— 原 著 —

超音波断層法による小児の上部尿管系 狭窄に関する研究

利尿剤を用いた水分負荷状態における腎盂の経時的変化,
その評価と臨床的意義

幡谷 直樹

日本医科大学小児科学教室 (主任: 植田 穰教授)

A sonographic evaluation of upper urinary tract obstruction in children

Chronological changes as renal pelvis induced by the water load stress
test with diuretics administration, its assessment or evaluation
and clinical significance

Naoki Hataya

Department of Pediatrics, Nippon Medical School

One hundred and thirty-seven unilateral kidneys of 70 children (ranging from 6 months to 15 years old) were examined sonographically with a water load stress test with diuretics administration. The renal regions were scanned longitudinally and transversely. The maximum AP (antero-posterior) diameter of the renal pelvis with transverse views of the kidney was recorded. Scanning studies were performed three times in each child as follows, the first scan was done 30 minutes after oral water load, the second scan, about 30 minutes after oral administration of diuretics (furosemide 0.5 mg/kg). After the second scan children were forced into urination. The third scan was performed about 10 minutes after urination. The variations of the AP diameter of the renal pelvis in three different conditions were observed. Nineteen unilateral kidneys of 18 children whose diagnosis of upper urinary tract obstruction was made by intravenous urograms (IVUs), renograms with diuretics and clinical course had a positive response to a simple water load and a water load with diuretics. The increasing rate of the renal pelvic AP diameter of 19 renal units after diuretics administration ranged from 21% to 114% (mean 58%) and was significantly high compared with non-obstructive renal units. Of 19, renal pelvic AP diameter of 6 renal units in which the increasing rate was less than 50% exceeded 20 mm after administration of diuretics, despite the relatively low increasing rate. The renal pelvic AP diameter of those obstructive renal units remained unchanged or increased after urination. The renal pelvic AP diameter of 69 normal renal units in IVUs did not exceed 10 mm after a water load without diuretics and of 69, those of 3 renal units exceeded 10 mm after a water load with diuretics.

Sonographic evaluation of upper urinary tract obstruction using a water load stress test with diuretics administration was as follows: the renal unit filled with the following 1) or 2) conditions may be upper urinary tract obstruction (sensitivity 95%, specificity 98%, accuracy 97%).

1) The AP diameter of the renal pelvis should exceed 10 mm after hydration without diuretics and simultaneously the increasing rate of the renal pelvic AP diameter should be more than 50%; there should be no decreasing of AP diameter after urination.

2) The renal pelvic AP diameter should exceed 10 mm after a simple water load, if the

increasing rate of the renal pelvic AP diameter is less than 50%, the AP diameter should exceed 20 mm after hydration with diuretics and there should be no decreasing of AP diameter after urination.

The renal sonography in a water load with diuretics is an indispensable functional screening test to examine patients who are suspected of suffering from obstructive uropathy and are placed on the post-operative follow-up study. This method proved to be one of the most versatile techniques for patients who undergo frequent invasive techniques in the course of a clinical follow-up as this technique remains non-invasive and causes fewer clinical symptoms.

Key words : upper urinary tract obstruction, a water load, the renal pelvic AP diameter, the increasing rate of the renal pelvis, non-invasive

緒 言

上部尿路閉塞の診断には、従来の intravenous urography (以下 IVU と略す), retrograde pyelography (以下 RP と略す), レノグラムに加え最近では利尿尿路像影¹⁻⁵⁾, 利尿レノグラム⁶⁻¹⁶⁾, ^{99m}Tc-DTPA ガンマカメラコンピューターレノグラム¹⁷⁻²²⁾, pressure/flow study²³⁻³¹⁾ が施行されるようになってきた。それぞれが尿路閉塞の診断に有用な方法である。特に pressure/flow study は、経皮的腎盂穿刺下に一定流量で上部尿路を灌流し直接腎盂内圧を測定する検査法で、正確で非常に優れた方法といえる。しかし、安全ではあるが侵襲は大きく、小児に容易に繰り返し施行可能な検査とは言い難い^{28,32)}。一方、non-invasive な超音波検査 (B モードすなわち断層エコー) では、水腎症を正確に、しかも高率に診断しうるといわれている^{33,34)}。また閉塞性尿路疾患に関しては、いずれの報告でも false positive rate はやや高いが false negative rate は一様に低く^{35,36)}、スクリーニングテストとしての有用性が強調されている^{36,37)}。しかし、これまでの報告では、超音波検査による閉塞性尿路疾患の診断は、すべて腎盂腎杯の形態のみにてなされており、水分負荷および利尿剤を用いた強制利尿下における観察についての報告は現在までのところ見当たらない。また、いずれの報告においても、腎盂形成術、尿路再建術等の術後例は含まれていない。

超音波検査の第一の利点は、non-invasive であり容易に検査を施行できることにある。少なくともスクリーニングとして扱う場合の意義は、より正確な放射線検査の実施をさらに厳密に選択することであり、必要以上の放射線検査の反復は避けるべきである。小児領域では特に考慮すべき点であるが、腎盂形成術、尿路再建術施行例では、術後の経過観察上頻回の放射線検査を受ける可能性がある。このような症例においては、

特に術後の経過の多くを超音波検査を用いて観察できることが望ましい。しかし腎盂腎杯の形態変化を静的にとらえた従来の方法では、一方的に false positive rate が増し、specificity が低下することは明白である。

著者は尿路閉塞を疑われた症例、腎盂形成術後例、尿路再建術後例を中心に、経口の水分負荷および経口的利尿剤投与による水分負荷状態において、腎尿路系の超音波検査 (B モード) を施行し、特に腎横断面における腎盂前後径を記録した。その際、水分負荷、利尿剤投与、排尿という操作を加えることにより、従来の腎の超音波検査では静的形態でしかとらえられなかった腎盂腎杯、特に腎盂を動的形態の変化として経時的に観察することで、この超音波検査をより機能的なものとして信頼度の高い検査法となるよう努めた。そして、水分負荷および利尿剤を用いた強制利尿下における腎の超音波検査、すなわち diuresis renal sonography の結果とほかの放射線検査で得られた結果とを比較検討し、本法が上部尿路閉塞診断のスクリーニングテストとして有用か否かを検討した。

研究対象および方法

(1) 対象

1981 年 12 月より 1984 年 1 月までの約 2 年間、西ドイツ連邦共和国ケルン市立小児病院 (Stadt Koeln Kinderkrankenhaus) 放射線科に外来通院または入院中の 70 名の患児を対象とした。対象基準および対象とした症例の最終診断名を Table 1 に示す。被検対象 70 名の年齢は 6 ヶ月～15 歳 (平均 5.8 歳)、男 42 名、女 28 名である。被検対象 70 名の受診時主訴を Table 2 に示す。受診時すでにそのほかの放射線検査により診断が確立していた例も多く、Table 2 の分類となった。2 名においては超音波検査時に左右の renal unit に別々の診断がなされていた。

対象の 137 の renal units の現症を Table 3 に

Table 1 Urologic conditions studied by diuretic renal sonography and final diagnosis of each renal unit

	No. of renal unit
1. Pelviureteric junction obstruction	9
2. Vesicoureteric junction obstruction	9
3. Megaureter	
4. Ectopic ureterocele	
5. Duplication of the kidney	1
6. Hydronephrosis	50
New cases	
Previous pyeloplasty	
Reflux-induced hydronephrosis	
7. Intermittent hydronephrosis	1
8. Posterior urethral valve	
9. Prune-belly syndrome	
10. Post operative cases	
11. Retroperitoneal fibrosis	
12. Various ureteral obstruction (stones, sloughed papilla and so forth)	
13. Pelvic kidney	1
14. Loin pain/flank pain	
15. Recurrent hematuria	
16. Recurrent urinary tract obstruction	
17. Vesico-ureteric reflux	
18. Calyceal and/or pelvic dilatation	
19. Dysmorphic kidney	
20. Others	66
Total	137

Table 2 Presenting complaints of each patient

	No. of cases
Post operative cases	44
Previous pyeloplasty	12
Ureteral reimplantation	30
Urinary diversion	2
Duplication of the kidney	1
Single kidney	3
Recurrent urinary tract infection	9
Loin pain/flank pain	8
Neuropathic bladder	2
Intermittent obstruction	1
Recurrent hematuria	1
Enuresis	2
Atrophy of the kidney	1
Total	72

(Two patients had different complaints of each renal unit.)

Table 3 Presenting complaints of each renal unit

	No. of cases
Post operative cases	54
Previous pyeloplasty	13
Ureteral reimplantation	37
Urinary diversion	4
Neuropathic bladder	4
Intermittent obstruction	1
Duplication of the kidney	1
Miscellaneous renal units	
Contralateral units of	
Previous pyeloplasty	10
Ureteral reimplantation	18
Duplication of the kidney	1
Loin pain/flank pain	13
Urinary tract infection	15
Single kidney	3
Enuresis	4
Recurrent hematuria	2
Atrophy of the kidney	1
Total	137

示した。また利尿剤を使用しての超音波検査施行にあたり、事前に家族の承諾を得た。

(2) 方法

超音波断層機種は Siemens 社 RA-1-scanner (real time), 3.5 MHz および 5 MHz (セクターおよびリニアスキャン) を使用した。

超音波検査の際、患児を仰臥位または腹臥位とし、腹側ないしは背側よりトランスデューサーをあて、腎画像を描出した。乳幼児では腹側からのアプローチで比較的良好な画像が得られたが、学童以上では背側からのほうがより鮮明な画像を描出できることが多く、撮影条件の良否により腹側または背側のいずれかを選択し、以後同一部位で検査を続行した。

腎の縦断面は、腎中央部すなわち central echo complex (以下 CEC と略す) 部を腎長軸に対し平行になるよう腎長軸最大値を抽出し、長軸中点における腎盂

Fig. 1 Antero-Posterior (AP) diameter of the renal pelvis

Fig. 2 Diuresis renal sonography

Table 4 A classification of the pelvic-calyceal system in excretory urography

	Calix	Pelvis	Hydronephrosis
a	Normal	Normal	(-)
b	Blunt	Dilatation	Mild
c	Clubbed	Marked dilatation	Moderate
d	Sac-like collecting system with severe loss of renal parenchyma		Severe

前後径を測定したが、最大値抽出が困難なこともあり測定可能なものに限りその値を記録した (Fig. 1)。

腎横断面は長軸中点において長軸にほぼ垂直に抽出し、同部位における腎盂前後径最大値を測定した。超音波検査における腎盂前後径とは、腎横断面画像においての腎盂に面した腎実質の最内則を結ぶ直線であり、その直線距離を腎盂前後径として記録した (Fig. 1)。また検査の際、腎実質の状態、腎周囲組織、膀胱および膀胱周囲部をも観察した。

超音波検査当日は、朝食を禁じ水分摂取のみとした。検査の約 30 分前に水分負荷として経口的に水分を摂取させた。摂取量は乳児 150 ml 以上、幼児 250 ml 以上、学童以上は 400~500 ml 以上を原則とした。水分の種類に関しては、小児の検査への不安、心理的影響を避けるため、特に厳格な基準は設けず、飲料水、清涼飲料水、果汁等、また乳児ではミルク等とした。

超音波検査は以下のごとく各 renal unit について経時的に 3 回施行した (Fig. 2)。

(i) 第 1 回目の検査は、水分負荷後約 30 分の時点で施行した。水分摂取後から検査開始までの間、排尿を禁じた。

(ii) 第 2 回目の検査は、第 1 回目の検査

終了後、直ちに利尿剤 (furosemide 0.5 mg/kg) を経口投与し、投与後約 30 分の時点で施行した。原則として第 2 回目の検査は、膀胱の充満状態を確認した後施行しており、膀胱充満状態により検査施行時間は前後した。ただし尿路変更術後例では、利尿剤投与後約 30 分で施行した。また第 2 回目の検査終了まで排尿を禁じた。

(iii) 第 3 回目の検査は、第 2 回目の検査終了後直ちに排尿させ、排尿後約 10 分の時点にて施行した。

以上のように、超音波検査は原則的に各 renal unit につき 3 回とした。各回に腎盂前後径を最低 3 回測定し、その平均値を採用した。また腎杯の観察も同時に施行したが、定量的にはとらえ難く参考所見とするにとどめた。

IVU は従来よりの方法に従い施行した⁸⁹⁾。また閉塞性尿路疾患を疑われた症例に対しては、furosemide 0.5 mg/kg を静脈内に投与し、wash out (強制利尿に

Fig. 3 Responses to diuretic renography

- I : Normal—the renogram curve is normal both before and after diuretic.
- II : Obstruction—the renogram demonstrates retained activity and is unaffected by the injection of diuretic. This indicates obstruction.
- IIIa : Dilatation—the renogram indicates retained activity which is excreted promptly in response to diuretic injection. This pattern is seen in patients with non-obstructed dilatation.
- IIIb : Partial response—some diminution in activity is seen following diuretic injection. This response may be seen in patients with chronic renal disease where the response to diuretic may be blunted or in patients with distal obstruction. Distal obstruction may result in accumulation of activity outside the field of view of the probe following diuretic. (From O'Reilly et al.)

よる排泄) 効果の有無を確認した^{2,3)}. IVU の評価は超音波検査の結果と対照させるため、腎盂腎杯の状態を便宜上 **Table 4** のように分類した。

レノグラムは、¹³¹I-Hippuran (¹³¹I-orthoiodohippurate 0.3~0.5 μ ci/kg), ^{99m}Tc-DTPA (^{99m}Tc-diethylenetriamine pentaacetic acid 0.2 mci/kg) を使用し従来のレノグラムを施行した³⁹⁾. 閉塞性尿路疾患を疑われた症例では、水分負荷レノグラムを施行し^{40,41)}, ¹³¹I-Hippuran あるいは ^{99m}Tc-DTPA 投与直後より 15 分の時点で furosemide 0.5 mg/kg を静注し、閉塞性尿路疾患の存在の有無を評価した。レノグラムの評価は、O'Reilly ら^{40,42)}の利尿レノグラムの分類に従い 4 型に分けた (**Fig. 3**)。分類は 4 人の熟練した小児放射線科医によって行われ、Diuresis Excretion Index⁴⁰⁾ は参考値とした。Scharf らの報告³²⁾に従い各群の説明を付記した。排泄性膀胱造影 (mictioncystourography, 以下 MCU と略す) にて膀胱尿管逆流現象 (vesicoureteral reflux, 以下 VUR と略す) が認められた症例では Koff らの報告¹³⁾のごとく膀胱内にカテーテルを留置しレノグラムを施行した。

MCU は Ebel らの方法⁴³⁾に従い施行した。VUR の grade は International Reflux Study Committee の分類⁴⁴⁾に従った。

結 果

対象 70 人の 137 の renal units に対し、水分負荷および利尿剤を用いての強制利尿下における腎の超音波検査を施行し、腎横断面における腎盂前後径の経時的变化を観察し記録した。

利尿剤投与前の水分負荷状態において、**Table 5** のように腎盂前後径値が 0~4 mm を A 群、5 mm 以上を B 群と 2 群に分類した。A 群は、利尿剤投与後および排尿後での腎盂前後径値の変化により、さらに A1~A3 に分類された。B 群は利尿剤投与後の腎盂前後径値にばらつきが多く、その増加程度により、不変、1~4 mm 増加、5 mm 以上増加のように分類し、さらに排尿後での変化を加え、B1~B5 に分類した。この分類では後述する腎盂前後径増加率は考慮されていない。

超音波検査で分類された各群の結果は次のとおりで

Table 5 A classification of antero-posterior (AP) diameter of the renal pelvis

Group A				
	30 min after hydration	30 min after hydration with diuretics	After urination	No. of cases
A1	0~4 mm	Unchanged	Unchanged	70
A2		Increased	Decreased	12
A3			Unchanged	5
Total				87

Group B				
	30 min after hydration	30 min after hydration with diuretics	After urination	No. of cases
B 1	>5 mm	Unchanged	Unchanged	4
B 2		Increased less than 5 mm	Decreased	8
B 3			Unchanged	9
B 4		Increased more than 5 mm	Decreased	8
B 5			Unchanged or increased	21
Total				50

ある。

1. 尿路閉塞との相関

A1: 水分負荷, 利尿剤投与, 排尿という操作にもかかわらず、腎盂前後径の動きはほとんど認められず、いずれも腎盂前後径値が 4mm 以下であった群である。70 renal units (51%) がこれに属した。この群に属したすべての renal units は、ほかの放射線検査で尿路閉塞を認めなかった。

A2: 利尿剤投与後の腎盂前後径値が投与前のそれに比し増加し、測定値で 5 mm 以上を呈し、排尿後の腎盂前後径が排尿前のそれに比し減少した群である。12 renal units がこれに属した。この群も同様に尿路閉塞を認めなかった。腎盂前後径の経時的变化を **Fig. 4** に示した。1 unit のみ排尿後 30 分での値を記録したが、この時点での値は利尿剤投与前のそれに復した。2 renal units において、それぞれの検査時点での腎盂前後径値が、0-10-0 mm と特徴的変動を呈した。両者とも尿路再建術後例であるが、MCU にて VUR は認めなかった。

A3: 利尿剤投与前の腎盂前後径に対し、投与後では A2 群と同様に増加を呈し、測定値は 5 mm 以上であり、排尿後での腎盂前後径は、排尿前のそれと同値

を呈した群である。5 renal units が属した。腎盂前後径の経時的变化を Fig. 5 に示した。この群も同様に尿路閉塞は認めなかった。

B1: 利尿剤投与前の腎盂前後径値は 5 mm 以上であり、利尿剤投与後、排尿後においても腎盂の動きは認められず、常に同値を呈した群である (Fig. 6)。1

Fig. 4 Changes of renal pelvic AP diameter

Fig. 5 Changes of renal pelvic AP diameter

renal unit に IVU 上、および超音波検査上 extrarenal renal pelvis を認めた。4 renal units がこれに属したが、同様に尿路閉塞は認めなかった。

B2: 利尿剤投与後の腎盂前後径が、投与前のそれに対し 1~4 mm 増加し、排尿後においては排尿前

Fig. 6 Changes of renal pelvic AP diameter

Fig. 7 Changes of renal pelvic AP diameter

の腎盂前後径に比し減少した群である。8 renal units がこれに属した。それぞれの腎盂前後径の経時的変化を Fig. 7 に示した。利尿剤投与後の腎盂前後径増加率は平均 38% (14~80%) を呈した。1 renal unit で

Fig. 8 Changes of renal pelvic AP diameter

Fig. 9 Changes of renal pelvic AP diameter

排尿後における値が、利尿剤投与前のそれに比し減少する現象を認めた。この群も同様に閉塞を認めなかった。

B3: 利尿剤投与後の腎盂前後径が、投与前のそれに対し 1~4 mm 増加し、排尿後においては腎盂前後径は不変だった群である (Fig. 8)。9 renal units がこれに属した。利尿剤投与後の腎盂前後径増加率は平均 18.5% (4~40%) であった。この群も同様に尿路閉塞を認めなかった。

B4: 利尿剤投与後の腎盂前後径が、投与前のそれに対し 5 mm 以上増加し、排尿後においては排尿前の腎盂前後径に比し減少した群である (Fig. 9)。8 renal units がこれに属した。利尿剤投与後の腎盂前後径増

Fig. 10 Changes of renal pelvic AP diameter

Table 6 Presenting complaints of obstructed renal units

Loin pain	5
Reccurent UTI	1
Single kidney	2
Intermittent obstruction	1
Post operative cases	10
Previous pyeloplasty	1
Ureteral reimplantation	8
Urinary diversion	1
Total	19

Fig. 11 Non-obstructed renal units
(AP diameter of the renal pelvis
exceeded 10 mm after hydration)

加率は平均 98% (32~288%) であった。4 renal units は排尿後の腎盂前後径値が利尿剤投与前のそれに比し低値を示した。この群も同様に尿路閉塞を認めなかった。

B5: 利尿剤投与後の腎盂前後径値が、利尿剤投与前のそれに比し 5 mm 以上の増加を示し、排尿後の腎盂前後径が排尿前のそれに比し不変あるいは増加を示した群である。21 renal units がこれに属した (Fig. 10)。このうち 2 renal units は非閉塞であったが、19 renal units は、ほかの放射線検査、臨床経過および手術所見により上部尿路閉塞の診断がなされた。上部尿路閉塞の内訳は、腎盂尿管移行部狭窄 10 例、膀胱尿管移行部狭窄 9 例であった。各閉塞 renal unit の現症を Table 6 に示した。19 の閉塞 renal units の利尿剤投与前の腎盂前後径値は平均 13.9 mm で、18 renal units が 10 mm 以上を呈した。利尿剤投与後では平均 21.4 mm と、ほかの群に比し高値を示した。これらの閉塞 renal units の利尿剤投与後の腎盂前後径増加率は平均 58% (21~114%) であった。また腎盂前後径増加率 50% 未満の 6 renal units は、利尿剤投与後の腎盂前後径がすべて 20 mm 以上と高値を示した。閉塞 renal units のうち腎盂尿管移行部狭窄と膀胱尿管移行部狭窄との間において、利尿剤投与前

Fig. 12 Increased ratio of the renal unit after
hydration with diuretics
(Obstructive renal units compared with
(non-obstructed renal units of which
AP diameter exceeded 10 mm after
hydration

そして投与後の腎盂前後径平均値、利尿剤投与後の腎盂前後径増加率の平均値では、統計学的に有意差を認めなかった。

非閉塞 renal units において、利尿剤投与前の腎盂前後径値が 10 mm 以上を呈した 11 renal units の腎盂前後径の動きを Fig. 11 に示した。破線の 4 renal units は、排尿後の腎盂前後径が排尿前のそれに比し減少した例である。この 11 renal units のうち 10 renal units は、腎盂形成術、尿路再建術後例であった。これらの非閉塞 renal units と閉塞 renal units との利尿剤投与後の腎盂前後径の変化を Fig. 12 に示した。すなわち閉塞 renal units の腎盂前後径増加率の平均 58% に対し、非閉塞の 11 renal units のそれでは 34% と有意に低く ($p < 0.05$)、また破線の 4 renal units、すなわち排尿後の腎盂前後径が排尿前のそれに比し減少した renal units を除くと、腎盂前後径増加率は 15% とさらに有意に低かった ($p < 0.01$)。

2. IVU 所見との相関について

IVU において腎盂腎杯の形態に特に異常を認めず、排泄遅延も認めなかった 69 renal units の腎盂前後径の変化を Fig. 13 に示した。全例において利尿剤投

Fig. 13 69 normal renal units
(AP diameter of 53 renal units
did not exceed 5 mm in any condition)

Fig. 14 Sonographic distribution of normal IVU findings (Group a : 69 renal units)

与前の腎盂前後径値は 10 mm 未満であった。利尿剤投与後において 10 mm 以上を呈したものは 3 renal units (4.4%) であった。53 renal units (77%) は超

Fig. 15 Sonographic distribution of IVU
(Group b : 51 renal units)

Fig. 16 Sonographic distribution of IVU
(Group c : 17 renal units)

音波検査上、それぞれの時点での腎盂前後径値が 4 mm 以下であった。IVU で正常の 69 renal units の超音波検査上での分布を Fig. 14 に示した。これらにより、IVU における正常 renal units の超音波検査での腎盂前後径値は、強制利尿下においてもほぼ 10 mm 未満と考えられ、大部分は A 群に属すると考えられる。

IVU にて b に属した 51 renal units の超音波検査上での分布を Fig. 15 に示した。A 群 (53%)、B 群 (47%) とほぼ均等に分布した。mild hydronephrosis にもかかわらず 33% は A1 に分布し、IVU 上での腎盂の拡張変化が、超音波検査では腎盂前後径のわずかな変化としてしか認められなかった。

IVU にて c に属した 17 renal units の超音波検査での分布を Fig. 16 に示した。すべて B 群に属しており、しかも B5 を中心に分布し、IVU 上での著明な腎盂の拡張変化は超音波検査上も十分に認められた。

3. レノグラム所見との相関

レノグラムで種々の反応パターンを示した renal units の超音波検査での分布を Fig. 17, 18 に示した。response I は 86% が A 群に、response IIIa は 82% が B 群に、response II を呈した 19 renal units は、すべて B5 に属し、レノグラムの反応と超音波検査での結果とが良く一致した。なお response IIIb を呈した renal unit は 1 例も認めなかった。

Fig. 17 Sonographic distribution of diuretic renogram (response I)

Fig. 18 Sonographic distribution of diuretic renogram (response IIIa)

4. VUR, そのほかとの相関

MCU で VUR を認めた 16 renal units の grade 別分類と超音波検査での分布状況を Table 7 に示した。VUR の grade と超音波検査上の腎盂動態とに一定の傾向は認めなかった。

超音波検査での各グループと年齢との関係を Table 8 に示した。平均年齢において各グループ間に有意差を認めなかった。

なお、利尿剤投与における一連の超音波検査施行中、furosemide 経口投与による副作用はいずれにおいても特に認められなかった。

Table 7 Sonographic distribution of renal units with VUR in MCU

Group	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5
I°	0	0	0	0	1	0	0	0
II°	5	0	0	1	1	0	0	0
III°	1	2	0	0	0	0	0	0
IV°	3	0	1	0	0	0	0	1
V°	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 8 Relation between age and AP diameter of the renal pelvis in sonography

Group	No. of renal units (patients)	Age	Group	No. of renal units (patients)	Age
A1	70 (52)	5.9	B1	4 (4)	4.6
A2	12 (9)	6.7	B2	8 (6)	4.8
A3	5 (4)	5.7	B3	9 (9)	4.3
			B4	8 (6)	5.5
			B5	21 (20)	6.9

考 察

水腎症は腎盂腎杯系の上部尿路拡張変化とされるが、日常の検査上 IVU で確認されることが多い。これらの上部尿路の拡張変化は、尿路閉塞および狭窄等の尿路通過障害に伴う二次的变化として生ずる場合と、機能的通過障害を認めない特発性のもの²⁴⁾、VUR などにより生じた場合⁴⁵⁻⁴⁷⁾などが考えられる。一方、近年の超音波断層法の機能向上により水腎症に対する詳細な情報が得られるようになり、その診断は非常に精度が高く^{38, 48, 49)}、ほぼ 100% に近い診断率の報告がなされている^{33, 34)}。

腎の超音波検査において、中心部すなわち CEC は腎盂、腎血管、リンパ管、線維組織、脂肪組織より構成されており^{37, 50, 51)}、通常は echo density の高い中心像として認められる。そして CEC に対する超音波検査は、①水腎症、② IVU での陰影欠損、③ renal sinus disease の解明を中心に施行される³⁷⁾。また CEC は水分制限時には通常 echogenic であるが、水分摂取後では腎盂部による多少の anechogenic space (無エコー帯) ができ、水分制限時にはほとんど認められなかった腎盂腎杯が観察できる。このような現象は、日常における腎の超音波検査施行中にしばしば経験することである^{52, 53)}。それゆえ、今回のように、水腎症および尿路閉塞を疑った症例において CEC を中心とした腎の超音波検査を施行するにあたり、水分負荷状態を条件としたことはより有意義であり、さらには必須条件とも考えられる。

今回対象とした 137 renal units で、IVU 正常の 69 renal units のうち 53 units (77%) は、いずれの検査時点でも腎盂前後径が 4 mm 以下であり、全例において利尿剤投与前の腎盂前後径が 10 mm 未満であった。また利尿剤投与後において 10 mm 以上を呈したものは 3 renal units (4%) にとどまった。これらの結果により、小児における正常腎の水分制限時および水分摂取時の腎盂前後径値は、おおそ 10 mm 以内ということが出来る。この結果は、Hasch⁵³⁾ や Metreweli ら⁵²⁾の報告とほぼ一致している。

A2 (Fig. 4), B2 (Fig. 7), B4 (Fig. 9) に属した renal unit では、利尿剤投与後の腎盂前後径が最大値を示し、排尿後においてその値が減少した。これらの非閉塞 renal units で排尿後に腎盂前後径が減少する現象は次のように解釈される。

i) 膀胱尿管逆流現象が存在する場合、膀胱充満状

態で VUR が生じ、特に grade III° 以上では腎盂腎杯の拡張を認め、排尿後多少の時間経過をみると腎盂腎杯に逆流していた尿が排泄され、腎盂腎杯の拡張が再び解除される場合である。

ii) 尿管膀胱移行部狭窄、そのほかの原因で長期の間に尿管の異常拡張、過伸展状態が続き、平滑筋線維の病的変化⁵⁴⁾を引き起こされた症例では、尿管の機能も低下し蠕動も十分でなくなり、外科的処置を施行された後も充満状態の膀胱内圧を上回る圧の urine bolus を膀胱に送り込むことができず⁵⁵⁻⁵⁷⁾、さらに充満した膀胱により尿管が圧迫され、変形、伸展を受けることにより一時的に尿路閉塞の状態となり、MCU で VUR が無いにもかかわらず、IVU 上で上部尿路の異常拡張を認め、排尿後の膀胱空虚状態では速やかに造影剤の排泄を認め、上部尿路系の拡張も著明に減少し明らかな器質的閉塞を認めない現象 (bladder phenomenon¹⁾) が存在する場合。

iii) 乳幼児では解剖学的異常が無いにもかかわらず、膀胱充満状態ではしばしば水腎症様の画像が得られる場合があり、このような現象が存在した場合^{25, 29)}。

iv) ii) と同様に腎盂形成術などの外科的処置を施行されている症例では、術前において上部尿路の不可逆的とも考えられる形態学的変化^{25, 41, 58)}をきたしている場合も多く、術後もある程度その拡張が残り⁵⁹⁾、通常の利尿状態では形態異常があってもほぼ正常に近いと考えられる尿の輸送を行っているが⁶⁰⁾、強度の利尿が得られている状態では上部尿路内の極度の尿量増加により、比較的容易に腎盂腎杯の拡張を認める場合^{1, 41)}などが考えられる。

今回の結果でも、利尿剤投与前の腎盂前後径が 10 mm 以上を呈した 11 renal units のうち 10 units は腎盂形成術、尿路再建術施行例であり、閉塞が無いにもかかわらず腎盂前後径の絶対値が大きく、術後においても強制利尿下では上部尿路の拡張変化が残っていることが超音波検査上も十分観察された。しかしこれらの非閉塞 renal units では、利尿剤投与後の腎盂前後径増加率が低い (Fig. 12)。排尿後に腎盂前後径の減少を認めており、超音波検査上も排泄が良好なことが示唆された。このような術後 follow-up 例は、腎盂腎杯の拡張変形を尿路閉塞として診断した従来の超音波検査法では明らかに false positive として扱われた例であろうが、今回の水分負荷、利尿剤を用いた強制利尿、そして排尿という条件下での変化の観察により、その false positive rate を下げることができた。

B5に属した19の閉塞 renal units のうち18 units (95%)が、利尿剤投与前の腎盂前後径値において10 mm以上を呈したが、Metreweliら⁵²⁾は、水分摂取時の腎盂前後径値が10 mm以上で腎杯の拡張を伴ったものを超音波検査上、腎盂尿管移行部狭窄 (ureteropelvic junction obstruction, 以下 UPJO と略す)と診断すると、false positive 38%, false negative 1%であったと報告している。今回、閉塞 renal units の利尿剤投与後での腎盂前後径増加率は平均 58% であったが、利尿剤投与前の腎盂前後径値が10 mm以上を呈した11例の非閉塞 renal units では、腎盂前後径増加率の平均は34%であり、このうち排尿後に腎盂前後径が減少したものを除くと平均15%となり、閉塞、非閉塞 renal units 間に明らかな有意差を認めた。Whitfieldら²⁾はfurosemide IVU (以下 FIVU と略す)を施行し、Wardら⁶¹⁾の方法を用いてIVU上でrenal pelvis sizeを測定し、同一症例において従来のIVUに対し、FIVUでのrenal pelvis sizeの増加率を求めた。UPJOの診断を受け外科的処置を施行された26 casesの術前におけるFIVU下でのrenal pelvis sizeの増加率は平均51%であったと述べている。この値は今回の閉塞 renal units の腎盂前後径増加率とほぼ近似している。しかし高度水腎症例では腎盂腎杯が重なり合い、FIVUにおけるrenal pelvis sizeの測定が不可能になることが度々あるとも述べている⁴⁾。この点を考慮すると超音波検査上の腎盂前後径の測定はより有効な手段と考えられる。

今回の結果により、上部尿路閉塞および非閉塞の超音波検査上での境界を求めるため、利尿剤投与前、投与後での腎盂前後径値、利尿剤投与後の腎盂前後径増加率、排尿後における腎盂前後径の動きという四つのパラメーターを用い、超音波検査における上部尿路閉塞のおおよその基準を次のように設定した。

(i) 利尿剤投与前の水分負荷状態下での腎盂前後径値が10 mm以上。

(ii) 利尿剤投与後の腎盂前後径増加率が50%以上、あるいは50%未満のものでは利尿剤投与後の腎盂前後径測定値が20 mm以上のもの。

(iii) 排尿後の腎盂前後径が排尿前のそれに比較して不変または増加を示すもの。

以上の(i), (ii), (iii)の条件をすべて満たすものを上部尿路閉塞の診断の基準とすると、sensitivity 95%, specificity 98%, accuracy (陽性検査の予測的有効性) 97%と著しく診断成績の高い結果が得られた。これら

は、従来の方法による尿路閉塞の診断成績と比較しても良好な結果であり、diuresis renal sonographyは上部尿路閉塞のスクリーニング検査法として、より有用であり最適と考えられる。

水腎症において尿路閉塞の有無は特に重要な問題である。上部尿路閉塞の診断には従来の方法に加え、FIVU, 利尿レノグラム, pressure/flow study が施行されるようになり、従来の検査でのequivocalな例および閉塞と診断された例をより正確に診断できるようになった。超音波検査による閉塞性尿路疾患の診断も諸家の報告にあるようにsensitivityが非常に高く³⁹⁾、その有用性は高く評価されている。Ellenbogenら³⁹⁾は閉塞性尿路疾患の診断において、false positive 26%, false negative 2%と報告し、またSandersらは、false negative 0%であったと述べている^{33,34)}。Malaveら⁴⁰⁾は従来のレノグラムと超音波検査とで閉塞性尿路疾患の診断を比較検討したが、超音波検査ではaccuracy 97%と述べており、特に腎の慢性疾患が存在する場合にはレノグラムのほうがsensitivityが低いと報告している。これまでの報告では超音波検査による閉塞性尿路疾患の診断は、false positive 8~26%^{33,39,51)}であるが、false negative rateはいずれの報告でも非常に低く^{33,62)}、スクリーニングとしては極めて優れていると考えられている。しかし、これまでの報告では拡張変形した腎盂腎杯を静的形態としてとらえ、例えば腎長軸面において、卵円型、8字型を呈した腎盂により水腎症を診断し、同時に閉塞を診断しており⁶³⁻⁶⁵⁾、今回著者が対象の一部とした腎盂形成術後例、あるいは尿路再建術後例等の術後 follow-up 例を含んでいない。このような症例では閉塞が解除された術後においても、腎盂腎杯の拡張変形が術前同様にある程度残存している可能性があり、術後の比較的短期のうちに超音波検査を実施した場合、従来通りの診断基準に従えば閉塞と診断されうるものであり、false positiveは増加し、specificityは明らかに低下してしまう。著者の行ったdiuresis renal sonographyは、腎盂を動的形態としてとらえることで有意のパラメーターが得られfalse positiveをさらに低下させることができ、術後例でも閉塞の有無をかなりの確に診断できる。実際に、術後 follow-up の患児は、その経過観察上頻回の放射線検査を受ける傾向にあり、むしろこれらの症例においてこそ non-invasive な超音波検査が有効で、よりsensitivityが高くあるべきと考えられる。

今回の diuresis renal sonography による上部尿路閉塞の診断に際して、年齢の問題は残るが、尿路閉塞が年齢とは無関係に様々な程度に存在するため、考慮すべき要素ではあるものの年齢や身長、体重別に閉塞、非閉塞の境界値を求めることは困難であり、今回はそれらを一括して扱った。また、閉塞性水腎症では約 90% に腎実質への障害をきたすといわれ⁶⁰⁾、腎機能障害の程度により利尿剤投与にもかかわらず十分な尿量増加が得られない場合は、超音波検査上、腎盂腎杯の拡張変化を観察しえない可能性もある。今回の研究では非侵襲的であることを強調し経口的に利尿剤を投与したが、このことにより、個々における尿流量に差異はあるものの^{67, 68)}、尿流量を最大にすることで値のばらつきは減少し、より有効で信頼のおける検査法とすることができた。なお、利尿剤の投与量および吸収については、今後一層検討を加えてゆく所存である。

一方、超音波検査上、水腎症と鑑別を要する疾患⁵¹⁾の存在も見逃せない。false positive の代表例として VUR, extrarenal renal pelvis, renal sinus lipomatosis, peri-pelvic cyst 等がある。また、false negative の代表例としては Staghorn calculus, retro-peritoneal fibrosis, intermittent hydronephrosis^{29, 69-71)}などがある。これらのうち VUR については、排尿という操作を加えた今回の方法により鑑別は可能と考えられる。そのほかの疾患に対しては、ほかの放射線検査所見を十分考慮し検討する必要がある。

超音波検査は腎機能に関係なく施行できる検査法であり^{34, 50, 64)}、腎不全の症例における尿路閉塞の診断にも有効な手段である^{37, 72)}。今回の diuresis renal sonography は、尿路閉塞の疑われる症例や尿路再建術後症例の尿路通過動態を把握する上で有用な情報を提供し、小児にも非侵襲的に容易に施行しうる臨床検査法の一つであり、まず第一に選択すべき検査法であるといえる。しかし、上部尿路閉塞そのものが all or nothing ではなく a graded phenomenon²⁾ であるため、優れた検査法であるが、ほかの放射線検査同様に絶対的なものでは決してない。外科的処置を必要とした例でも、手術時においてその閉塞部に catheter が簡単に通過する現象を経験することもあり⁷³⁾、外科的処置適応の有無も必ずしも容易ではなく、特に equivocal な例においてはその決定が困難な場合が少なくない。その点からも、Koff ら⁷⁴⁾が述べているように、現在までのところ上部尿路閉塞を間違いなく確実に診断する standard な検査法はないと考えられる。それ

ゆえ超音波検査法による上部尿路閉塞の診断においても、その限界を踏まえた上で十分な利用を心がけるべきであろう。

結 論

閉塞性尿路疾患を疑った症例および腎盂形成術、尿路再建術後例を中心に 137 の renal units に対し、経口的水分負荷および経口的利尿剤投与による強制利尿尿下において腎の超音波検査、すなわち diuresis renal sonography を施行し、腎横断面での腎盂前後径を異なる 3 時点で経時的に記録した。そしてほかの放射線検査、臨床経過および手術所見により上部尿路閉塞を診断された renal unit と非閉塞 renal unit との境界値を次の四つのパラメーターにより求めた。

①利尿剤投与前の水分負荷状態下での腎盂前後径値。②利尿剤投与後の強制利尿尿下における腎盂前後径値。③利尿剤投与後の腎盂前後径増加率。④排尿後の腎盂前後径値。

以上より次の結論を得た。

1) 利尿剤投与前の水分負荷状態下で腎盂前後径値が 10 mm 以上を呈し、利尿剤投与後での腎盂前後径増加率が 50% 以上で排尿後に腎盂前後径値の減少を認めない renal unit。あるいは、利尿剤投与前で腎盂前後径値が 10 mm 以上を呈し、利尿剤投与後の腎盂前後径増加率が 50% 未満のものでは、利尿剤投与後での腎盂前後径値が 20 mm 以上を呈し排尿後に腎盂前後径の減少を認めない renal unit。

これらの条件を満たした renal unit は上部尿路閉塞の可能性が高く、sensitivity 95%, specificity 98%, accuracy 97% ときわめて診断成績の高い結果が得られた。すなわち、本法は上部尿路閉塞のスクリーニングとして適切かつ有用であり、頻回の放射線検査を受ける可能性のある術後 follow-up 例においても有効で、小児にも安心して施行できる非侵襲的な臨床検査法の一つである。

2) IVU で正常の renal unit では、超音波検査上その腎盂前後径値は、強制利尿尿下でもほぼ (96%) 10 mm 未満であった。

3) 超音波検査による上部尿路閉塞の観察において水分負荷は必須である。

diuresis renal sonography により、従来の方法では静的形態としてのみとらえていた腎盂を、動的形態として把握することで、超音波検査による上部尿路閉塞の診断にあたり、false positive rate, false neg-

active rate をさらに下げることができた。

稿を終えるにあたり、1981年9月～1984年3月までの西ドイツ留学期間中、本研究の遂行にあたり御協力ならびに御助言を賜った Prof. Dr. med. Kl.-D. Ebel (der Chef von Roentgen Abteilung im Kinderkrankenhaus der Stadt Koeln) ならびに Dr. med. J.A. Bliesener, Frau Dr. med. N. Madani, Frau Dr. med. E. Fastnacht に深く感謝を致します。

文 献

- 1) Ebel, Kl.-D. : Die Roentgendiagnostik des Megareters im Kindesalter. Roentgen-Bl., **28**, 297～302, 1975.
- 2) Whitfield, H.N., Britton, K.E., Hendry, W.F. and Wickham, J.E.A. : Frusemide intravenous urography in the diagnosis of pelvireteric junction obstruction. Br. J. Urol., **51**, 445～448, 1979.
- 3) Newhouse, J.H., Amis, E.S. and Pfister, R.C. : Urinary obstruction; Pitfall in the use of delayed contrast material washout for diagnosis. Radiology, **151**, 319～322, 1984.
- 4) Nilson, A.E., Aurell, M., Bratt, C.G. and Nilsson, S. : Diuretic urography in the assessment of obstruction of the pelviureteric junction. Acta Radiol. [Diagn.], **21**, 499～503, 1980.
- 5) Bratt, J.C., Ayrell, M., Nilson, A.E. and Nilsson, S. : Diuretic urography and renography in the diagnosis of hydronephrosis. Contrib. Nephrol., **11**, 142, 1978.
- 6) 小林隆生 : 利尿負荷 レノグラムの臨床的検討。日泌会誌, **74**, 887～896, 1983.
- 7) 油野民雄, 多田明, 高山輝彦, 大口学, 道岸隆敏, 利波紀久, 久田欣一, 松平正道 : 閉塞性尿路疾患における Furosemide 負荷利尿 ^{99m}Tc -DTPA レノグラフィ。核医, **20**, 205～213, 1983.
- 8) Koff, S.A., Thrall, J.H. and Keyes, J.W., Jr. : Diuretic radionuclide methods for investigating hydronephrosis. Eur. Urol., **8**, 82～87, 1982.
- 9) Krueger, R.P., Ash, J.M., Silver, M.M., Kass, E.J., Gilmour, R.F., Alton, D.J., Gilday, D.L. and Churchill, B.M. : Primary hydronephrosis. Urol. Clin. North Am., **7**, 231～242, 1980.
- 10) 山口脩, 鈴木誠, 岩田克夫, 佐藤一成, 土田正義, 菅原博厚 : 利尿剤負荷レノグラムの診断的意義について。日泌会誌, **74**, 100～105, 1983.
- 11) Lichtenstein, M., Fowler, R., Andrews, J. and Wood, G. : Diuretic radionuclide renography in upper urinary tract obstruction. Aust. N.Z. J. Surg., **52**, 306～309, 1982.
- 12) 伊藤和夫, 今中香里, 野々村克也, 小柳知彦 : 閉塞性尿路疾患における利尿レノグラム (Diuretic Renogram) の臨床的評価。核医, **19**, 721～731, 1982.
- 13) Koff, S.A., Thrall, J.H. and Keyes, J.W. : Diuretic radionuclide urography; A non-invasive method for evaluating nephroureteral dilatation. J. Urol., **122**, 451～454, 1979.
- 14) Stage, K.H. and Lewis, S. : Use of the radionuclide washout test in evaluation of suspected upper urinary tract obstruction. J. Urol., **125**, 379～382, 1981.
- 15) McAfee, J.G., Singh, A. and O'Callaghan, J.P. : Nuclear imaging supplementary to urography in obstructive uropathy. Radiology, **137**, 487～496, 1980.
- 16) Shore, R.M., Uehling, D.T., Bruskewitz, R. and Polcyn, R.E. : Evaluation of obstructive uropathy with diuretic renography. Am. J. Dis. Child., **137**, 236～240, 1983.
- 17) Vihma, Y., Koppi-Tomnola, T. and Parkkulainen, K.V. : Pelviureteric obstruction in children; Kidney parenchymal area and technetium-99m diethylenetriaminepentaacetic acid renography. Z. Kinderchir., **38**, 173～176, 1983.
- 18) Whitfield, H.N., Britton, K.E., Nimmon, C.C., Hendry, W.F., Wallace, D.M.A. and Wickham, J.E.A. : Renal transit time measurements in the diagnosis of ureteric obstruction. Br. J. Urol., **53**, 500～503, 1981.
- 19) Whitfield, H.N., Britton, K.E., Fry, I.K., Hendry, W.F., Nimmon, C.C., Travers, P. and Wickham, J.E.A. : The obstructed kidney; Correlation between renal function and urodynamic assessment. Br. J. Urol., **49**, 615～619, 1977.
- 20) Whitfield, H.N., Britton, K.E., Hendry, W.F., Nimmon, C.C. and Wickham, J.E.A. : The distinction between obstructive uropathy and nephropathy by radioisotope transit times. Br. J. Urol., **50**, 433～436, 1978.
- 21) Britton, K.E., Nimmon, C.C., Whitfield, H.N., Hendry, W.F. and Wickham, J.E.A. : Obstructive nephropathy; Successful evaluation with radionuclides. Lancet, **I** (8122), 905～907, 1979.
- 22) Kalika, V., Bard, R.H., Illoreta, A., Freeman, L.M., Heller, S. and Blaufox, M.D. : Prediction of renal functional recovery after relief of upper urinary tract obstruction. J. Urol., **128**, 301～305, 1981.
- 23) Newhouse, J.H., Pfister, R.C., Hendren, W.H. and Yoder, I.C. : Whitaker test after pyeloplasty; Establishment of normal ureteral perfusion pressures. AJR, **137**, 223～226, 1981.
- 24) Whitaker, R.H. : An evaluation of 170 diagnostic pressure flow studies of the upper urinary tract. J. Urol., **121**, 602～604, 1979.
- 25) Whitaker, R.H. : Methods of assessing obstruction in dilated ureters. Br. J. Urol., **45**, 15～22, 1973.
- 26) Whitaker, R.H. : Equivocal pelvi-ureteric obstruction. Br. J. Urol., **47**, 771～779, 1976.
- 27) Woodside, J.R. and Borden, T.A. : The pressure-flow relationship of the normal ureter. Invest. Urol., **18**, 82～83, 1980.
- 28) Coolsaet, B.L.R.A., Griffiths, D.J., van Mastrigt, R. and Duyil, W.A. : Urodynamic investigation of the wide ureter. J. Urol., **124**, 666～672, 1980.
- 29) Sherwood, T. : The dilated upper urinary tract. Radiol. Clin. North Am., **17**, 333～340, 1979.
- 30) Senac, M.O., Jr., Miller, J.H. and Stanley, P. :

- Evaluation of obstructive uropathy in children; Radionuclide renography vs. the Whitaker test. *AJR*, **143**, 11~15, 1984.
- 31) 小林峰生 : Pressure flow study の臨床的検討. 日泌会誌, **74**, 877~886, 1983.
 - 32) Scharf, S.C. and Blauffox, M.D. : Radionuclides in the evaluation of urinary obstruction. *Semin. Nucl. Med.*, **12**, 254~264, 1982.
 - 33) Ellenbogen, P.H., Scheible, F.W., Talner, L.B. and Leopold, G.R. : Sensitivity of gray scale ultrasound in detecting urinary tract obstruction. *AJR*, **130**, 731~733, 1978.
 - 34) Scheible, F.W. and Talner, L.B. : Gray scale ultrasound and the genitourinary tract. *Radiol. Clin. North Am.*, **17**, 281~300, 1979.
 - 35) Talner, L.B., Ellenbogen, P.H. and Scheible, F.W. : Ultrasonic detection of urinary tract obstruction in renal failure. Abstracts of Assoc. Univ. Radiol. Meeting, San Antonio, Texas, USA, 1978-05.
 - 36) Taylor, K.J.W. : Ultrasound in renal disease; A review after 6 years. *Br. J. Urol.*, **53**, 393, 1981.
 - 37) Rosenfield, A.T., Taylor, K.J.W., Dember, A.G. and Jacobson, P. : Ultrasound of renal sinus; New observations. *AJR*, **133**, 441~448, 1979.
 - 38) Ebel, K.I.-D. und Willich, E. : Die Roentgeuntersuchung im Kindesalter. 2te, Auflage, p. 202~210, Springer-Verlag, 1979.
 - 39) Ebel, K.I.-D. und Willich, E. : Die Roentgeuntersuchung im Kindesalter. 2te, Auflage, p. 228~230, Springer-Verlag, 1979.
 - 40) O'Reilly, P.H., Testa, H.J., Lawson, R.S., Farrar, D.J. and Edwards, E.C. : Diuresis renography in equivocal urinary tract. *Br. J. Urol.*, **50**, 76~80, 1978.
 - 41) Koff, S.A., Thrall, J.H. and Keyes, J.W., Jr. : Assessment of hydronephrosis in children using diuretic radionuclide urography. *J. Urol.*, **123**, 531~534, 1979.
 - 42) O'Reilly, P.H., Lawson, R.S., Shield, R.A. and Testa, H.J. : Idiopathic hydronephrosis—The diuresis renogram; A new non-invasive method of assessing equivocal pelvioureteral junction obstruction. *J. Urol.*, **121**, 153~155, 1978.
 - 43) Ebel, K.I.-D. und Willich, E. : Die Roentgeuntersuchung im Kindesalter. 2te, Auflage, p. 220~224, Springer-Verlag, 1979.
 - 44) Lebowitz, R.L., Olbing, H., Parkkuleinen, K.V., Smellie, J.M. and Tamminen-Moebius, T.E. : International system of radiographic grading of vesicoureteric reflux. *Pediatr. Radiol.*, **15**, 105~109, 1985.
 - 45) Rickard, M. and Whitaker, R.H. : Pelviureteric junction obstruction in association with severe vesicoureteric reflux; A diagnostic dilemma. *Urol. Radiol.*, **6**, 1~6, 1984.
 - 46) Williams, D.L. : The natural history of reflux; A review. *Urol. Int.*, **26**, 350, 1971.
 - 47) Witaker, R.H. : Reflux induced ureteropelvic obstruction. *Br. J. Urol.*, **48**, 555~560, 1976.
 - 48) Amis, E.S., Jr. and Hartman, D.S. : Renal ultrasonography 1984; A practical overview. *Radiol. Clin. North Am.*, **22**, 315~332, 1984.
 - 49) Malave, S.R., Neiman, H.L., Cisternino, S.J. and Adamo, G. : Diagnosis of hydronephrosis; Comparison of radionuclide scanning and sonography. *AJR*, **135**, 1179~1185, 1980.
 - 50) McClellan, B.L. : Current approaches to the azotemic patient. *Radiol. Clin. North Am.*, **17**, 197~211, 1979.
 - 51) Amis, E.S., Jr., Cronan, J.J., Pfister, R.C. and Yoder, I.C. : Ultrasonic inaccuracies in diagnosing renal obstruction. *Urology*, **19**, 101~105, 1982.
 - 52) Metreweli, C. and Furness, M.E. : The echography of pelvi-ureteric junction obstruction in children. *Clin. Radiol.*, **34**, 547~550, 1983.
 - 53) Hasch, E. : Changes in renal pelvic size in children after fluid intake demonstrated by ultrasound. *Ultrasound Med. Biol.*, **2**, 287~290, 1976.
 - 54) Weiss, R.M. : Clinical implication of ureteral physiology. *J. Urol.*, **121**, 401~413, 1979.
 - 55) Zimskind, P.D., Davis, D.M. and Deaestecker, J.E. : Effects of bladder filling on ureteral dynamics. *J. Urol.*, **102**, 693~696, 1969.
 - 56) Rosen, D.E., Constantinou, C.E., Sands, J.P. and Govan, D.E. : Dynamics of the upper urinary tract; Effects of changes in bladder pressure on ureteral peristalsis. *J. Urol.*, **106**, 209~213, 1971.
 - 57) Fredericks, C.M., Anderson, G.F. and Pierce, J.M. : Electrical and mechanical responses of intact canine ureter to elevated intravesical pressure. *Invest. Urol.*, **9**, 496~499, 1972.
 - 58) Berdon, W.E. and Baker, D.H. : The significance of a distended bladder in the interpretation of intravenous pyelograms obtained on patients with "hydronephrosis". *AJR*, **120**, 402~409, 1974.
 - 59) Whitaker, R.H. : Diagnosis of obstruction in dilated ureters. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, **53**, 153~166, 1973.
 - 60) Bratt, C.-G., Aurell, M., Granerus, G. and Nilsson, S. : Late results of pyeloplasty for idiopathic hydronephrosis in adults. *Scand. J. Urol. Nephrol.*, **17**, 329~335, 1983.
 - 61) Ward, J.P., Franklin, D.A. and Wickham, J.E.A. : A computer based technique for measurement of renal parenchymal area on intravenous urograms. *Br. J. Urol.*, **49**, 836~839, 1976.
 - 62) Sanders, R.C. : Sonography in renal failure. Society of Uroradiology Course-Uroradiology-New York City, U.S.A., 15~17, 1978.
 - 63) Sanders, R.C. and Bearman, S. : B-scan ultrasound in the diagnosis of hydronephrosis. *Radiology*, **108**, 375~382, 1973.
 - 64) Weitzel, D., Troeger, J. and Straub, E. : Renal sonography in pediatric patients. *Pediatr. Radiol.*, **6**, 19~26, 1977.
 - 65) Sanders, R.C. and Conrad, M.R. : The ultrasonic characteristics of the renal pelvicalyceal echo complex. *JCU*, **5**, 372~377, 1977.
 - 66) Roberts, M., Slade, N. and Jeffrey, P. : Late re-

- sults in the management of primary pelvic hydro-nephrosis. *Br. J. Urol.*, **44**, 15, 1972.
- 67) Djurhuus, J.C. and Stage, P. : Percutaneous intra-pelvic pressure registration in hydronephrosis during diuresis. *Acta Chir. Scand.*, **43**, 472, 1976.
- 68) Gregory, L.F., Jr., Durett, R.R. and Robinson, R.R. : The short term effect of furosemide on electrolyte and water excretion in patients with severe renal disease. *Arch. Intern. Med.*, **89**, 125, 1970.
- 69) Kendall, A.R. and Karafin, L. : Intermittent hydronephrosis; Hydration pyelography. *J. Urol.*, **96**, 653, 1968.
- 70) Malek, R.S. : Intermittent hydronephrosis; The occult ureteropelvic obstruction. *J. Urol.*, **130**, 863~866, 1983.
- 71) Segura, J.W., Hattery, R.R. and Hartman, G.W. : Fluoroscopic evaluation of intermittent ureteropelvic junction obstruction after furosemide stimulation. *J. Urol.*, **112**, 449, 1974.
- 72) Older, R.A., Moore, A.V., Foster, W.L. and Ladwig, S.H. : Urinary tract obstruction. *JAMA*, **245**, 1854~1856, 1981.
- 73) Johnston, J.H., Evans, J.P., Glassberg, K.I. and Shapiro, S.R. : Pelvic hydronephrosis in children; A review of 219 personal cases. *J. Urol.*, **117**, 97~101, 1976.
- 74) Koff, S.A. : Ureteropelvic junction obstruction; Role of newer diagnostic methods. *J. Urol.*, **127**, 898~901, 1982.

(受付 : 1986年2月4日)