

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×(年齢+1)/(年齢+7)
- ・成人投与量×体表面積 m^2 /1.73 m^2
- ・成人投与量×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歳以上では骨に限局することが多い。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。

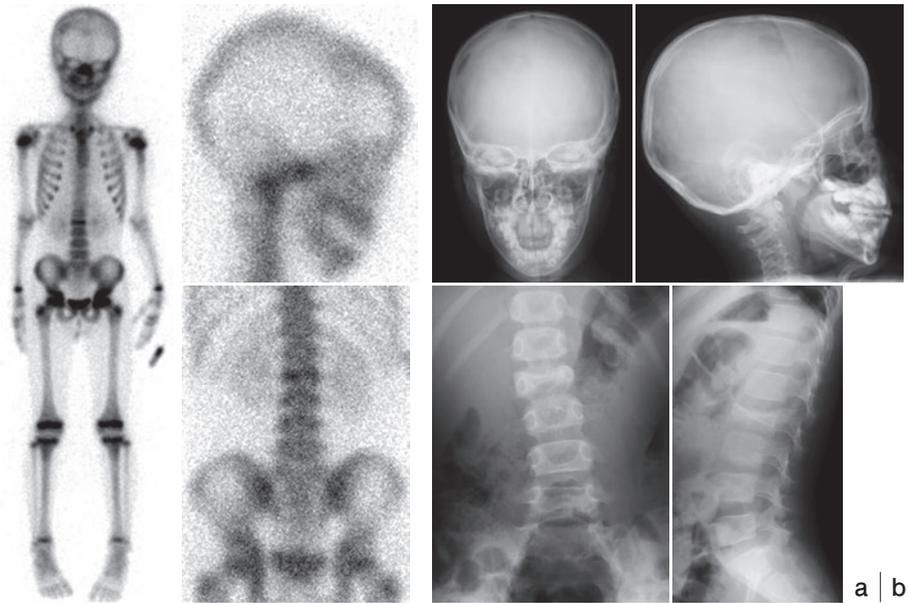


Fig.1 Langerhans cell histiocytosis in a girl 6 years of age.

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.

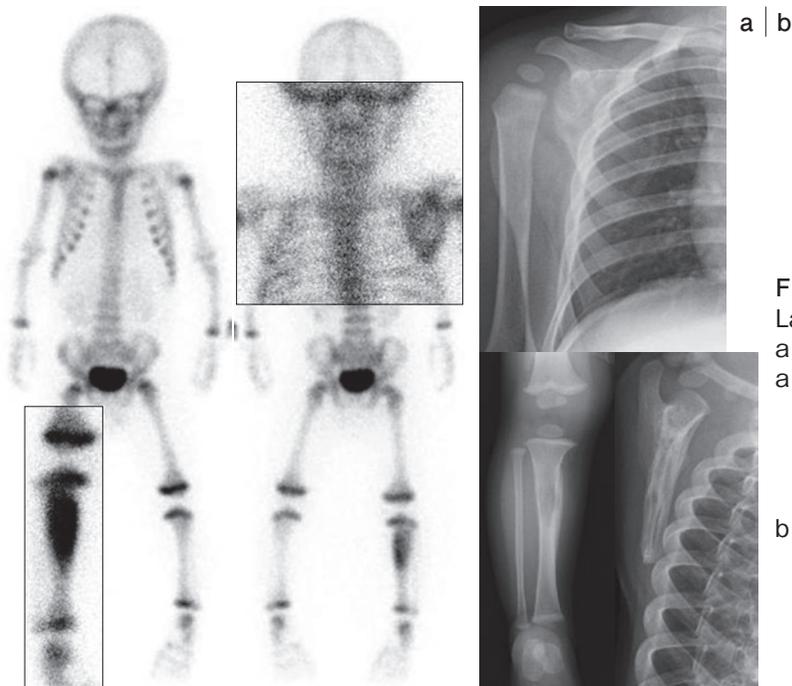


Fig.2

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.

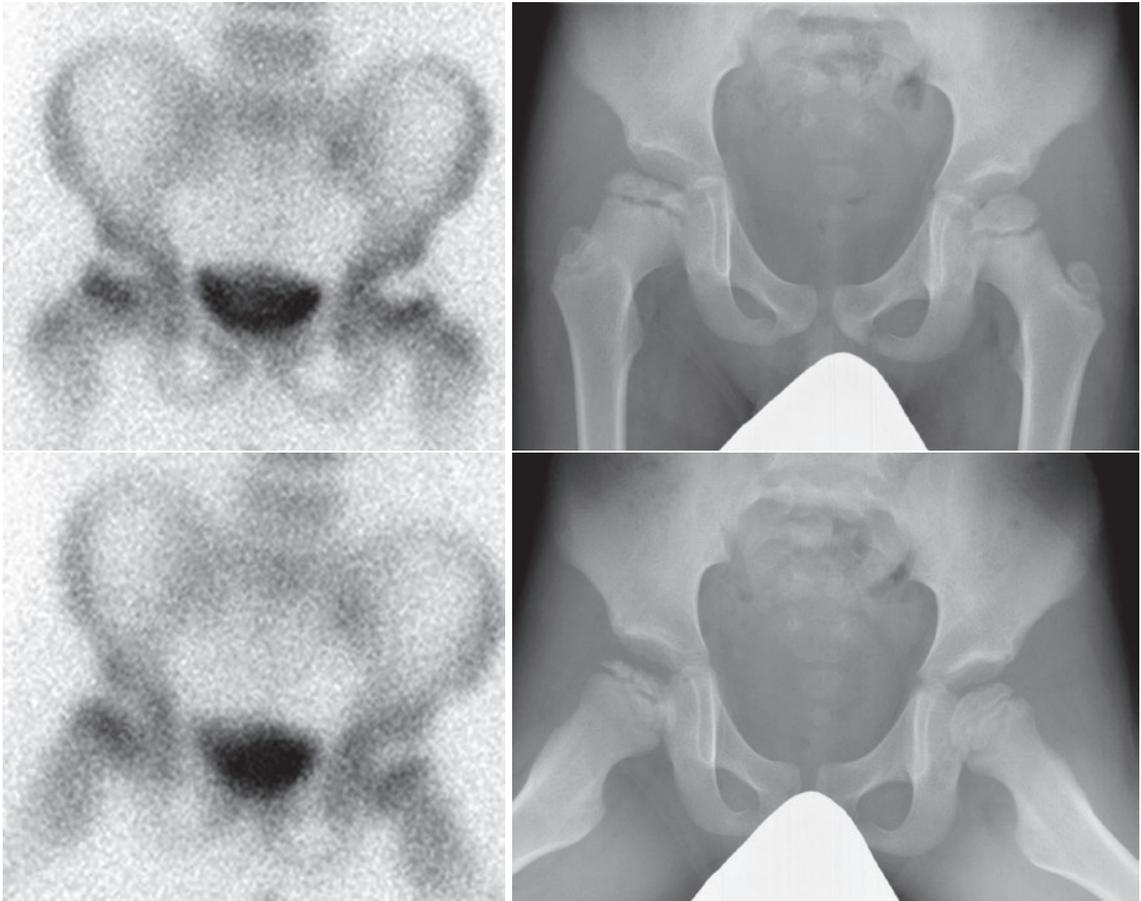


Fig.3 Legg-Calvé-Perthes disease in a boy 7 years of age. Upper figures are submitted in the standard position, lower figures in the abducted position.

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 left 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。

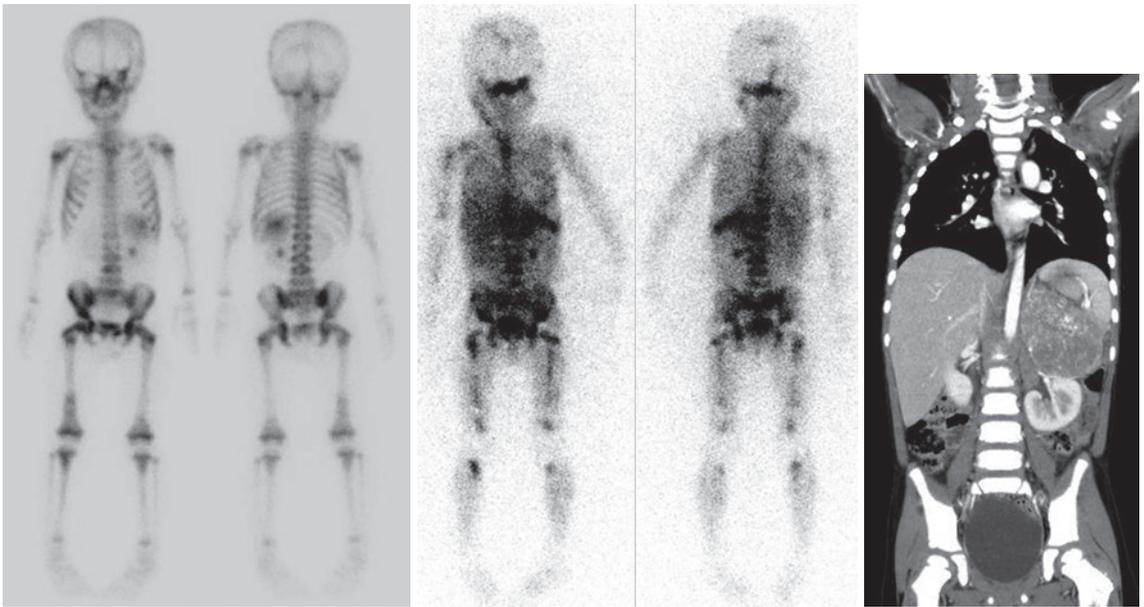


Fig.4 Neuroblastoma stage IV in a boy 3 years of age.
 a: Bone scan shows abnormal accumulation in whole skeletal system.
 High avidity is seen in left adrenal tumor.
 b: ^{123}I IMBG scan shows increased accumulation in left adrenal gland and whole skeletal system.
 c: CT shows left adrenal tumor.

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機会が多いが，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

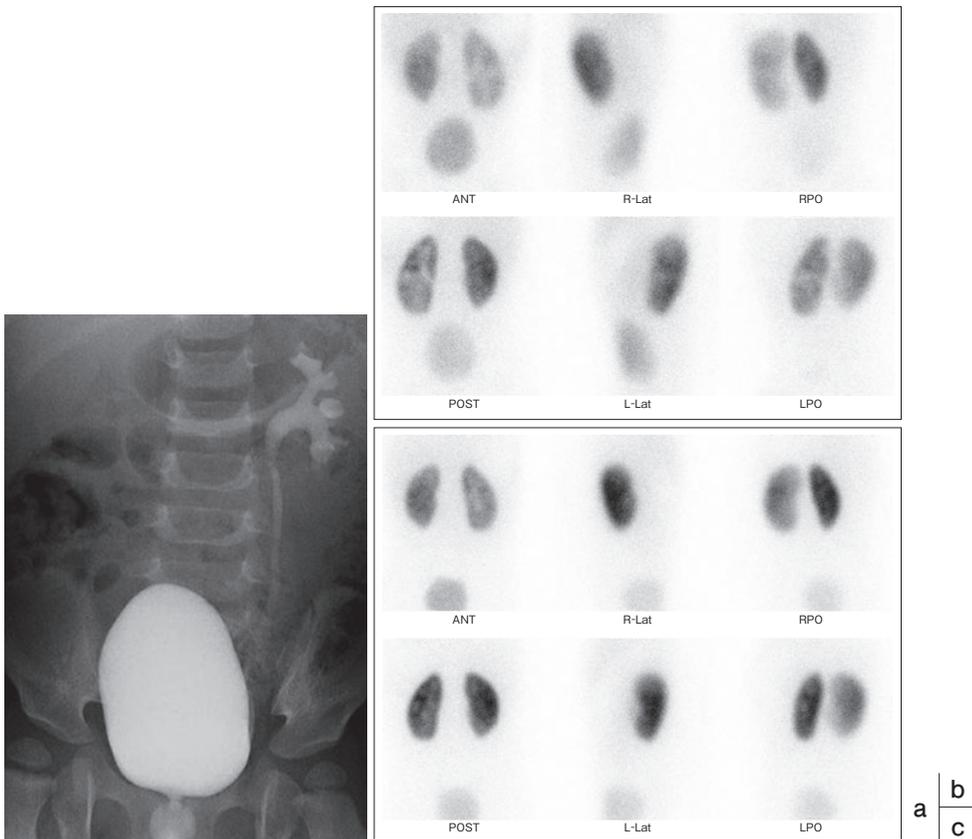


Fig.5 Acute pyelonephritis in a boy 1 year of age.

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。

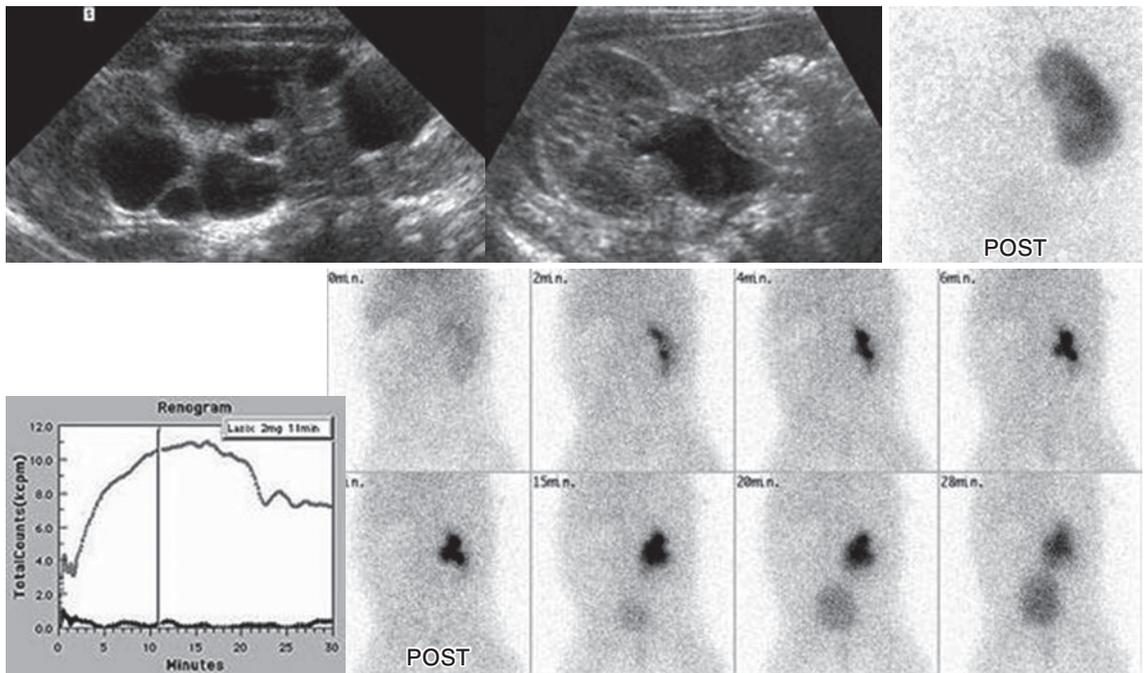


Fig.6 Multicystic dysplastic kidney in a girl 3 weeks of age. Ultrasonography shows multiple cysts in left upper abdomen without detectable normal left kidney and hydronephrosis on the right side.

a | b
c

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.