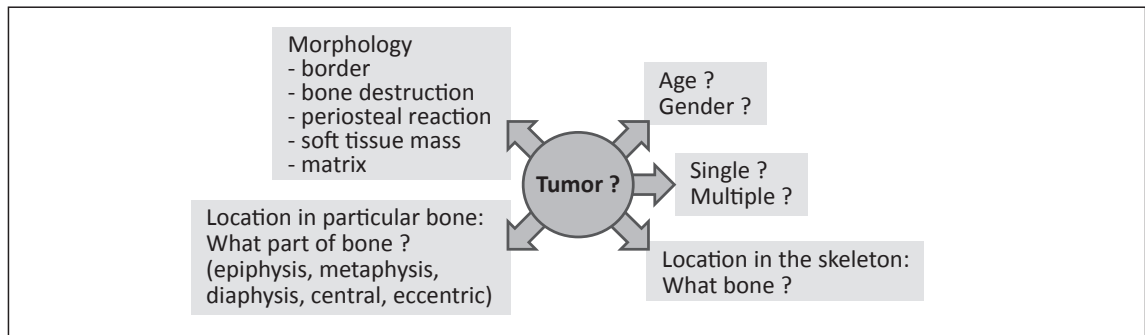


Fig.5 Radiographic features of bone lesions¹⁰⁾

Table 2 Analytic approach to evaluation of the bone neoplasm must include patient age, multiplicity of lesions, location in the skeleton and in the particular bone, and radiographic morphology¹⁰⁾.



Tissue of Origin	Benign Lesion	Malignant Lesion
Bone forming (osteogenic)	Osteoma Osteoid osteoma Osteoblastoma	Osteosarcoma (and variants) Juxtacortical osteosarcoma (and variants)
Cartilage forming (chondrogenic)	Enchondroma (chondroma) Periosteal (juxtacortical) chondroma Enchondromatosis (Ollier disease) Osteochondroma (osteochondrogenous exostosis, solitary or multiple) Chondroblastoma Chondromyxoid fibroma Fibrocartilaginous mesenchymoma	Chondrosarcoma (central) Conventional Mesenchymal Clear cell Dedifferentiated Chondrosarcoma (peripheral) Periosteal (juxtacortical)
Fibrous, osteofibrous, and fibrohistiocytic (fibrogenic)	Fibrous cortical defect (metaphyseal fibrous defect) Nonossifying fibroma Benign fibrous histiocytoma Fibrous dysplasia (monostotic and polyostotic) Fibrocartilaginous dysplasia Focal fibrocartilaginous dysplasia of long bones Periosteal desmoid Desmoplastic fibroma Osteofibrous dysplasia (Kempson-Campanacci lesion) Ossifying fibroma (Sissons lesion)	Fibrosarcoma Malignant fibrous histiocytoma
Vascular	Hemangioma Glomus tumor Cystic angiomas	Angiosarcoma Hemangioendothelioma Hemangiopericytoma
Hematopoietic, reticuloendothelial, and lymphatic	Giant cell tumor (osteoclastoma) Langerhans cell histiocytosis Lymphangioma	Malignant giant cell tumor Histiocytic lymphoma Hodgkin lymphoma Leukemia Myeloma (plasmacytoma) Ewing sarcoma
Neural (neurogenic)	Neurofibroma Neurileioma	Malignant schwannoma Neuroblastoma Primitive neuroectodermal tumor (PNET)
Notochordal		Chordoma
Fat (lipogenic)	Lipoma	Liposarcoma
Unknown	Simple bone cyst Aneurysmal bone cyst Intraosseous ganglion	Adamantinoma

切除を要するが、画像でその進展範囲や解剖学的情報を把握するだけでなく、術前にある程度の鑑別診断を絞っておくことも治療方針や予後を予測する上で重要である (Table 2).

●文献

- 1) Herring JA : Tachdjian's pediatric orthopedics (4th ed). Philadelphia, Saunders, 2008, p2089-2155.
- 2) Slovis TL, Coley BD : Caffey's pediatric diagnostic imaging (11th ed). Philadelphia, Mosby, 2008, p2883-2991.
- 3) 相原敏則 : 整形外科医にまかせておけばいいんじゃないか, 子どもの骨の写真なんて!?. 画像診断 2003 ; 23 : 657-667.
- 4) Cassidy JT, Petty RE, Laxer R, et al : Textbook of pediatric rheumatology (6th ed). Philadelphia, Saunders, 2011, p559-578.
- 5) 宮川知士 : 小児の結核2012 序. 小児科臨床 2012 ; 65 : 1121-1122.
- 6) PK Chan, Bobby KW Ng, CY Wong : Bacille Calmette-Guerin osteomyelitis of the proximal femur. Hong Kong Med J 2010 ; 16 : 223-226.
- 7) JM Grange : Complications of bacilli Calmette-Guerin (BCG) vaccination and immunotherapy and their management. Communicable Disease and Public Health 1998 ; I : 84-88.
- 8) 石和田稔彦, 菱木はるか, 渡邊正治, 他 : BCG菌とヒト型結核菌の迅速鑑別にPCR法が有用であった胸部皮下膿瘍・肋骨骨髓炎の1小児例. 感染症学雑誌 2008 ; 82 : 30-33.
- 9) Khanna G, Sato TSP, Ferguson P : Imaging of Chronic Recurrent Multifocal Osteomyelitis. Radiographics 2009 ; 29 : 1159-1177.
- 10) Greenspan A : Orthopedic Imaging : a practical approach, 5th edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2011. p547-588.

救 急

島貫義久

宮城県立こども病院 放射線科

Pediatric emergency

Yoshihisa Shimanuki

Department of Radiology, Miyagi Children's Hospital

Abstract Imaging studies play a crucial role in the appropriate management of pediatric emergencies. In particular, both radiography and ultrasound are important diagnostic modalities. In this article, briefly are discussed fundamental and important points of selecting, conducting and interpreting those examinations in some of the acute conditions commonly seen in the emergency room.

Keywords Pediatric emergency, Radiograph, Ultrasound

はじめに

小児領域の画像診断において単純X線写真と超音波検査の果たす役割が大きいことはいうまでもないが、救急診療においても例外ではない。本稿で救急疾患の全てを網羅することは不可能であるが、救急の場で遭遇する頻度の高い疾患・病態を中心に、検査法の選択や実施・読影に際しての要点、注意点など初步的事項について概説する。

腹 部

小児期の代表的な急性腹症である中腸軸捻転(新生児期)、腸重積症(乳幼児期)、急性虫垂炎(学童期)の主として超音波所見について解説する。

1. 中腸軸捻転

本症は腸回転異常症を基礎とする病態で、中腸全体が上腸間膜動脈を軸として捻転して生じる絞

扼性イレウスである。大半は新生児期に胆汁性嘔吐で発症する。本症では捻転により広範な腸管が虚血に陥るため迅速な診断と外科的捻転解除が必須である。

本症の超音波所見として whirlpool sign^{1,2)} が知られている (Fig.1)。

本症は基本的には新生児期の疾患ではあるが年長児になってから発症する場合はあることは知っておかなければならない。

2. 腸重積症

好発年齢は3か月から3歳で、この時期の消化管通過障害の原因として最多である。好発年齢からはずれていた背景に何らかの器質的疾患の存在を考慮する必要がある。

単純X線写真で本症を診断するのは困難であるが、比較的特徴的な所見としては target sign³⁾ (Fig.2), meniscus sign (Fig.3) が知られている。盲

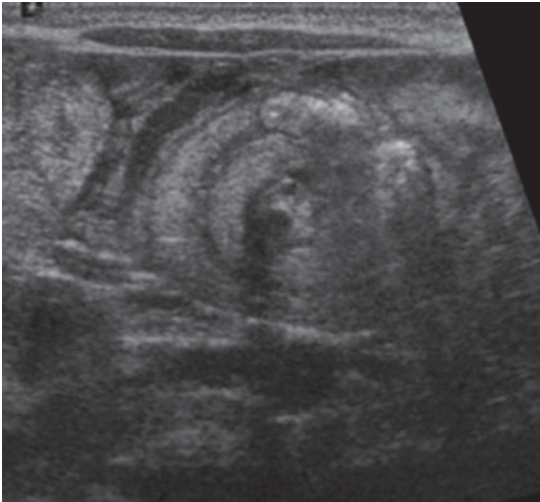


Fig.1 The whirlpool sign
The whirlpool sign is shown on transverse ultrasonogram through the mid-upper abdomen in a neonate. It represents the whirl-like pattern of the SMV and the mesentery twisted around the SMA, which indicates midgut volvulus.



Fig.2 The target sign
There is a soft-tissue mass containing concentric circular areas of lucency to the right of the spine projecting over the right kidney. These lucent rings represent the mesenteric fat of the intussusceptum.

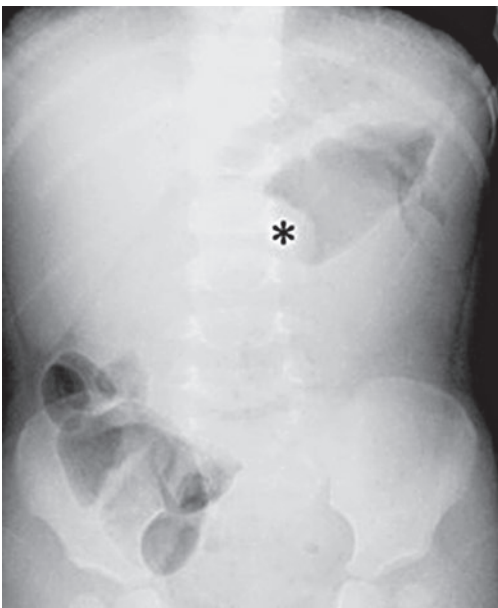


Fig.3 The meniscus sign
The leading point of the intussusception (*) is outlined by gas within the distal colonic lumen.



Fig.4 The doughnut sign
Doughnut-like appearance of bowel with markedly thickened wall due to enteritis.

腸のガス像・糞便像が正常位置に認められたら本症は否定的とされる。

本症の画像診断法としては超音波検査が有用で、その感度・特異度はともに高い。所見としては doughnut sign が有名であるが、「doughnut sign = 腸重積症」ではないことには注意を要する (Fig.4)。腸重積症では内筒とともに腸間膜が外筒内に陥入



Fig.5 The crescent-in-doughnut sign
The crescent-shaped hyperechoic area within low echoic outer ring represents mesentery.

するので、腸間膜を短軸像で三日月状高エコーとして認めれば腸重積症と確認できる (Fig.5, crescent-in-doughnut sign⁴⁾).

3. 急性虫垂炎

小児期の緊急腹部手術を要する疾患として最も頻度が高く学童期以降に多い。

X線写真で症状を有する患者に虫垂石を認めれば診断的とされるが、その頻度は10%程度である。

超音波検査は graded compression method⁵⁾で行う。すなわち十分な圧迫を加えながら圧痛部位や右下腹部を中心に検索する。

虫垂は、盲腸に連続し、盲端に終わり、蠕動運動が無い管腔構造として同定される。急性虫垂炎の場合、虫垂は外径6mmを超えて腫大し、圧迫を加えても変形はほとんど見られない。このような腫大虫垂が圧痛部位に一致して認められれば虫垂炎と診断できる。虫垂石を認めればより確実である。

検査にあたっては、虫垂の位置は右下腹部とは限らないことに注意が必要である。また、虫垂炎が虫垂先端部のみに限局して生じる場合もあるので (Fig.6)、虫垂全長を観察できない場合には虫垂炎を否定することには慎重でなければならない。

超音波検査で診断を確定しがたい場合には造影CTが有用である。

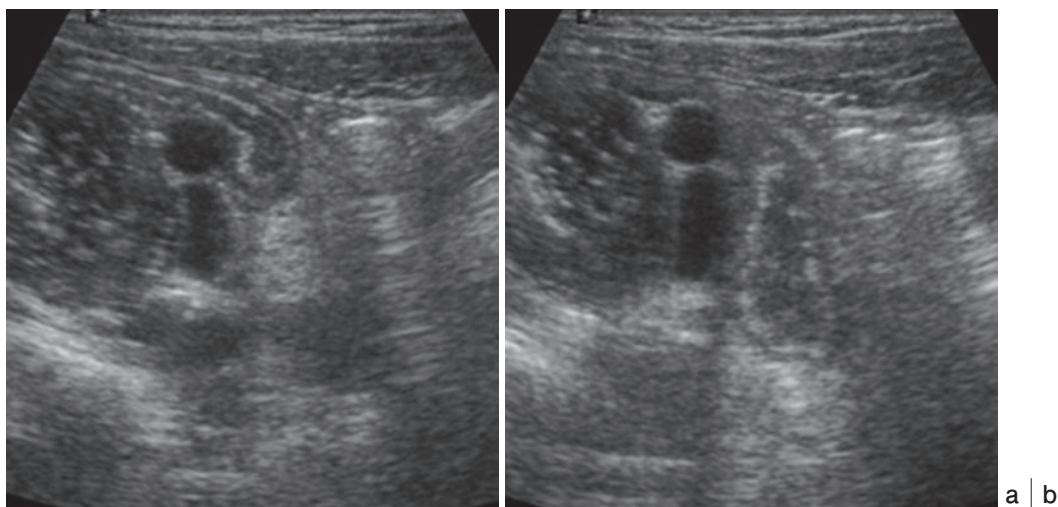


Fig.6 Appendicitis confined to the tip
Proximal appendix has a normal appearance (a) while the tip is swollen (b).

胸 部

胸部疾患が疑われる場合は、まず単純X線写真が撮影されることが多い。異常所見を見逃さないためには、自分なりに系統立てて読影することが肝要である。胸部は基本的に左右対称的な構造であるので左右差に注意するとよい。また、可能な限り過去の画像と比較するのも有効である。

病変そのものは明瞭でなくとも、病変によって正常では見えるはずの辺縁がみえなくなる場合があること (Fig.7)、病変によって正常では見えるはずのない構造が描出されてしまう場合があること (Fig.8)、ある構造の描出のされ方によっては特定の病態を推測できること (Fig.9)などは、些細な所見から異常を発見する重要な手がかりとなる。



Fig.7 The silhouette sign

The left heart border is obscured by pneumonia of the lingular segment of the left upper lobe.

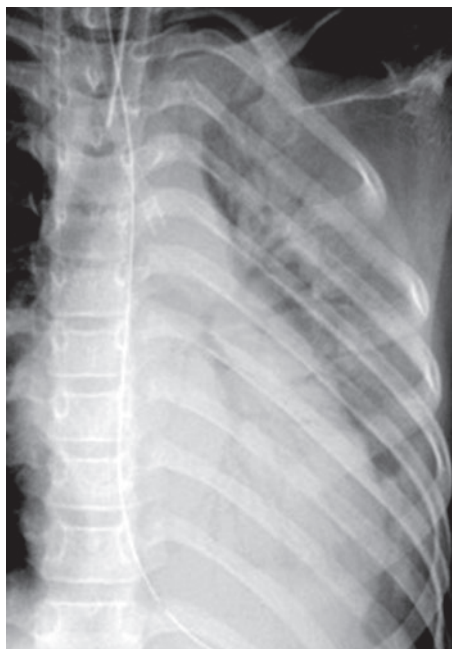


Fig.8 Air bronchogram

Air-filled bronchi, which normally invisible, are now stand out prominently against surrounding opacified alveoli. Pulmonary edema due to acute myocarditis.

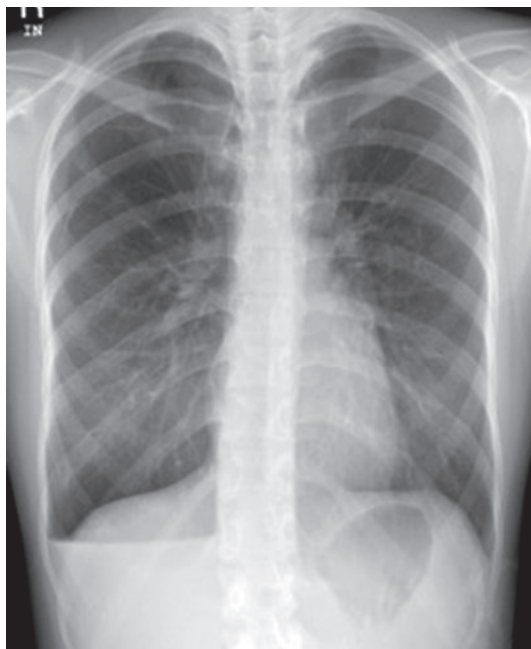


Fig.9 Hydropneumothorax

Chest radiograph shows a right-sided hydropneumothorax. An air-fluid level is not observed in a simple pleural effusion. Detection of an air-fluid level could be the only indicator of a pneumothorax.

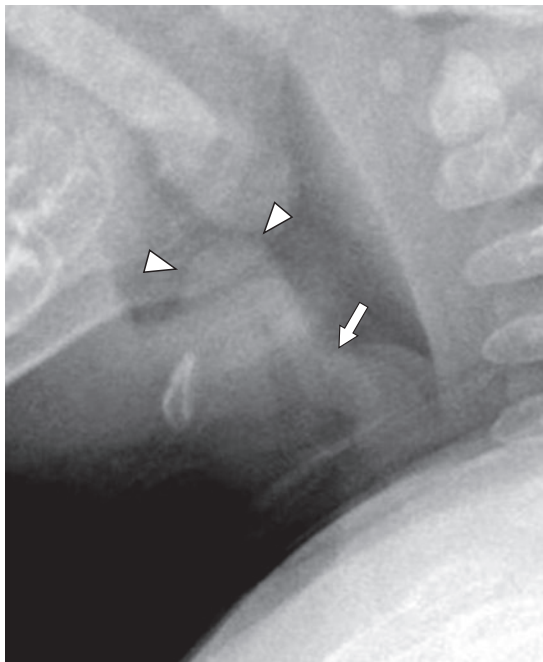


Fig.10 Acute epiglottitis
Lateral view shows a thickened epiglottis (arrowheads) and aryepiglottic folds (arrow).

頸 部

急性の吸気性喘鳴を来す疾患としてはクループの頻度が高いが、鑑別疾患として急性喉頭蓋炎が重要である。

クループの特徴的なX線所見は頸部気道正面像での steeple sign であるが、急性喉頭蓋炎の約1/4においても同様の所見を呈する⁶⁾。急性喉頭蓋炎でみられる喉頭蓋および披裂喉頭蓋ヒダの腫大は側面像でなければ評価できない (Fig.10)。正面像のみの撮影でクループと即断し、側面像を省略してしまうと急性喉頭蓋炎を見逃す危険がある。

異 物

1. 気道異物

ピーナッツに代表される豆類が多い。異物による気道狭窄のためいわゆるチェックバルブ現象が起き、患側肺からの排気が困難となる。吸気時および呼気時に撮影し、肺の容積の変化を、横隔膜高の変化、縦隔偏位の方法、肺血管影の密度の変化などで評価する。異物は容積変化の少ない側にある (Fig.11)。

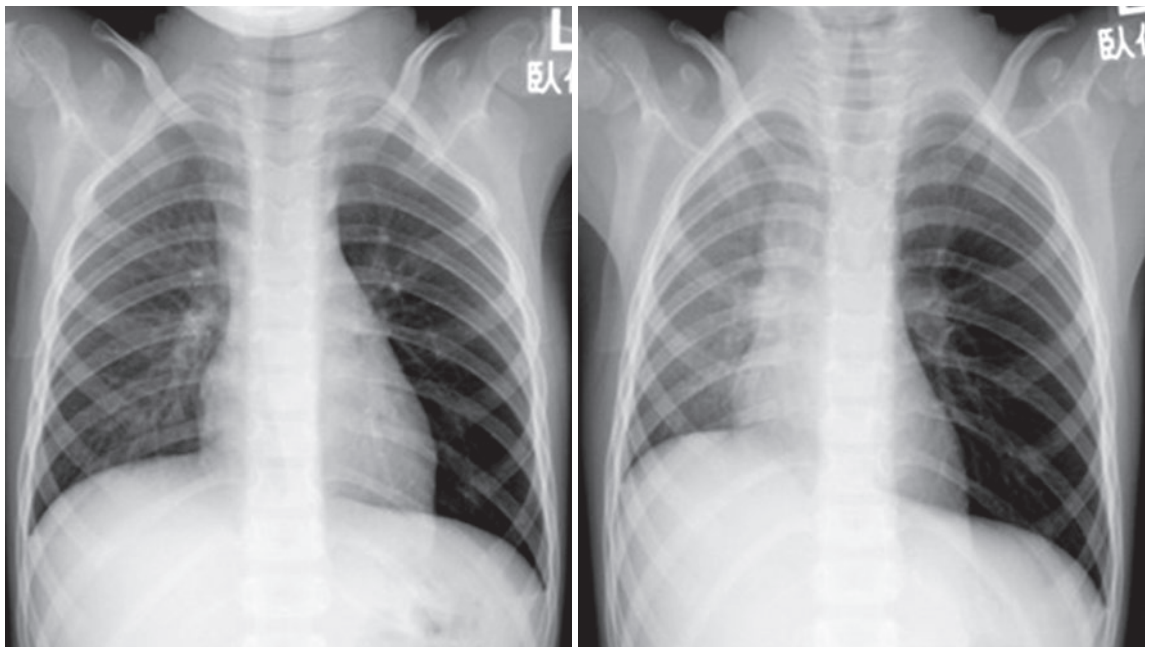


Fig.11 Foreign body in the left main bronchus
Inspiratory view (a) shows a large hyperlucent left lung. Expiratory view (b) accentuates the hyperlucent large left lung with mediastinal shift to the right.

a | b

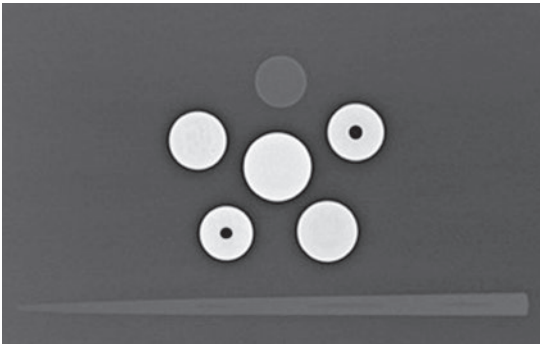


Fig.12 Radiograph of Japanese coins
A one-yen coin (top), which is made of pure aluminum, is nearly as radiolucent as a plastic chopstick (bottom).

2. 消化管異物

食道壁は薄く漿膜を持たないため、異物の停滞により食道穿孔を来す可能性が高い。このため速やかに食道から異物を除去しなければならない(異物を摘出、もしくは胃に進めて胃内異物とする)。

胃以下の異物は経過観察が原則であるが、鋭利なものや複数個の磁石は例外である。これは、磁石が複数個あると磁石同士が消化管壁を隔てて引き合い、吸着部で消化管穿孔／内瘻形成をきたすおそれがあるためである。

異物は一つとは限らないため、口から肛門まで撮影して異物の有無を確認する必要がある。

3. 見えにくい金属

日常生活で目にする金属は一般にX線不透過であるが、アルミニウムは例外である (Fig.12)。一円硬貨を誤飲した場合は、X線写真で確認困難な場合がありうる。どうしても確認が必要な場合はCTが有用である。

●文献

- 1) Pracros JP, Sann L, Genin G, et al : Ultrasound diagnosis of midgut volvulus : the "whirlpool" sign. *Pediatr Radiol* 1992 ; 22 : 18-20.
- 2) Shimanuki Y, Aihara T, Takano H, et al : Clockwise whirlpool sign at color Doppler US : an objective and definite sign of midgut volvulus. *Radiology* 1996 ; 199 : 261-264.
- 3) Ratcliffe JF, Fong S, Cheong I, et al : Plain film diagnosis of intussusception : prevalence of the target sign. *AJR* 1992 ; 158 : 619-621.
- 4) del-Pozo G, Albillos JC, Tejedor D, et al : Intussusception in children : current concepts in diagnosis and enema reduction. *Radiographics* 1999 ; 19 : 299-319.
- 5) Puylaert JB : Acute appendicitis : US evaluation using graded compression. *Radiology* 1986 ; 158 : 355-360.
- 6) Shackelford GD, Siegel MJ, McAlister WH : Subglottic edema in acute epiglottitis in children. *AJR* 1978 ; 131 : 603-605.

基礎の小児核医学検査 —骨・腎シンチグラフィ—

内山真幸

東京慈恵会医科大学 放射線医学講座

Basic pediatric nuclear medicine examinations —Bone scan and renal scan—

Mayuki Uchiyama

Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine

Abstract Basic nuclear medicine examinations, i.e. bone scan and renal scan, are described. Nuclear medicine examinations are imaged kinetics of radiopharmaceutical agents, used to evaluate function of organs, kinetics in blood and spread of tumor or inflammation with no invasive methods and low radiation exposure. Dose reduction has been a work in progress in pediatric imaging for nearly a decade. The ALARA concept, As Low As Reasonably Achievable, may be extended to pediatric nuclear medicine and restated as the use of the lowest administered activities in children that are consistent with high-quality imaging. In the pediatric field, bone scan is conducted for assessment of bone metastases, stress fracture, osteomyelitis, Langerhans cell histiocytosis and Legg-Calvé-Perthes disease. Renal scan is examined with continual use for young children to assess renal function, renal scarring, acute pyelonephritis or hydronephrosis. Here, I note the administered dose and patients with Langerhans cell histiocytosis, Legg-Calvé-Perthes disease, neuroblastoma stage IV, acute pyelonephritis and multicystic dysplastic kidney.

Keywords *Pediatric nuclear medicine, Bone scan, Renal scan, Langerhans cell histiocytosis, Legg-Calvé-Perthes disease*

核医学検査は医薬品自体が出す放射線を体外から定量、画像化する、すなわち投与した薬剤を可視化することにより非侵襲的に臓器の機能・血流を測定し、腫瘍・炎症の広がり診断を行う。特異的に標的臓器や腫瘍に集積する薬剤を利用し、内照射治療に繋げることができる。検査においては、絶対禁忌はない。放射性医薬品の使用量はごく少量であるため、検査薬の薬理作用が無視できる。よって副作用がきわめて少なく、腎不全・肝不全・術直後でも検査可能である。今回のテーマ

は基礎に注目されている。骨シンチグラフィ、神経芽腫に対するMIBGシンチグラフィ、腎シンチグラフィに関して取り上げる。

小児核医学検査の適正使用

検査を適正に行うことは全ての年齢帯で必須である。検査法の選択は、診断や治療効果判定に最短に直結し、無駄や重複がなく、より非侵襲的な方法から考慮されるべきである。核医学検査において適正な検査とは、検査法の適正な選択、放射

性医薬品の適正な投与量、適正な撮像である。小児における放射性医薬品の適正な投与量は、十分に考慮されるべきである。除脂肪体重からの算出が望まれるが、通常は体重や体表面積から算出されるか、年齢を用いるWebster法がある。さらにヨーロッパ核医学会が提唱している方法は、体重3kgの投与量が基準値として決定され、各々の体重と検査法で係数があり、3kg投与量にその係数を掛けて投与量を求める。

- ・成人投与量 $\times$ (年齢+1)/(年齢+7)
- ・成人投与量 $\times$ 体表面積 $m^2/1.73 m^2$
- ・成人投与量 $\times$ 体重 $kg/60$

よりよい撮像を行うには、固定が重要である。締め付けることなく腋下から下肢全体を包むように固定する固定具の工夫が重要であり、固定が十分行えれば肺血流シンチグラフィは乳幼児でも入眠させずに検査が可能である。アニメなどをビデオで見せると覚醒でも可能な検査が増える。

骨

骨シンチグラフィ

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おこっている部位で集積がみられるため、骨腫瘍や炎症、代謝疾患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像となる。神経芽腫をはじめとする腫瘍性疾患の骨転移の検索や、ランゲルハンス細胞組織球症 (Langerhans cell histiocytosis) の広がり診断、治療効果判定、ペルテス病 Legg-Calvé-Perthes disease の早期診断は小児に特徴的である。

提示症例：ランゲルハンス細胞組織球症 (Fig.1, 2)

小児の組織球増殖性疾患¹⁾は、骨髄由来の単球・マクロファージ系細胞の著明な増殖、特定の組織への集簇を認める疾患群である。病理組織学所見に基づき、クラスⅠ、クラスⅡ、クラスⅢの3群に分類される。ランゲルハンス細胞組織球症はクラスⅠ組織球増殖性疾患を示す疾患名として用いられる。クラスⅡには家族性血球貪食性リンパ組織

球増殖症と感染関連血球貪食症候群があり、クラスⅢには悪性組織球症、悪性単球性白血病が含まれる。多様な臨床症状を呈し、骨病変は80%に見られ、5歳以上では骨に局限することが多い。骨病変は孤立性、多発性があり、頭蓋骨が最も多い。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。椎体は扁平化することが多い。骨盤骨、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、長管骨では著しい高集積を呈し、膨隆を伴う。提示症例 Fig.1 は、右頭頂骨に辺縁の硬化像を伴わない打ち抜き像があり、第2腰椎の扁平化を認める。骨シンチグラフィでは、右頭頂骨の打ち抜き像部分は欠損となり、周囲に軽度集積亢進がある。第2腰椎の扁平化と軽度集積亢進を認める。Fig.2 は、右肩甲骨に膨隆と内部の虫食い像、周囲の硬化があり、右脛骨には虫食い像、周囲の硬化、骨膜反応が顕著である。骨シンチグラフィでは双方ともに集積亢進と膨隆があり、特に脛骨の集積亢進の程度は著しい。

提示症例：ペルテス病 (Fig.3)

小児期の特発性無血管性骨壊死の一つで、4～10歳に好発し、男児の比率が高い。早期単純X線写真では、小骨頭、硬化、骨頭の外側偏位、骨幹端の脱灰が見られ、時間が経過すると関節軟骨下骨折による crescent line や、関節軟骨の前方部分の骨折、骨頭骨化核の分節化が見られる。骨シンチグラフィでは大腿骨頭の完全欠損となる。再灌流後は高集積を呈する。成長期の小児では骨端線は帯状の高集積を示す。早期では大腿骨頭に接する骨端線は集積が低下し、骨端線の脱灰が生じる時期や、還流が改善してくる時期には骨頭の集積はまだ低下していても、骨端線から集積亢進が生じる。単純X線写真では正面像と開排位を撮影するが、骨シンチグラフィでも同様に行う。提示症例は両側のペルテス病で、右は大腿骨頭の扁平化と分節化がみられるが、左は明らかな異常を認めない。骨シンチグラフィでは両側とも大腿骨頭は無集積となり、右骨端線は集積亢進し、左は低下している。

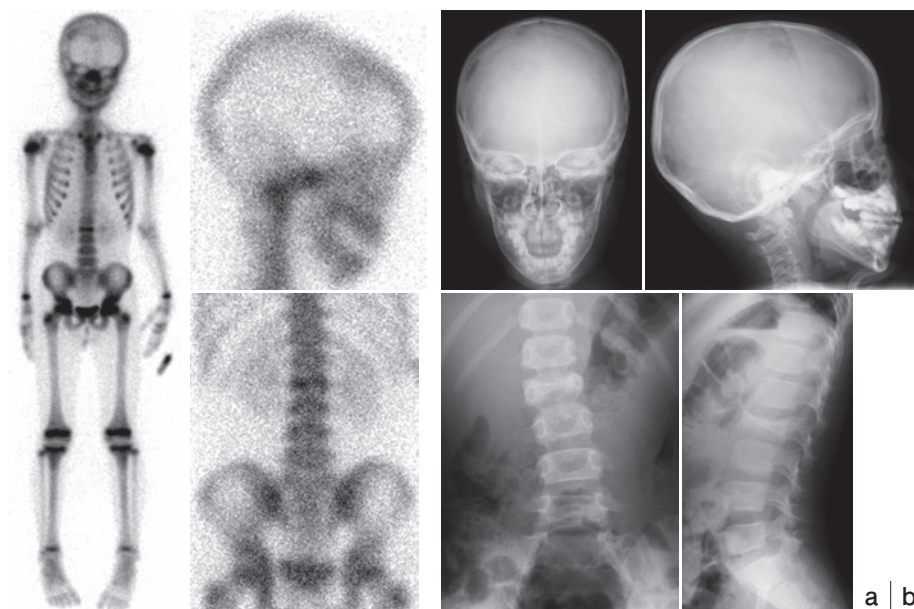


Fig.1 Langerhans cell histiocytosis in a girl 6 years of age.

A 10 year-old girl with a left abdominal mass.

a: Bone scan shows round shaped defect with slightly increased accumulation in surrounding area in the right parietal bone and compression fracture with increased accumulation in L2.

b: Radiograph showing lytic lesion in the right parietal bone, and typical compression fracture in L2 resulting from body destruction produced by LCH. Note the preservation of the posterior portion of the body.

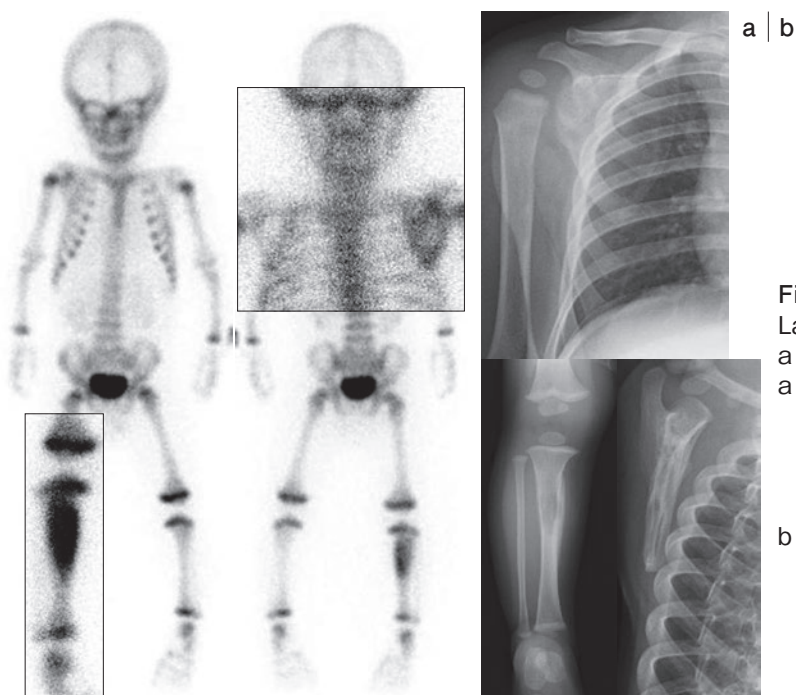


Fig.2

Langerhans cell histiocytosis in a boy 1 year of age.

a: Bone scan shows increased accumulation in right scapula with expansile lesion and intensive accumulation in right tibia with expansile lesion.

b: Radiograph showing expansion and thickening of the right scapula and lytic rarefaction with regional cortical thickening and periosteal thickening of the tibia.

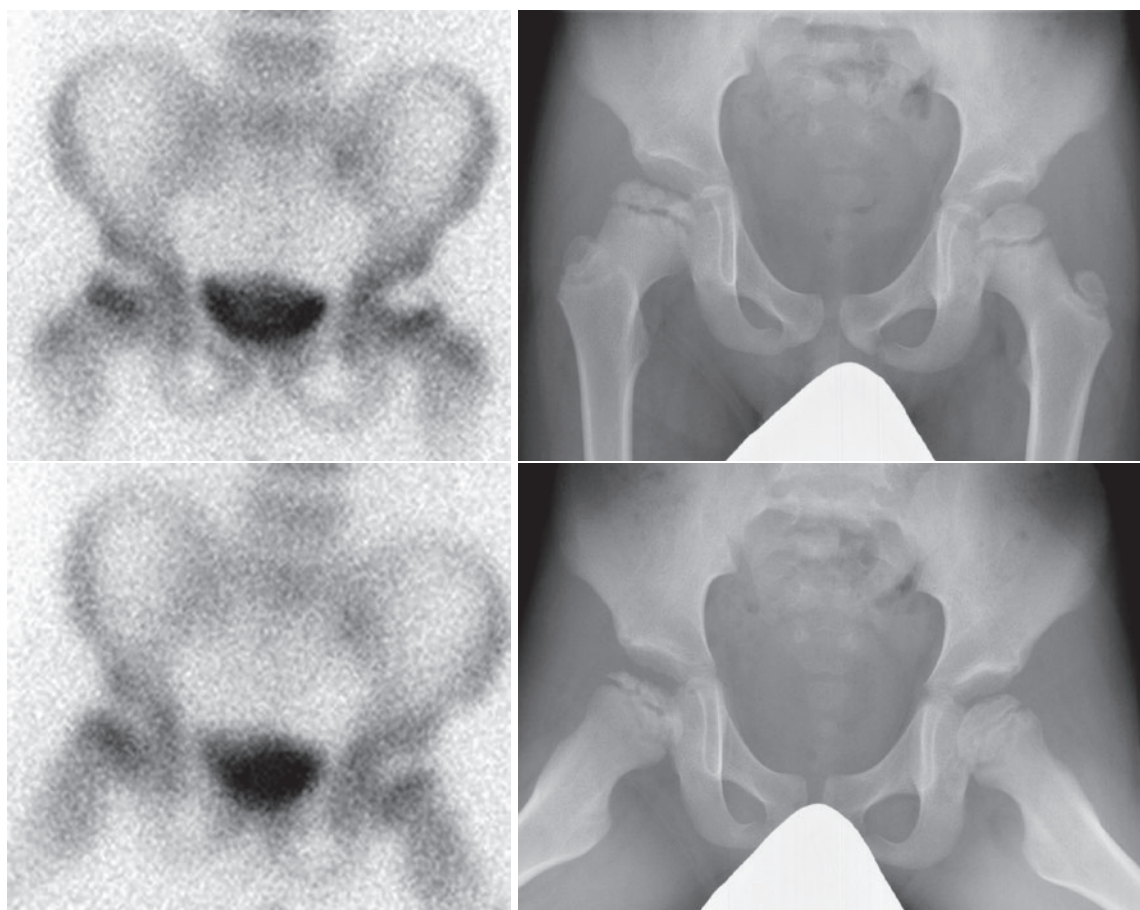


Fig.3 Legg-Calvé-Perthes disease in a boy 7 years of age. Upper figures are submitted in the standard position, lower figures in the abducted position.

a: Bone scan shows defects of bilateral femoral heads with increased accumulation in the growth line on the right side, decreased accumulation in the growth line on the right side.

b: Radiograph showing flattening and fragmentation in the right epiphysis.

腫瘍

^{123}I -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、小児固形腫瘍では最も多い神経芽腫の広がり診断、治療効果判定に用いる。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。また MIBG で異常があり、骨シンチグラフィで異常がない場合は骨髄までの転移、双方に異常がある場合は骨皮質に至る転移としている。生理的集積部位として褐色脂肪細胞がある。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。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。

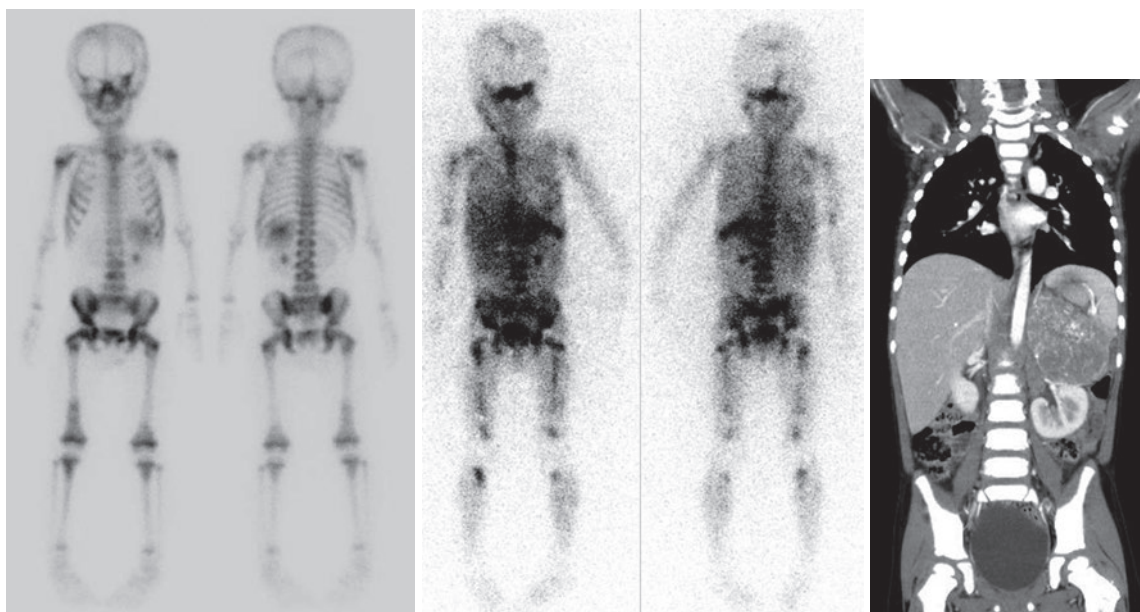


Fig.4 Neuroblastoma stage IV in a boy 3 years of age.

a: Bone scan shows abnormal accumulation in whole skeletal system.

High avidity is seen in left adrenal tumor.

b: ^{123}I MIBG scan shows increased accumulation in left adrenal gland and whole skeletal system.

c: CT shows left adrenal tumor.

a | b | c

提示症例：神経芽腫病期Ⅳ期 (Fig.4)

左副腎原発神経芽腫，ほぼ全身の骨に転移があり，MIBGシンチグラフィにて原発巣および全身骨に異常集積を認め，骨シンチグラフィでも原発巣，広範な骨の集積亢進がある．広範な骨皮質に至る転移であり，特に眼窩周囲から頭蓋底の集積が目立つ．

腎

①腎静態シンチグラフィ

近位尿細管の上皮細胞に取り込まれる $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA (dimercaptosuccinic acid) を用い，局所皮質機能を評価する．静注2時間後に撮像し，摂取率も算出する．腎盂腎炎後の瘢痕の有無を評価する場合が多いが，臨床所見の乏しい急性腎盂腎炎の早期診断に用いる場合もあり，特に急性巣状細菌性腎炎の検出に有用である．多嚢胞性異形成腎では完全集積欠損となるため，この補助診断にも用いる．

提示症例：急性腎盂腎炎 (Fig.5)

1歳発症の急性腎盂腎炎の急性期腎静態シンチグラフィにて左腎の腫大，全体的な集積低下と集積不均等が見られ，広範な尿細管機能障害がある．治療後に施行した排尿時膀胱尿道造影では，左に国際分類Ⅲ度の膀胱尿管逆流がある．経過観察の3歳時腎静態シンチグラフィでは，腫大および集積低下が消失している．

②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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG₃ (mercaptoacetyl-triglycine) を用い，腎血流，機能，尿路の流れを評価する．各種腎疾患の分腎機能評価，腎血管性高血圧症の治療効果判定，移植腎，水腎症の原因検索，尿路の開存性評価が主な検査目的である．尿路の開存性を評価するに当たり，利尿薬負荷も行う．検査法は急速

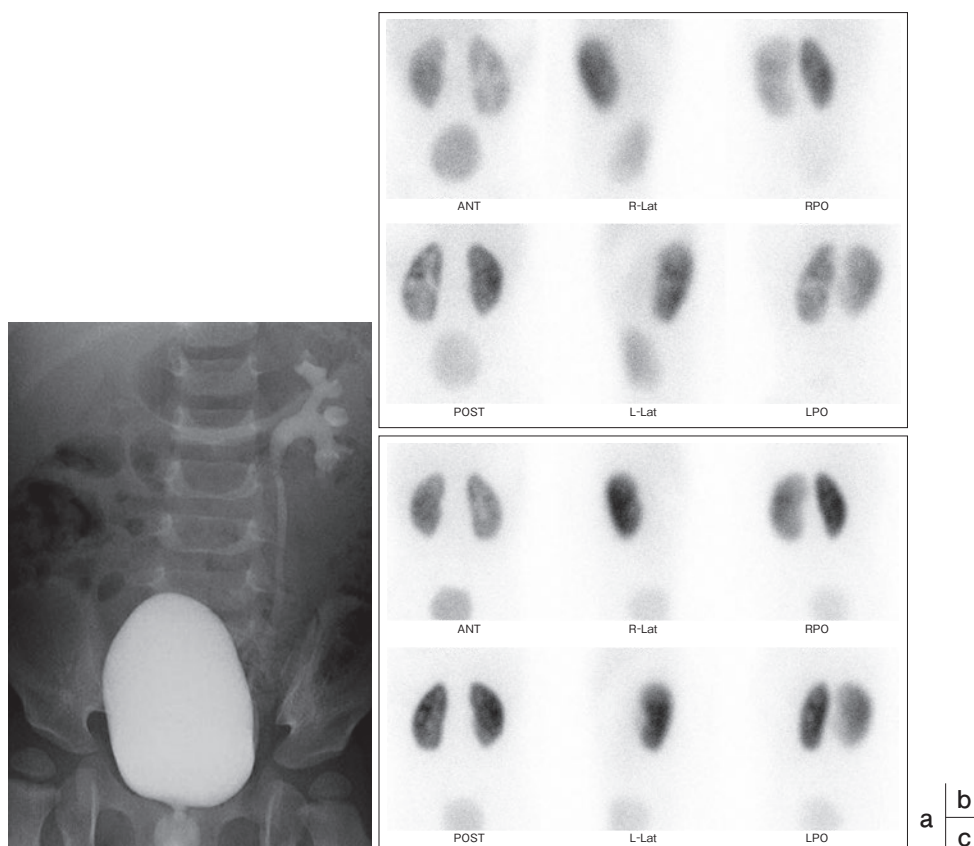


Fig.5 Acute pyelonephritis in a boy 1 year of age.

a: VCUG shows VUR grade III on the left side.

b: ^{99m}Tc DMSA renal scan shows expansion, and decreased and inhomogeneous accumulation of the left kidney.

c: ^{99m}Tc DMSA renal scan at 3 years of age shows disappearance of the abnormal findings.

静注した後引き続き生理食塩水で洗い流す。投与直後よりデータ収集を開始し、30分間収集する。腎の薬剤摂取排泄を経時的に計測した、時間放射能曲線をレノグラムとよぶ。

負荷試験には、水腎症の場合尿路の開存性を評価する目的で利尿薬負荷腎シンチグラフィ、腎血管性高血圧症診断目的でカプトプリル負荷腎シンチグラフィがある。

提示症例：多嚢胞性異形成腎 (Fig.6)

多嚢胞性異形成腎は、胎生期の腎盂尿管移行部閉鎖により、機能する腎実質が完全に欠如する。多発性嚢胞になるか、腎盂部に大きな嚢胞が見ら

れる。片側性では、対側腎に10～15%の異常があり、腎盂尿管移行部狭窄が最も多い。提示症例では、超音波検査で、左腎は嚢胞の集簇のみで、腎実質は検出されず、多嚢胞性異形成腎に一致する。右腎は水腎症を呈し、尿管拡張はなく、腎盂尿管移行部狭窄に一致する。腎静態シンチグラフィでは、左腎は完全欠損となっている。DTPA腎動態シンチグラフィでは、右の拡張した腎盂内に核種の貯留を認めるが、レノグラムでは利尿薬負荷前は時間放射能曲線の上昇を認め、負荷後良好に下降し、尿路の開存性は保たれる。よって右水腎症は経過観察となった。

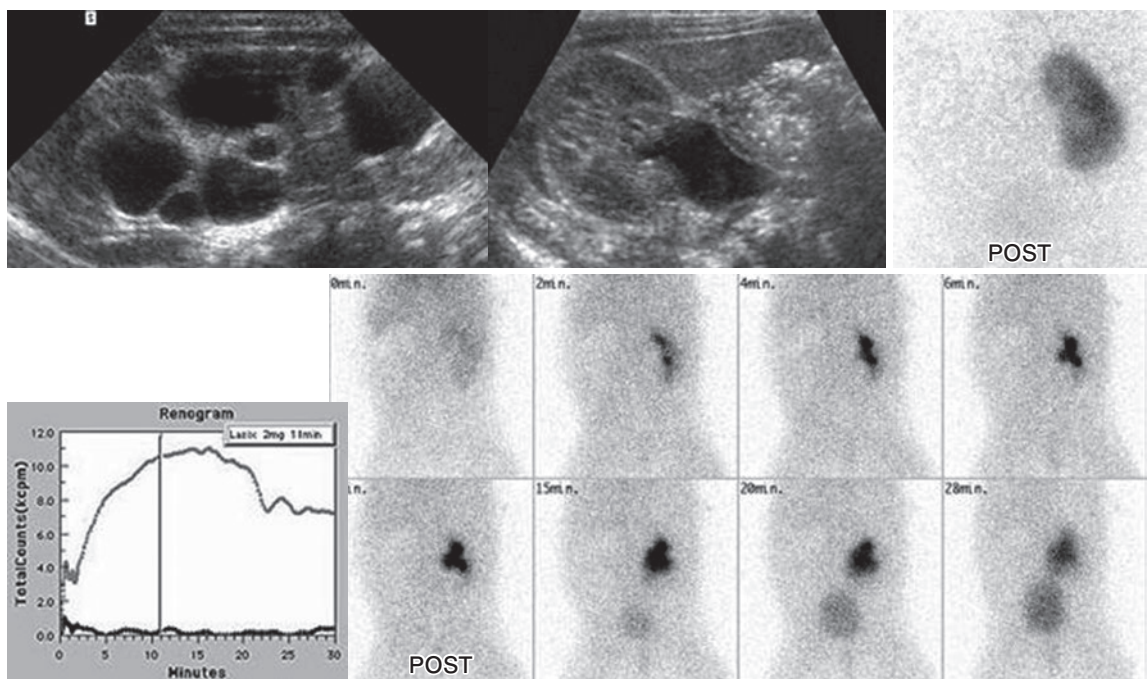


Fig.6 Multicystic dysplastic kidney in a girl 3 weeks of age. Ultrasonography shows multiple cysts in left upper abdomen without detectable normal left kidney and hydronephrosis on the right side.

b: ^{99m}Tc DMSA renal scan shows no detectable left kidney.

c: ^{99m}Tc DTPA renal scan shows enlargement of right renal pelvis, diagnosed as ureteropelvic junction stenosis. On the renogram, declining time activity curve after administration of furosemide indicated preservation of urine flow.

最後に

日常診療上、小児領域で施行している核医学検査のなかで、骨・腎シンチグラフィを取り上げた。小児検査の中では日常よく遭遇する疾患の特徴的所見を提示した。

●文献

- 1) Ladisch S : Histiocytosis syndrome. Nelson Textbook of Pediatrics (17th ed), Behrmen RE, Kliegman RM, Jenson HB (eds). Philadelphia, Saunders, 2004, p1753-1755.

症 例 報 告

静脈管開存症に対する外科的結紮後に 肝外門脈体循環シャントの発達を認めた1例

山本あゆみ^{*1)}, 田波 穰, 新本 弘^{*2)}

慶応義塾大学病院 放射線科(川崎市立川崎病院 放射線科^{*1)}, 防衛医科大学校 放射線科^{*2)})

A case with development of extrahepatic portosystemic shunt after surgical ligation of patent ductus venosus

Ayumi Yamamoto^{*1)}, Yutaka Tanami, Hiroshi Shinmoto^{*2)}

Department of Radiology, Keio University School of Medicine

Department of Radiology, Kawasaki Municipal Hospital^{*1)}

Department of Radiology, National Defense Medical college Hospital^{*2)}

Abstract Patent ductus venosus is a very rare congenital vascular anomaly of the liver. We report a 3-month-old boy presenting with hypergalactosemia. Abdominal ultrasonography showed a patent ductus venosus, which is the shunt between the portal vein and the suprahepatic inferior vena cava. Invasive angiography showed hypoplastic intrahepatic portal veins.

Ligation of the ductus venosus was conducted under intraoperative portal vein pressure monitoring. The intrahepatic portal vein flow increased postoperatively. Six months after the operation, CT and MRI revealed the development of a portosystemic shunt between inferior mesenteric vein and right internal iliac vein.

To our knowledge, this is the first report about the development of portosystemic shunt after ligating the ductus venosus. Thus, we believe that it is important to know the risk of development of other portosystemic shunts too after ligation of the ductus venosus.

Keywords Portosystemic shunt, Patent ductus venosus

はじめに

静脈管開存症とは、生後まもなく門脈洞内で減圧されて閉鎖するはずの静脈管が何らかの原因により開存し続けたために、門脈血が直接下大静脈へ流入する門脈体循環シャントの一つである。今回、我々は静脈管結紮術後に門脈が発達すると共に

に下腸間膜静脈-右内腸骨静脈の末梢の肝外門脈体循環シャントの発達がおこった症例を経験したので報告する。

症 例

症例：3か月男児

主訴：高ガラクトース血症

原稿受付日：2011年11月24日，最終受付日：2012年4月12日

別刷請求先：〒210-0013 川崎市川崎区新川通12-1 川崎市立川崎病院 放射線科

家族歴：特記事項なし

出生歴：在胎38週，正常頭位自然分娩

出生体重：3,480 g

現病歴：生後のマススクリーニング検査でガシリートテストを施行し，高ガラクトース血症を指摘され，近医を受診した．同院にて先天性代謝疾患を疑われ，精査されたが，酵素活性異常は認められなかった．同院の超音波検査にて静脈管開存が疑われたため，精査・治療目的にて当院紹介・検査入院となった．

血液生化学検査所見：血液一般検査では，明らかな異常所見は認められなかった．生化学所見では，肝機能異常や胆汁酸と血中アンモニア値高値を認めた (Table 1)．ただし，前医から乳糖除去ミルクを使用しており，前医で計測された値 (生後1か月時ガラクトース：6.0 mg/dℓ，LDH：223 IU/ℓ，GOT：28 IU/ℓ，GPT：17 IU/ℓ) よりは改善していた．

画像所見：腹部超音波検査では肝内門脈臍部より背側に下大静脈に連続する異常血管が認められた．肝内の門脈枝はほとんど描出不能であった．肝内で描出される脈管はほとんど動脈枝と考えられ，肝内の動脈血流は相対的に増加していると思われた．また，肝右葉は軽度萎縮し，肝実質は軽度粗造化していた．

また，computed tomography (CT) (Fig.1)，magnetic resonance imaging (MRI) でも肝内門脈臍部より背側に下大静脈に連続する8mm大のシャントが見られた．その他の肝内門脈は同定できなかった．

RI (経直腸門脈シンチグラフィ： $^{99m}\text{TcO}_4$) ではシャント率は52%であった．

頭部MRI上，明らかな肝性脳症を示唆する所見は認められなかった．

血管造影 (Fig.2)：両側大腿静脈からアプローチし，カテーテルの先端を下大静脈からシャントを

Table 1 Laboratory data on admission

WBC	7000/ μl	TP	5.6 g/dl	LDH	231 IU/l
RBC	$406 \times 10^4/\text{ml}$	Alb	3.4 g/dl	GOT	94 IU/l
Plt	$26.8 \times 10^4/\mu\text{l}$	Cr	0.1 mg/dl	GPT	76 IU/l
PT	82%			ALP	1218 IU/l
Galactose	0.9mg/dl	NH ₃	87 $\mu\text{g}/\text{dl}$	TBA *	115.3 $\mu\text{mol}/\text{l}$
(drinking Lactose removal milk)				*total bile acid	
The previous hospital (1 month old)					
Galactose	6.0mg/dl	LDH	233 IU/l	GOT	28 IU/l
GPT	17 IU/l				

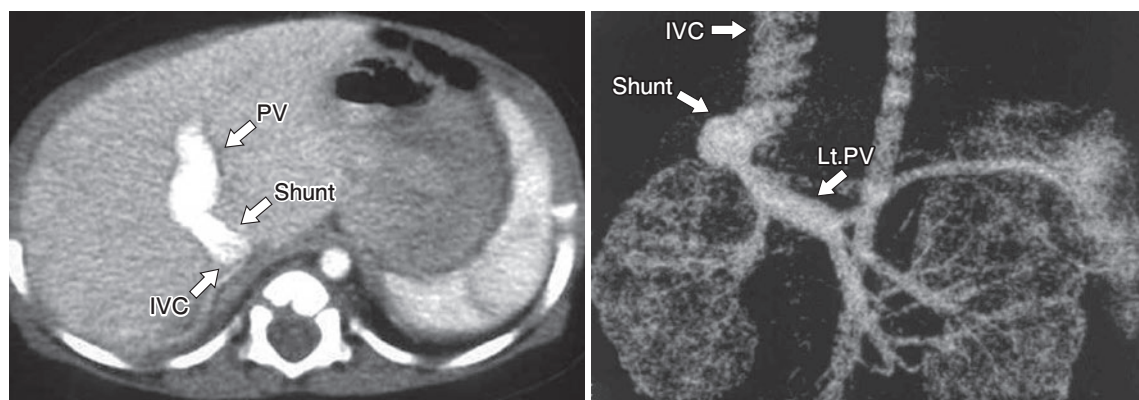


Fig.1 Abdominal enhanced CT (a) showed patent ductus venosus, which is the shunt between the portal vein (PV) and the suprahepatic inferior vena cava (IVC). Three dimensional reconstructed helical CT (b) images revealed the shunt more easily detected.

介して門脈本幹にすすめた。門脈左枝から下大静脈への著明な門脈体循環シャントが認められた。シャント部をバルーンで閉塞し、門脈造影をしたところ、門脈右枝、P4、P2が非常に細径化しているものの、同定できた。また、その際、門脈末梢から肝静脈へのシャントが認められた。最後に、左肝静脈をバルーン閉塞し、門脈圧を測定したところ、閉塞前5~9 (mean 7) mmHg→閉塞後17~20 (mean 18) mmHgであった。

以上の検査所見から、門脈低形成を伴う静脈管開存と診断した。バルーン閉塞試験において、閉塞後の門脈本幹の圧は20mmHgを超えなかったため、静脈管結紮は可能であると判断した。

静脈管結紮切離術：肝左葉外側区を授動し、門脈左枝と下大静脈を結ぶ静脈管を同定した。臍静脈から門脈内へカテーテルを挿入し、術中から経時的に門脈圧のモニタリングを施行した。静脈管に鉗子をかけ、クランプテストを行ったところ、テストを施行する直前の門脈本幹圧は9~12 (mean 11) mmHgであったが、施行後には21~23 (mean

22) mmHgと上昇していた。術中の造影にてP4から中肝静脈へのシャントが認められた。また、門脈右枝も再確認された。循環動態に変動はなく、肉眼的に腸管うっ血もなく、切離可能と判断した。結紮切離前の門脈圧は9mmHgであったが、結紮切離後の門脈圧は25mmHgと上昇したため、門脈圧モニターを留置したまま、閉腹した。

術後経過：術後から門脈内カテーテルからプロスタグランジンE₁製剤0.2γ投与開始、門脈圧は術後一旦上昇するも術後翌日には20mmHg前後に落ち着いた。肝機能、胆汁酸、アンモニアも徐々に正常化した。(GOT: 32 IU/ℓ, GPT: 58 IU/ℓ, LDH: 215 IU/ℓ, NH₃: 45 μg/dℓ, 胆汁酸: 38.6 μmol/ℓ) 術後の腹部超音波検査において肝内門脈の血流は確認でき、徐々にその血流量は増加した。術後6日にプロスタグランジンE₁製剤投与を中止、術後7日後に門脈内カテーテルより造影を施行し、肝内門脈がよりはっきりと描出できた。また、門脈圧は7~11mmHg程度と低下したため、門脈圧モニターを抜去した。術後14日目に退院

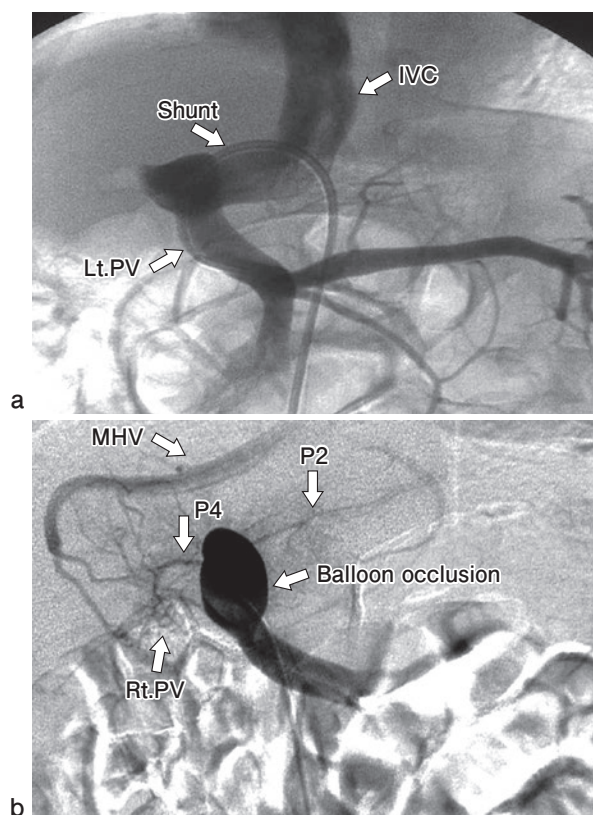
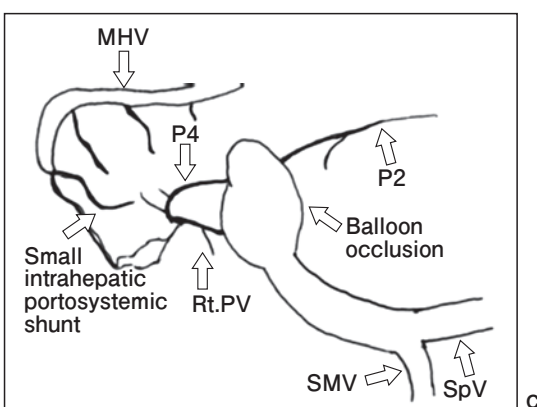


Fig.2
Percutaneous transvenous portography of shunt vessel: The right portal vein was hardly detected (a) Balloon occlusion test: The portal vein pressure at pre-occlusion, after occlusion were found to be 5/9 (mean 7), 17/20 (mean 18) mmHg, respectively (b) Portography under balloon occlusion revealed that the right portal vein was more easily detected than at pre-occlusion. And middle hepatic vein-portal vein shunt was detected. Fig.2c is schematic drawing of portography under balloon occlusion (Fig.2b).



となった。術後3か月後の腹部造影CTでは術前不明瞭であった門脈も描出されるようになった。

その後の経過：経過は順調であったが、術後6か月後のCTにて脾静脈から下降する下腸間膜静脈と思われる拡張した血管が認められ、骨盤内右側で右内腸骨静脈の分枝と吻合し、右内腸骨静脈にも拡張を認めた。

術前のMRを注意深くみると (Fig.3a), 下腸間膜静脈-右内腸骨静脈の末梢のシャントがわずかに認められた。術後のMR (Fig.3b) では同血管は拡張しており、狭小化していた肝内門脈が拡張すると共に、下腸間膜静脈-右内腸骨静脈の末梢の肝外門脈体循環シャントの発達がおこったものと考えられた。

門脈圧亢進症を示唆する所見は認められず、採血や肝生検の結果から肝機能の障害は認められないことから、新たな肝外門脈体循環シャントによる肝障害は深刻ではないと判断し、経過観察となった。現在、術後6年経過したが、明らかな症状は見られない。

考 察

先天性門脈体循環シャントをMorganら¹⁾は2型に分類している。門脈が完全に欠損しているI型と肝内門脈血流が残存しており、門脈と下大静脈の間にside-to-sideのシャントが見られるII型で

ある。本症例はII型と考えられた。

静脈管は門脈左枝臍部背側端と肝静脈流入部の下大静脈をつなぐ管だが、その閉鎖は未熟児や心疾患を持つ乳児では遷延するが、通常は生後1か月前後までには閉鎖すると言われる。静脈管開存症の初発症状としては、高ガラクトース血症、高アンモニア血症、肝機能異常、肝腫瘍、意識障害、精神発達遅延などがある。自験例と同様、新生児マススクリーニングにおいて高ガラクトース血症を契機に発見されることが多い。

診断としては、最初に超音波検査が施行されることが多く、その際には肝内腫瘍の有無、門脈の有無や径の太さ、および異常血管の有無に十分に注意して検査をすすめる必要がある。また、肝外門脈体循環シャントの存在診断には肝外異常血管の描出、およびシャント部を描出することが最も重要であるが、超音波検査のみでは消化管ガスの影響を受けやすく、評価が難しいことが多く、造影CTやMRが必要であることが多い²⁾。今回は三次元CTにてシャントを明瞭に描出することができた。今後はMulti-detector CT (MDCT)の普及により、侵襲的な血管造影をさけ、血行動態を的確に把握することが可能になると予測される。しかし、最初に施行する検査で異常を拾い上げることが最も重要であり、このためには、シャントのパターンを頭に入れた注意深い検索が必要である。

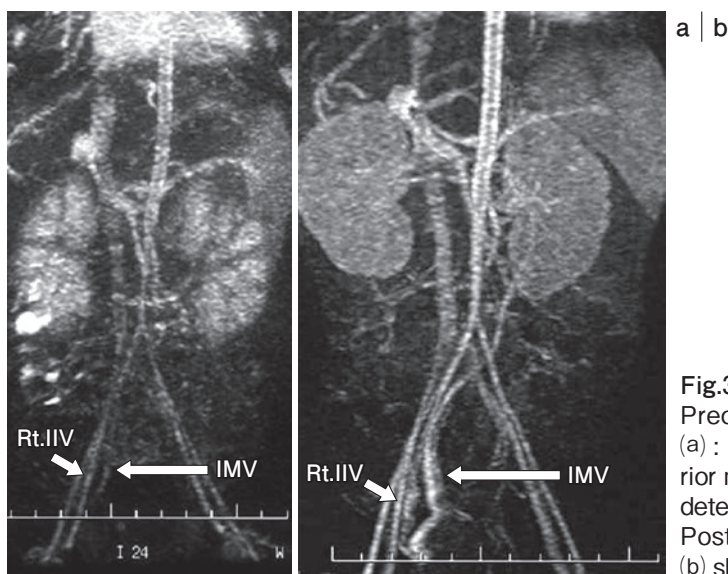


Fig.3

Preoperative abdominal enhanced MR (a): The right internal iliac vein (IIV)-inferior mesenteric vein (IMV) shunt could be detected with careful observation. Postoperative abdominal enhanced MR (b) showed development of the shunt.

診断後、症候性の場合、まずは内科的治療が行われるが、内科的治療抵抗性の場合、外科的治療の適応となる。その適応に関しては一定のコンセンサスは得られていない³⁾。

内科的治療に抵抗性の症例に対する外科的治療の選択に当たり、肝内門脈の有無は非常に重要である。Ⅰ型は肝内門脈が開存していないため、適応があれば全例肝移植が必要であるが、低形成であっても肝内門脈があるⅡ型はシャント血管の結紮切離術のほかに、コイル塞栓術、テフロンテープによる結紮術等が根治術となりうるため、術前にその評価は必須である。Ⅱ型の場合は肝内門脈の評価法として、超音波、CT、MR検査が基本であるが、治療戦略の計画には血管造影が用いられることが多い。

血管造影検査の際、シャント血管に対して、バルーン閉塞試験を行えば、低形成である肝内門脈も描出可能になるため、肝内門脈の有無をより確実に判断することができる^{3,4)}。また、バルーン閉塞試験は、外科的治療を想定できるため、Ⅱ型においては閉塞前後に循環動態に変化がないことを確認でき、また、門脈の圧較差を測定することにより、安全に外科的治療が行えるかを判断できるよい検査である。Kamimatsuseらはバルーン閉塞後の門脈本幹の圧が30cmH₂O(=22mmHg)を超えなければ、門脈圧亢進症による術後合併症を回避することが予測でき、圧が超えた際は、永続的な門脈圧亢進が出現する可能性を考えなければならぬと論じている^{3,5)}。

我々は静脈管結紮切離術に先立ち、経静脈的シャント血管造影とバルーンカテーテルを用いた閉塞試験を施行した。本症例ではバルーン閉塞試験で、肝内門脈が描出できた。また、術中門脈圧測定下で結紮術を施行することにより、本症例の門脈圧は高めであったが、安全に結紮術を施行することが出来た。

今回は静脈管結紮後に門脈体循環シャントが発達した症例を経験した。調べた限りでは、同様の報告は認められなかったが、門脈圧の上昇により二次的に起こりうる病態のため、注意が必要と考えられた。

まとめ

静脈管結紮切離術後に、術前よりも門脈の血流が増し、それとともに、門脈体循環シャント(門脈-中肝静脈シャント、下腸間膜静脈-右内腸骨静脈シャント)が発見された症例を経験したので報告した。これまでの報告では静脈管結紮術後に肝外門脈体循環シャントの発達についての報告は認められなかったが、静脈管結紮術を施行する際には他のシャントの存在を術後に注意することが大切と思われた。診断において、MRやMDCTは肝外門脈体循環シャントの描出に有用であった。

●文献

- 1) Morgan BG, Superina R : Congenital absence of the portal vein : Two cases and a proposed classification system for portosystemic vascular anomalies. J Pediatr Surg 1994 ; 29 : 1239-1241.
- 2) 内藤久美子, 内藤 晃, 伊藤勝陽 : 門脈大循環短絡の超音波診断. 日小放誌 2003 ; 19 : 30-36.
- 3) 眞田幸弘, 水田耕一, 中田 学, 他 : 先天性門脈体循環シャントに対する外科的治療の効果. 肝臓 2010 ; 51 : 652-663.
- 4) Yagi H, Takada Y, Fujimoto Y, et al : Successful surgical ligation under intraoperative portal vein pressure monitoring of a large portosystemic shunt presenting as an intrapulmonary shunt: Report of a case. Surgery Today 2004 ; 34 : 1049-1052.
- 5) Kamimatsuse A, Onitake Y, Kamei N, et al : Surgical intervention for patent ductus venosus. Pediatr Surg International 2010 ; 26 : 1025-1030.