

第1回日本小児放射線学会教育セミナー：

特集**小児画像検査の基本手技とのおさえるべき所見**

2. 小児の尿路造影検査

原 裕子

川口市立医療センター 放射線科

Imaging of the Urinary Tract in Children

Hiroko Hara

Department of Radiology, Kawaguchi Municipal Hospital

Abstract

Diagnostic imaging plays an important role in evaluating congenital anomalies of the urinary tract (UT) in childhood. A variety of diagnostic procedures are available to diagnose UT anomalies, including abdominal radiography, excretory urography (EU), ultrasonography (US), multidetector-row CT (MDCT), MRI, MR urography (MRU), and nuclear medicine. This article provides a brief review of each diagnostic procedure.

US is the most widely used initial examination of the UT in children. The development of US, MDCT and MRI have substantially diminished the role of EU and abdominal radiography in pediatric urology. The primary role of voiding cystourethrography (VCUG) is in detecting vesicoureteral reflux (VUR), anatomic details, and the pathophysiology of the bladder and urethra. Radionuclide renal studies are used to assess various renal functions and structures. The development of rapid sequence MRI, with better resolution has been increasingly useful for evaluation of UT anomalies. The advantage of MRU has facilitated the assessment of both function and morphology of UT anomalies. It is expected that MRU will become an important tool in the diagnostic work-up of UT pathologies in infants and children.

Keywords : Urinary tract, Diagnostic imaging, Children

はじめに

一般的に放射線科医が関与している検査は主にCTやMRIであるが、小児泌尿器疾患、特に先天奇形の画像検査では超音波検査 (US) と排尿時膀胱尿道造影 (voiding cystourethrography : VCUG) が主要な役割を果たしている。低侵襲でベッドサイドでも手軽に施行できるUSの普及により腹部単純X線写真の役割は少なくなり、排泄性尿路造影の頻度は低下した。小児腎尿路の先天奇形は多彩で、多発したり生殖器の合併奇形を伴うこともあり、臨床症状とUS所見を参考に、必要に応じ

てVCUG、CT、MRIを組み合わせで診断を進めることが大切である。画像検査は形態診断が中心であるが、腎機能や排泄能などの機能評価や尿路閉塞の有無の判断には核医学検査が重要な役割を果たしている。

ここでは小児腎尿路先天奇形の画像診断で行われる検査法を解説し、知っておくべき疾患や所見についても記載する。

1. 小児泌尿器疾患で施行される検査法

a. 単純X線写真

泌尿器疾患で撮影される単純X線写真の基本は、

通常KUB (kidney ureter bladder) と呼ばれる仰臥位腹部単純X線写真で、立位腹部単純X線写真を追加することもある。KUBは病室でも撮影可能であり、腹部全体を一時に俯瞰することができるが、所見は特異性に乏しい。KUBでは腹部腫瘍、腹水、石灰化や結石、腹腔内遊離ガス、腸管ガス像の分布、骨などの異常を指摘できるが、軟部組織腫瘍や腹水の有無、実質臓器の観察についてはKUBよりUSが優れており、KUBの果たす役割は低下している。

b. 排泄性尿路造影 (excretory urography : EU)

EUは静脈内投与された造影剤が腎から排泄され尿路を描出する検査法であるが、腎機能を前提とした画像検査であり、腎機能障害や高度水腎症のある場合、腎、尿路は描出されにくい。乳児では遠位尿細管の機能が未熟であり、また腸管ガスの重なるために鮮明な画像が得られにくいことも欠点である。水腎症や水尿管の形態はUSやMRUrography (MRU) により、腎の位置、大きさ、実質や癭痕などはUS、MRI、CTでより明瞭に描出される。このため小児ではEU単独での頻度は減少した。

c. US

KUBの所見に関わらず、小児泌尿器疾患の診断で最初に施行される検査はUSである。USの利点は被曝がなく、簡便にベッドサイドでも施行でき、多断面での観察、血流の評価もできることである。欠点は画像の客観性、再現性に乏しく、画質が術者の技量に依存することである。乳児では検査中に哺乳したり、幼児ではビデオを見せるなど検査中の安静を保つよう工夫する。

泌尿器科領域のUSでは腎の位置、大きさ、実質の厚さ、エコー輝度、嚢胞、水腎症、水尿管、後腹膜、膀胱、尿管瘤の有無、さらには膀胱が尿で充満していれば膀胱後方の病変の有無、女児では子宮や卵巣に注意して観察する。乳幼児は涕泣により排尿することがあるので、最初に膀胱を観察しておくといふ。USで異常所見が発見された場合、臨床症状から発生しうる病態を想定した部位を含めた検索が必要である。

小児のUSでは年齢、体格、検査部位と目的に

適した探触子を選択することが大切である。新生児、乳児では身体が小さくて皮下脂肪が少なく、臓器も小さいため高周波数の探触子を選択しないと良好な画質が得られない¹⁾。正常成熟新生児では腎の長径は4~5cm、腎実質のエコー輝度は肝と同程度で、1歳までの間に徐々に成人と同程度まで低下する¹⁾。正常成熟新生児では腎髓質の低エコーが目立ち、脂肪が少ないため中心部腎洞のエコー輝度が低いという特徴を示す¹⁾。

VURの検出は通常はX線によるVCUGで行うが、この場合問題となるのが生殖腺被曝である。日本では施行されている施設は非常に少ないと思われるが、膀胱尿管逆流現象 (vesicoureteral reflux : VUR) の検出をUSで行うことが可能で、ヨーロッパでは施行されている^{2~4)}。患児を排尿可能な程度に鎮静し、超音波用の造影剤を膀胱内に注入し、VURを超音波で確認する。被曝がないのが利点であり、膀胱内へのカテーテル挿入など手技としてはX線によるVCUGと同じである。ただし尿道の評価はできない。技術に習熟すれば、VURの検出はX線によるVCUGと同等あるいは鋭敏であり、VURの経過観察に適した方法である^{2~4)}。

d. VCUG

VCUGは尿路感染、水腎症、尿管瘤を認めた場合に、VURの有無、程度の評価に不可欠な検査である。さらに膀胱機能や膀胱頸部の観察、尿道の器質的疾患の評価にも重要な役割を果たす。VCUGの手技は以下の如くである。年長児ではまず必要な検査であることを説明し、協力が得られるようにする。乳児は非協力的なので、検査時には固定が必要である。胸部撮影で使用するファンテックスを応用した固定具などを使用すると固定しやすい (Fig.1)。造影剤による膀胱炎を避けるために生理食塩水を加えて約20%に希釈し、人肌に加温した水溶性造影剤を準備する。尿道から挿入するカテーテルは年齢、体格、性別に応じて4~8Frのネラトンチューブや栄養チューブを使用する。男児は尿道が長く、外尿道括約筋部で抵抗を感じるので無理に挿入せず、括約筋が弛緩する吸気時にあわせて素早くカテーテルを膀胱内にすすめる。カテーテルが膀胱内に挿入されたら自然滴下で造影剤を膀胱内に注入する。生殖腺被曝

を少なくするため透視および撮影範囲は必要最小限にとどめ、間欠的透視でVURの有無を確認、撮影する (Fig.2)。排尿が自立した幼児以上の患児では我慢できなくなった時点で注入を止め、膀胱充満時として撮影する。排尿が自立していない幼児以下では標準膀胱容量 ((年齢+2)×30ml) を目安として⁵⁾、造影剤の滴下状況や涕泣などから膀胱充満時を判断する。その後女児では仰臥位のまま、男児では尿道の全長を観察するために、約30

度の斜位にする (Fig.1b)。外尿道口から排尿を認めた時点でカテーテルを抜去し、排尿時の尿道を撮影する (Fig.2b)。臥位での排尿が困難な年齢では半立位や立位で排尿を試みる。VUR確認の意味で排尿後のKUB撮影は両側腎まで含める (Fig.2c)。

男児では後部尿道弁 (Fig.3) や前部尿道弁 (Fig.4) で二次的にVURを生じ、原疾患が長期見逃された場合腎機能不全に至ることがあるため、排尿時に斜位で尿道を全長撮影することは男児の

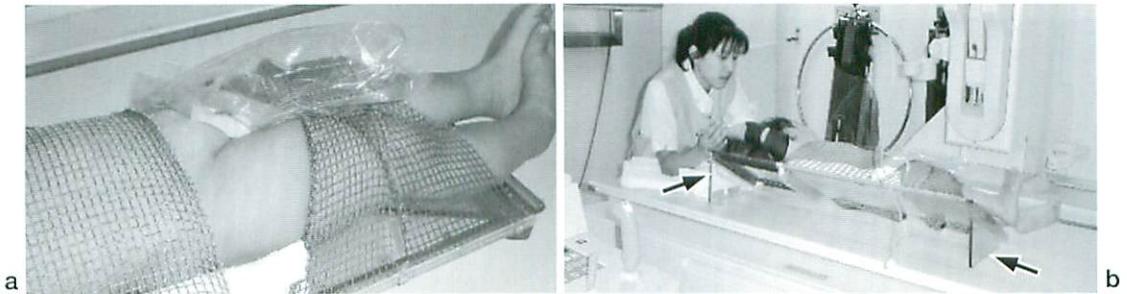


Fig.1 Original immobilization device designed for VCUG

- a : Infants or small children lie on the device in the supine position. The net covers body, thigh and knee.
 b : Both arms are raised and fixed beside the head by velcro tape. Two triangular shaped plates (arrow) keep the proper oblique angle for taking a picture of a boy's urethra.

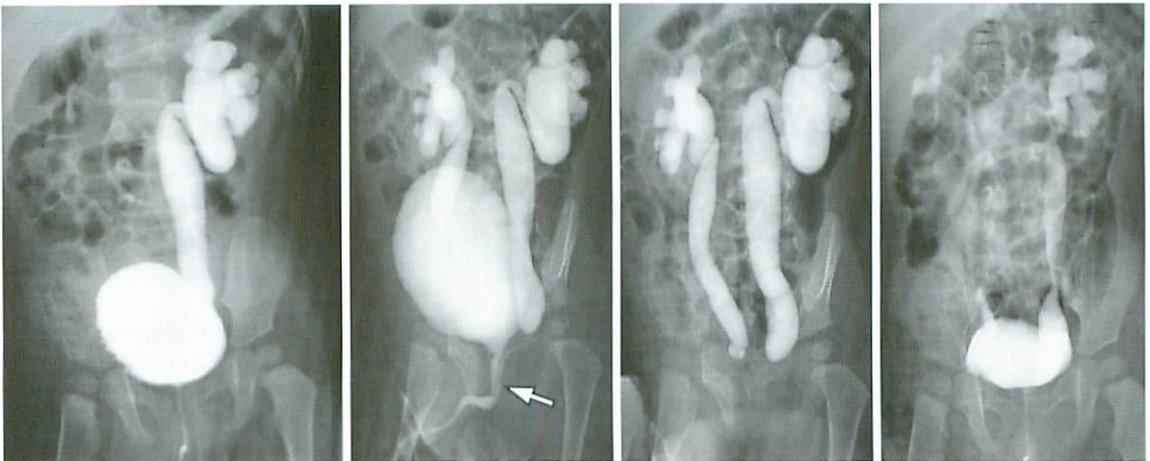


Fig.2 VUR

VCUG demonstrated VUR on both sides.

- a : During contrast filling, left VUR developed.
 b : At the start of voiding, right VUR was depicted. An oblique view demonstrated no abnormality in the urethra (arrow).
 c : At the end of voiding, bilateral VUR was seen, grade IV on the right, and grade IV/V on the left. No residual urine was seen.
 d : Five minutes after voiding, the contrast material in the collecting system flowed back into the bladder.

a|b|c|d

初回VCUGでは必須である。

VURにより生じた腎実質障害を総称して逆流性腎症と呼ぶ。適切な治療で逆流性腎症の進行が止められない場合、不可逆的な腎機能障害や高血圧を生じる。

Gradeの低いVURは自然消失することが知られており⁶⁾、腎機能障害に関与する因子としてVURの重要性はそれほど高くなく、複合的な要素に関与すると推定され⁷⁾、その要素の一つに排尿機能異常が挙げられる。FotterはVCUGで観察すべき

はVUR以外に、下部尿路の機能異常であると強調している⁸⁾。排尿筋外尿道括約筋協調不全 (detrusor-external sphincter dyssynergia : DSD) は上部尿路障害の危険因子であり、これが腎機能障害に関与すると推定される。DSDには不安定膀胱、怠慢膀胱症候群、非神経因性神経因性膀胱が含まれる⁹⁾。神経疾患を伴わない排尿筋の無抑制収縮を不安定膀胱と呼び、排尿筋の無抑制収縮に伴いVURが見られることがある。不安定膀胱では充満時に膀胱は縦長の楕円形を呈し、膀胱三角部から頸部にかけては漏斗状に開く所見をVCUGで認める (Fig.5)。男児の不安定膀胱では器質的下部尿路通過障害が無くても後部尿道の拡張が認められることがある⁹⁾。臨床的に尿意切迫感や腹圧時尿失禁があり、DSDが疑われる場合、内視鏡や膀胱内圧検査、尿流動態検査などの適応となる。



Fig.3 Posterior urethral valve

This 4-month-old boy presented with UTI and bilateral hydronephrosis. VCUG clearly demonstrated marked dilatation of the posterior urethra, with an abrupt change of caliber at the site of the posterior urethral valve (arrow) and secondary VUR on both sides. The diagnosis was confirmed by endoscopy, and the valve was resected.



a | b

Fig.4 Anterior urethral valve

He had two episodes of UTI before 4 months of age. His initial VCUG (a) showed bilateral VUR ; grade V on the right, and grade IV on the left. However, subtle findings in the anterior urethra had been overlooked for two months. Note the slight dilatation and caliber change of the anterior urethra (arrow), indicating an anterior urethral valve. Following endoscopic treatment, the anterior urethra returned to normal in appearance on VCUG (b). VUR was also improved on both sides. Only grade IV VUR remains on the right.

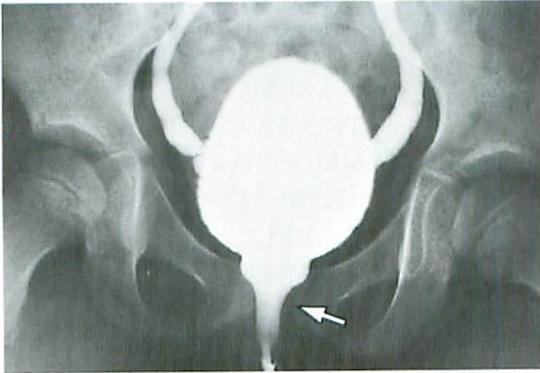


Fig.5 Unstable bladder
This 5-year-old girl had recurrent urinary tract infection and infrequent voiding. VCUG demonstrated bladder neck opening with spasm of the sphincter (arrow) during voiding. Note the elongation of the bladder and VUR on both sides.

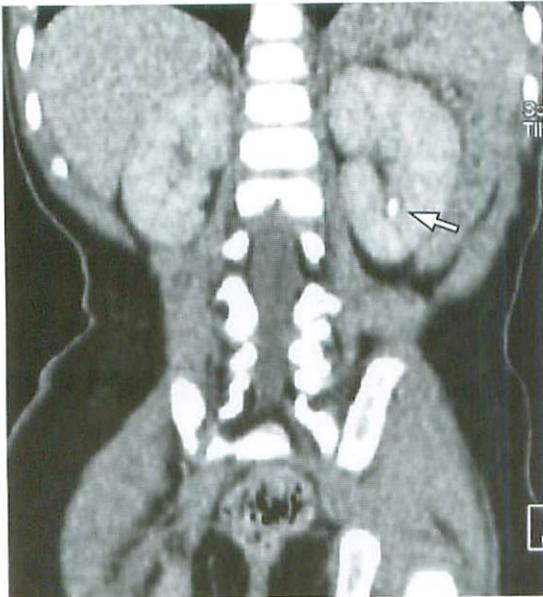


Fig.6 Renal calculus
This 14 month-old girl had a history of UTI. Ultrasonography depicted a calculus in the left kidney. Coronal MPR image with contrast enhancement clearly showed the calculus (arrow) in the lower pole of the left kidney. No hydronephrosis was observed.

e. CT

CTは多列検出器を備えたMDCT (Multidetector-row CT: MDCT) の普及により、検査時間が飛躍的に短縮した。このため乳幼児では十分固定し、患児が安静にしていれば覚醒時でも検査が可能となり、鎮静の頻度が減少した¹⁰⁾。

MDCTの利点は短い撮影時間で、広い範囲を細かく撮影できることである。Z軸方向の空間分解能の向上、等方性ボクセルの実現により、多断面再構成 (multiplanar reconstruction: MPR) 画像やひずみの少ない三次元画像が作成できるようになった。単純CTは石灰化や結石の検出に有用である (Fig.6)。腎、尿路の先天奇形や炎症性病変では造影CTを行うことにより、腎の位置や大きさ、腫瘍性病変の存在部位などについての情報が得られる (Fig.7)。

造影剤は 2 ml/kg を使用し、2/3あるいは全量静注直後にスキャンを開始する。

CTでは被ばくが問題となっており、年齢、体格により、診断に必要最低限の画質が得られるような撮影条件が工夫されるべきである¹¹⁾。

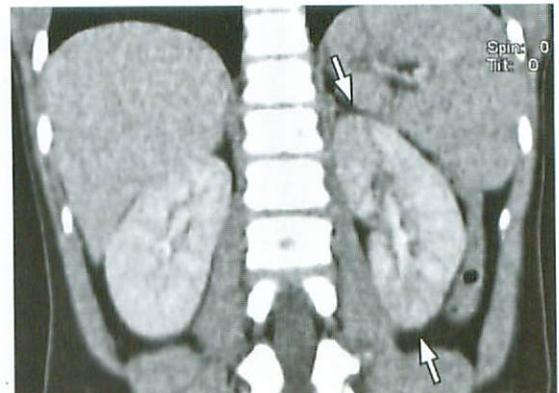


Fig.7 Acute pyelonephritis
This 7-year-old girl had a history of recurrent UTI. Following 2 weeks of antibiotic treatment and negative urine culture, enhanced CT with a coronal MPR image revealed wedge-shaped hypoattenuation of the parenchyma (arrow) involving both upper and lower pole of the left kidney, consistent with acute pyelonephritis. Kidneys appeared normal on ultrasonography done at the same time.

f. MRI

MRIはMDCTに比べ検査時間が長く、検査時の騒音という欠点があるため、乳幼児の検査では鎮静が必要である。しかしX線被曝はなく、MRUは造影剤を投与することなく上部尿路の観察が可能であり、小児腎尿路の先天奇形の描出には適した検査法である。将来はUSに次いで主流となる検査法と予測される^{12, 13)}。MRUは静止している水を画像化することで尿路の全体像を得る方法であり、EUでは描出されない拡張した閉塞性尿路疾患や、腎機能低下、尿路閉塞により造影剤排泄がない場合でも尿路の描出が可能である (Fig.8)。MRUは先天性水腎症、重複尿路 (Fig.9)、尿管異所性開口、尿管瘤などの診断に有用である。特に異所性尿管開口の診断にはMRUが最適であるとされる (Fig.10)¹⁴⁾。また合併奇形を生じやすい女児の内性器の奇形 (Fig.10) や尿管管遺残にもMRIは有用な情報を提供する。

腎尿路の観察のためのMRIの撮像法としては、T1強調像、T2強調像の横断像、冠状断像、MRU

に脂肪抑制画像を追加撮像する¹⁴⁻¹⁶⁾。尿管異所性開口の部位診断にはthin slice画像を追加する。

最近ではMRIによる機能評価も報告されている^{17, 18)}。Gd-DTPAを静注し、利尿剤も併用したdynamic MRIとMRUを組み合わせることにより核医学と同様に分腎機能と排泄能を評価する方法が報告されている。MRIによる尿路閉塞の有無、閉塞部位、排泄能、分腎機能の結果は、各々核医学検査と良好な相関関係が示されている。

g. 核医学検査

泌尿器領域における核医学検査の中心となるのはTc-99m Mercaptoacetyl triglycine (MAG3) を使用した動態シンチグラムと^{99m}Tc Dimercapto-succinic acid (DMSA) 静態シンチグラムである。

MAG3は近位尿管管から濾過される物質であり、利尿剤を併用した^{99m}Tc MAG3利尿レノグラム (Fig.11) は尿路閉塞の有無の評価や手術適応の判断に有用である。

DMSAは尿管管細胞に集積するため、腎の位置、

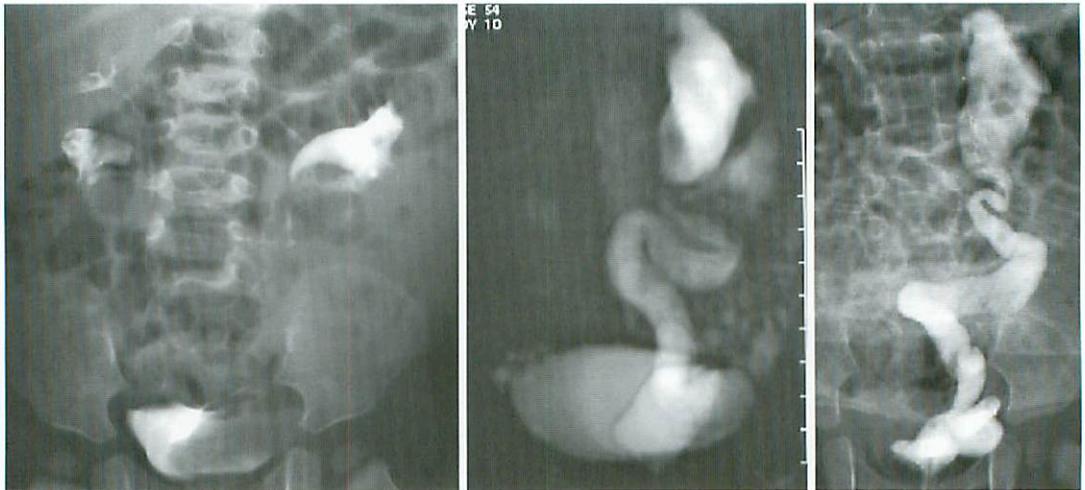


Fig.8 A 8-month-old girl with complete duplex system on both sides and an ectopic ureterocele of the upper pole ureter on the left. a|b|c

Hydronephrosis was detected in utero. She presented with UTI. EU(a) showed a duplex system on the right. The lower pole moiety of the left kidney was displaced inferolaterally with slight dilatation (so-called drooping lily sign). A filling defect was seen over the bladder, suggesting ureterocele from the left upper pole ureter.

MRU(b) revealed a duplex system on the left. The left upper pole ureter was dilated, and terminated in an ectopic ureterocele.

Retrograde pyelography (c) confirmed ectopic ureterocele of the left upper pole ureter connecting with the bladder neck. The left upper pole ureter as seen on MRU was almost identical with the image obtained by retrograde pyelography.

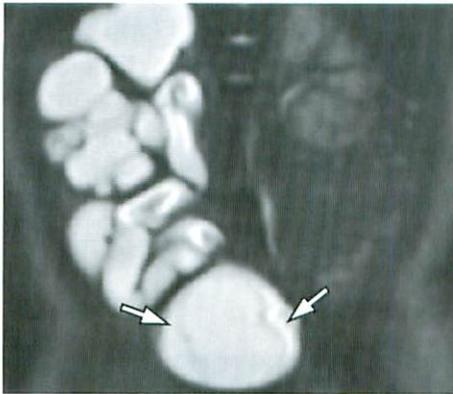


Fig.9 Complete duplex system on the right with upper pole ureterocele
 A 6-month-old girl presented with UTI.
 MRU clearly demonstrated a complete duplex system on the right with upper pole ureterocele (arrow) in the bladder. The normal left collecting system is also well visualised.

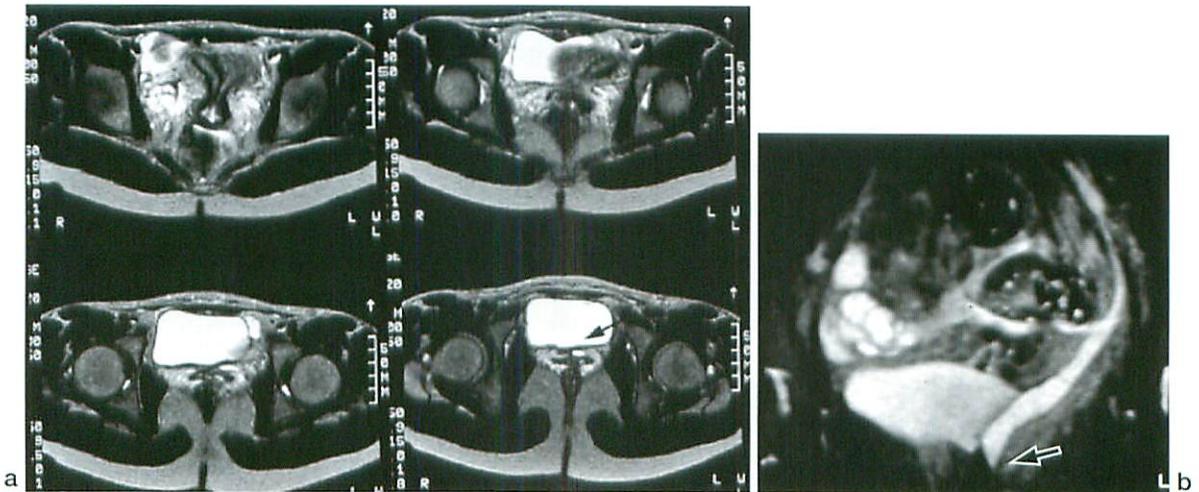


Fig.10 Left ectopic ureter associated with bicornuate uterus.
 A 12-year-old girl had a long history of dribbling.
 MRI (a) showed bicornuate uterus. Also a tiny cystic lesion (arrow) can be seen posterior to the bladder.
 MRU (b) clearly revealed an ectopic left ureter below the bladder (arrow), presumably opening into the vagina. (Courtesy of Dr.S. Nosaka and Dr. H. Masaki,National Center for Child Health and Development)

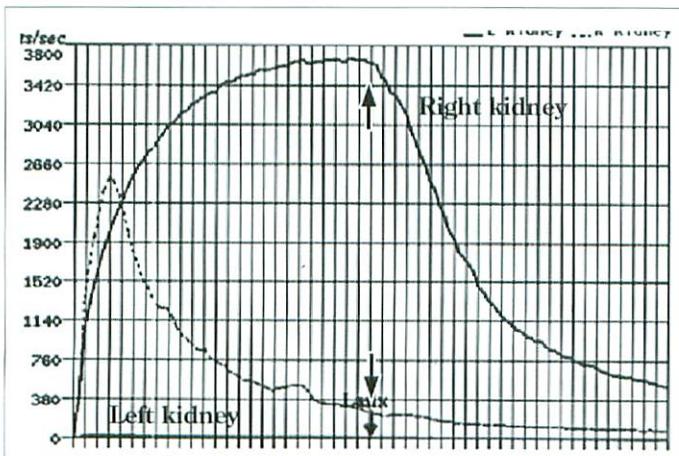


Fig.11 Diuretic renogram
^{99m}Tc-MAG3 diuretic renogram demonstrated prompt normal excretion in the left kidney. Radiotracer accumulated in the dilated right collecting system, but prompt excretion was seen following administration of Lasix, indicating no obstruction of the right kidney. Arrows show the time of Lasix administration.

大きさ、形状の評価に使用される。^{99m}Tc DMSA 静態シンチ (Fig.12) は尿路感染症における腎瘢痕の評価の現時点でのGold standardであるが、MRIの脂肪抑制T1強調冠状断像では瘢痕検出においてDMSAシンチと同等の結果が得られたと報告されており¹⁹⁾、将来はMRIに移行する可能性がある。

MRIは被ばくが無く、良好な画質が得られるため、検査時間、鎮静、専用解析ソフトウェアなどの問題が改善されれば、今後はMRIによる腎機能評価が増加するものと期待される。

2. 腎、尿路の先天奇形に関する 知っておくべき疾患や所見

先天性水腎症

最近では胎児USで水腎症や腎嚢胞性疾患が発見され、出生後に精査される機会が増加している。新生時期の腹部腫瘍の原因の半数が腎由来であり、最も頻度が高いのが水腎症、次いで多嚢胞性異形成腎である²⁰⁾。胎児期に発見された水腎症の程度はSociety of Fetal Urologyの定義に従って分類する。胎児診断された水腎症は、生直後の超音波検査では過少評価される可能性がある¹⁾ので、1週間以降に水腎症の程度を再評価する必要がある¹⁾。胎児水腎症の程度と閉塞性尿路疾患、その後の経過観察方法が提案されているので参考にされたい²¹⁾。

先天性水腎症は腎盂尿管移行部の機能的閉塞に

起因することがほとんどである (Fig.13)。腎盂、腎杯の拡張は尿路閉塞だけでなく、VURでも認められる。男児の両側性水腎症、水尿管、VURでは後部尿道弁などの尿道閉塞性疾患 (Fig.3,4) を見落とさないよう注意が必要である。尿路の拡張は閉塞を意味するものではなく、尿路閉塞の有無は利尿剤を併用した^{99m}Tc-MAG3による利尿レノグラムにより評価する。

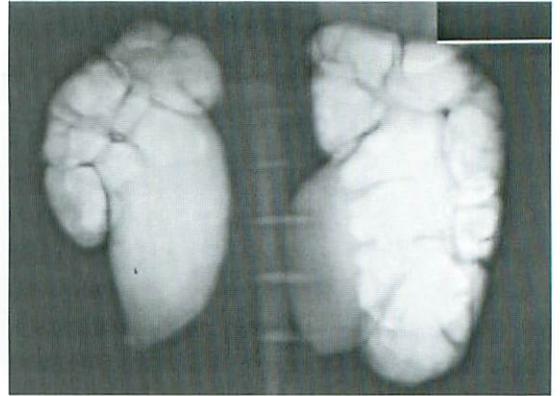


Fig.13 UPJ stenosis on both sides
A 7-year-old boy was presented with hematuria. MRU clearly revealed marked dilatation of the renal pelvis and calyces without hydroureter on both sides, representing UPJ stenosis. He underwent operation, and fibrotic overgrowth causing UPJ stenosis was removed.

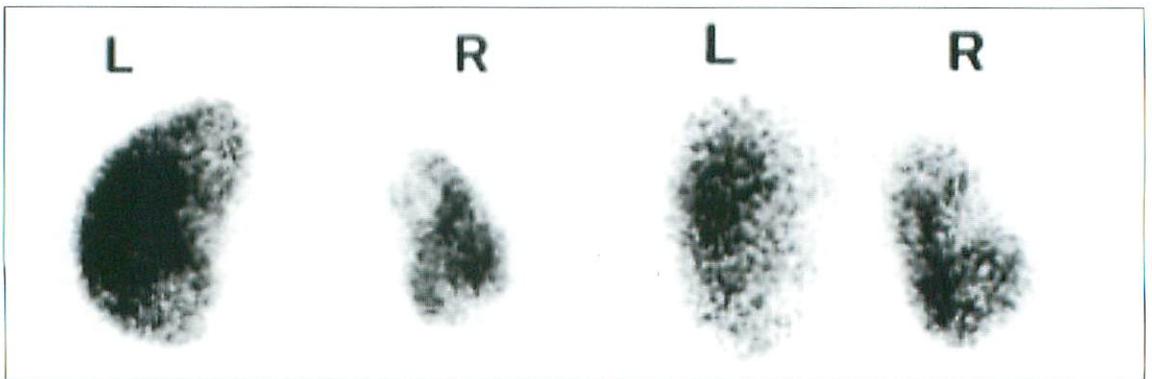


Fig.12 ^{99m}Tc DMSA scintigram
Planer image by ^{99m}Tc DMSA scintigram shows decreased uptake in the upper and lower pole of the left kidney, representing a cortical scar. The right kidney is small with inhomogeneous accumulation of the radiotracer, indicating scarred kidney and reflux nephropathy. (Courtesy of Dr.M. Fujioka, Dkkyou University, School of Medicine)

多嚢胞性異形成腎 (Multicystic dysplastic kidney : MCDK)

MCDKは新生児の腎嚢胞では最多頻度である。胎生10週以前の尿路閉塞に起因するとされ、正常なネフロン、集合管、腎盂が形成されず、典型例では大小様々な嚢胞が集合したブドウの房状を呈する。画像所見では、肉眼所見を反映し、腎は非交通性の大小様々な嚢胞で占められ (Fig.14a)、腎機能は認められない。MCDKと診断された場合、大切なことは対側腎の検索と経過観察である。対側腎には15~20%でVUR (Fig.14b)^{22, 23)}、12%に腎盂尿管移行部狭窄を認める²⁴⁾。患側腎は無機能なので、健側腎機能を温存することが重要であり、VCUGやUSによる検索が重要である。MCDKは自然退縮することが知られており²⁴⁾、腎摘出術は原則的には必要ない。画像診断による経過観察で5年間に約半数のMCDKは同定できなくなるが、嚢胞を同定できなくても完全に消失したわけではなく、ごく稀ではあるが腎芽腫や腎癌の発生例も知られており²⁵⁾、USによる経過観察が大切である。

重複尿路, 尿管異所性開口, 腎低形成

重複尿路には、腎盂のみが二分した重複腎盂の頻度が約10%、重複尿管は約0.8%である²⁶⁾。重複尿管には完全型と不完全型がある。完全型は尿管芽が2本発生して、不完全型は1本の尿管芽が途中で分岐して生じる。完全型では2本の尿管は交叉し、上半腎からの尿管は下半腎からの尿管口より下内側に開口する (Weigert-Meyerの法則)。尿

管芽の分岐する位置が正常からずれるに従って尿管は異所性開口しやすく、また後腎芽組織との接合も妨げられるため、腎の低形成、異形成が生じやすい²⁷⁾。尿管異所性開口ではVURを生じやすく、所属腎は低形成であることが多く^{26, 28)}、USでは所属腎は同定が困難な場合がある (Fig.15)。尿管異所性開口の70%は完全重複尿管症例であり、完全重複尿管では尿管異所性開口、VUR、所属腎の低形成、異形成により所見は多彩となる。これらの可能性を念頭におき、US、^{99m}Tc-DMSAシンチ、CTやMRI、MRUにより腎、尿管の検索を行う。

尿管異所性開口では尿管は膀胱頸部、尿道の他、女児では膣、膣前底部、ガードナー管 (Fig.15) など外尿道括約筋よりも尾側に異所性開口する。女児で尿管が外尿道括約筋よりも尾側に異所性開口する場合の臨床症状は昼夜の遺尿 (dribbling) である。排尿習慣自立後の女児における昼夜の遺尿では、尿管異所性開口を必ず念頭において検査をすすめることが大切である (Fig.16)。一方男児では精囊や射精管など外尿道括約筋を超えて遠位に開口することはなく、原則的には遺尿は認めない。尿管異所性開口の開口部位の診断にはMRUが有用である (Fig.10)¹⁴⁾。

3. おわりに

最近のUS、MDCT、MRIやMRUの発達により小児腎、尿路先天奇形の画像検査法も以前と変化してきている。腎、尿路の先天奇形は多彩で、臨床症状とUS所見を参考に、必要に応じてVCUG、

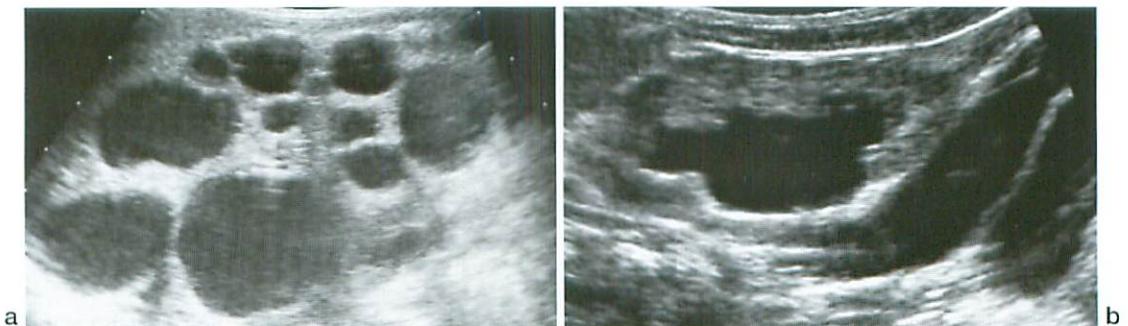


Fig.14 Multicystic dysplastic kidney (MCDK)

- a : Note multiple various sized cysts without communication occupying the region of the right kidney. The findings are typical of MCDK on US.
 b : Hydronephrosis and hydroureter were depicted on the left. VUR on the left was confirmed by VCUG (not shown).

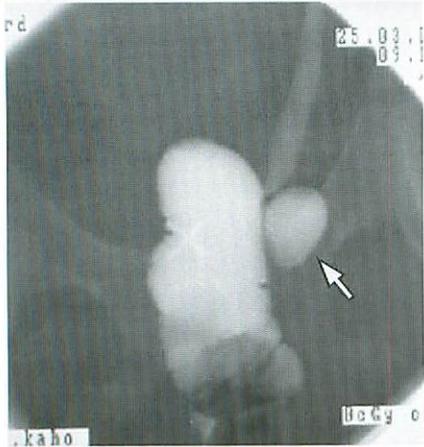
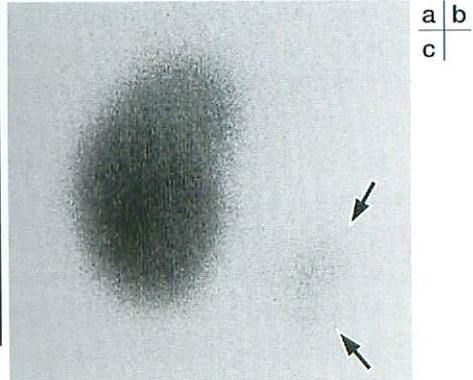
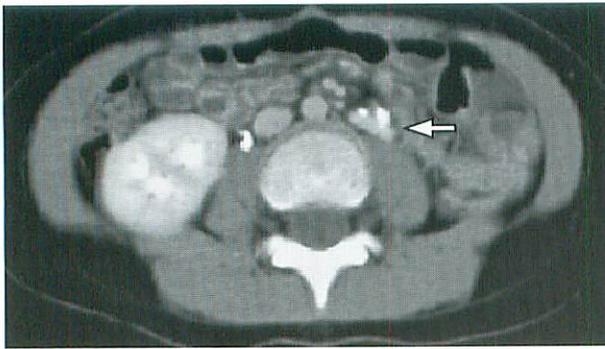


Fig.15 Gartner's duct cyst

Hypoplastic left kidney with ectopic ureter opening into a Gartner's duct cyst.

A 6-year-old girl presented with dribbling.

US failed to demonstrate the left kidney.

Enhanced CT revealed a small kidney (arrow) with some function in the retroperitoneum.

Note the faint uptake (arrow) of the left kidney seen by ^{99m}Tc DMSA scintigram.

Retrograde vaginogram (c) demonstrated a small cystic lesion abutting the upper third of the left vaginal wall, representing a Gartner's duct cyst (arrow). The ectopic ureter on the left opened into the Gartner's duct cyst, accounting for the dribbling.

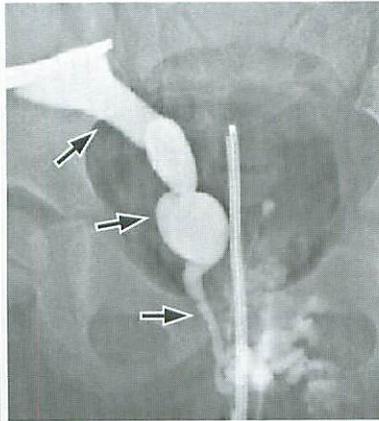


Fig.16

Left incomplete duplex system and right complete duplex system with ectopic ureter.

A 3-year-old girl presented with dribbling.

EU (a) showed a duplex system on both sides. No ureterocele could be seen over the bladder.

The upper pole collecting system appeared slightly dilated on the right.

Ectopic ureter could not be observed by any imaging procedure. As she continued dribbling, she underwent operation.

During operation, a dilated left upper pole ureter (arrow) filled by contrast (b) was found to be ectopic, running into the distal vagina and causing dribbling.

A cystic pelvic mass (*) corresponding to the dilated upper pole ureter was demonstrated on enhanced CT (c) retrospectively.



CT, MRI, MRUを組み合わせて診断を進めることが大切である。

●文献

- 1) Siegel M : Urinary tract. Pediatric sonography edited by Siegel M, 3rd ed. p.385-475, 2002.
- 2) Darge K : Diagnosis of vesicoureteral reflux with ultrasonography. *Pediatr Nephrol* 2002 ; 17 : 52-60.
- 3) Darge K, Troeger J, Duetting T et al : Reflux in young patients : Comparison of voiding US of the bladder and retrovesical space with echo enhancement versus voiding cystourethrography for diagnosis. *Radiology* 1999 ; 210 : 201-207.
- 4) Darge K : Sunrise session Practical course Voiding urosonography. 27th Postgraduate course of European Society of Pediatric Radiology June 7-8, 2004, Heidelberg.
- 5) Koff SA : Estimating bladder capacity in children. *Urology* 1983 ; 21 : 248-250.
- 6) 島田憲次 : 膀胱尿管逆流症. 生駒文彦監修, 川村猛, 小柳知彦編集, 小児泌尿器科学書, 東京, 金原出版, 1998, p261-283.
- 7) Gordon I, Barkovics M, Pindoria S, et al : Primary vesicoureteral reflux as a predictor of renal damage in children hospitalized with urinary tract infection : A systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Nephrol* 2003 ; 14 : 739-744.
- 8) Fotter R, Mohadjer D : Functional disorders of the lower urinary tract. Syllabus of 28th postgraduate course of European Society of Pediatric Radiology 2005 in Dublin, p113-117, 2005.
- 9) 小林真也, 小柳知彦 : 尿失禁. 生駒文彦監修, 川村猛, 小柳知彦編集, 小児泌尿器科学書, 東京, 金原出版, 1998, p221-229.
- 10) Pappans JN, Donnelly LF, Frush DP : Reduced frequency of sedation of young children with multi-section helical CT. *Radiology* 2000 ; 215 : 897-899.
- 11) 宮崎治 : 小児画像診断の最前線—患者管理—被曝対策. *日獨医報* 2004 ; 49 : 559-570.
- 12) 野坂俊介, 宮崎治, 宮坂実木子, 他 : 小児画像診断の最前線 泌尿生殖器領域. *日獨医報* 2004 ; 49 : 660-681.
- 13) Riccabona M, et al : Feasibility of MR urography in neonates and infants with anomalies of the upper urinary tract. *Eur Radiol* 2002 ; 12 : 1442-1450.
- 14) Avni FE, Nicaise N, Hall M, et al : The role of MR imaging for the assessment of complicated duplex kidneys in children ; Preliminary report. *Pediatr Radiol* 2001 ; 31 : 215-223.
- 15) Borthne A, Jeromw-Pierre C, Nordshus T et al : Pictorial review MR urography in children : current status and future development. *Eur Radiol* 2000 ; 10 : 503-511.
- 16) Avni FE, Bali MA, Regnault M, et al : MR urography in children. *Eur J Radiol* 2002 ; 43 : 154-166.
- 17) Rohrschneider WK, Haufe S, Wiesel W, et al : Functional and morphologic evaluation of congenital urinary tract dilatation by using combined static-dynamic MR urography : findings in kidneys with a single collectin system. *Radiology* 2002 ; 224 : 687-694.
- 18) Jones RA, Perez-Brayfield MR, Kirsch A, et al : Renal transit time using MR urography : a new classification of obstructive uropathy in children. *Radiology* 2004 ; 233 : 41-50.
- 19) Kavanagh EC, Ryan S, Awan A, et al : Can MRI replace DMSA in the detection of renal parenchymal defect in children with urinary tract infections? *Pediatr Radiol*. 2005 ; 35 : 275-281.
- 20) Buonomo C, Taylor GA, Share J, et al : Neonatal abdominal mass. In *Practical pediatric imaging* edited by Kirks DR 3rd ed. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1998, p836-837.
- 21) Riccabona M, Fotter R : Reorientation and future trends in pediatric urology. *Pediatr Radiol* 2004 ; 34 : 295-301.
- 22) Karmazyn B, Zerlin LM : Lower urinary tract abnormalities in children with multicystic dysplastic kidney. *Radiology* 1997 ; 203 : 223-226.
- 23) Selzman AA, Edler JS : Contralateral vesicoureteral reflux in children with a multicystic kidney. *J Urol* 1995 ; 153 : 1252-1254.
- 24) Atiyeh B, Husmann D, Baum H : Contralateral renal abnormalities in multicystic-dysplastic kidney disease. *J Pediatr* 1992 ; 121 : 65-67.
- 25) Wackesman J, Philipps L : Report of the multicystic kidney registry : preliminary findings. *J Urol* 1993 ; 150 : 1870-1872.
- 26) 折笠精一 : 上部尿路奇形. 生駒文彦監修, 川村猛, 小柳知彦編集, 小児泌尿器科学書, 東京, 金原出版, 1998, p230-248.
- 27) Mackie GG, Stephens FD : Duplex kidneys : a correlation of renal dysplasia with position of ureteral orifice. *J Urol* 1975 ; 114 : 274-280.
- 28) Kramer SA : Vesicoureteral reflux. In *Clinical pediatric urology*. Edited by Belman AB, King LR, and Kramer SA, 4th ed. London, Martin Dunitz, 2002, p749-810.