Bolus volume 測定による腎盂, 尿管機能の検討

—先天性水腎症に対する術前・術後の機能評価—

	原	田	忠
	森	田	隆
秋田大学泌尿器科	西	沢	理
	能	登	宏
	土	田	正
			義

THE URINE TRANSPORT FUNCTION OF THE UPPER URINARY TRACT: The Estimation of Urine Bolus Volume for Patients with Congenital Hydronephrosis

Tadashi Harada, Takashi Morita, Osamu Nishizawa,
Hiromitsu Noto and Seigi Tsuchida
Department of Urology, Akita University School of Medicine, Akita
(Director: Prof. Seigi Tsuchida)

A new examination (bolusmetry) to evaluate the urine transport function of the pelvioureteric system was performed in 7 adult patients with congenital unilateral hydronephrosis.

Whistle-tipped Fr. 5 catheters were introduced to each ureter about 5 cm proximal from the ureteral orifice by transurethral endoscopic technique.

Bolus volume and frequency, and changes in them caused by furosemide injection, were estimated by using a drop counter which was connected to the terminal end of the ureteral catheter.

Bolusmetry was performed comparing the hydronephrotic side and the healthy side, pre-and postoperatively, and these results were then compared with a conventional examination.

We obtained the following results: 1) Bolus volume of the hydronephrotic side was 0.05 ± 0.02 (mean $\pm$ S.D.) ml in oliguric state, and it was significantly lower than the value of the healthy side which was 0.19 ± 0.7 ml.

Injection of diuretics increased the bolus volume of the healthy side ten times or more. On the other hand, the bolus volume of the hydronephrotic side was increased slightly by the injection of furosemide and it was approximately one-fourth of the value of the healthy side. 2) The value of bolus frequency was similar to the peristaltic-frequency which was measured by the electromyogram. A decreasing tendency was noticed in bolus frequency of the hydronephrotic side but it was not significant. 3) In patients with severe hydronephrosis, the bolus volume of the hydronephrotic side was decreased and the response to the diuretics was not so significant. By bolusmetry, functional or organic obstruction of the ureteropelvic junction was detected. 4) In 3 patients who had nephrectomy or nephrostomy, the kidney function had deteriorated severely. The bolus volume was lower than 0.25 ml at the diuretic state. 5) Bolus volume was increased postoperatively in 3 of 4 patients who had received pelvioplasty.

One patient did not show the formation of bolus by the injection of diuretics, and the cause of the hydronephrosis was functional obstruction of the pelvioureteric junction.

We concluded that bolusmetry is a valuable method for evaluating the function of urine transport in the ureteropelvic system. Especially in hydronephrosis, bolusmetry is useful on the occasion of the choice of operative procedure, or for the evaluation of the result after operation.

要旨: 7名の成人先天性水腎症に対し, bolusmetry (bolus frequency, bolus volumeを尿管カテーテル法によつて測定する方法)を施行し, 他の検査方法と比較した。また腎盂形成術が施行された症例に

においては術前術後で比較検討し、以下の結果を得た。1) 患側の bolus volume は乏尿時 $0.05 \pm 0.02 \text{ ml}$ で健側の $0.19 \pm 0.07 \text{ ml}$ に比べ著しく低値であつた。利尿剤負荷によつても同様に患側の bolus volume は健側の約 4 分の 1 程度であつた。2) bolus frequency は尿管の peristaltic frequency と近似した値で、peristalsis を反映していると考えられた。患側の bolus frequency は健側に比べ減少している傾向を認めたが有意ではなかつた。3) 腎盂尿管の拡張度が強い症例では bolus volume は減少しており、利尿剤負荷に対する反応でも不良であつた。レノグラムとは明確な関係が認められなかつた。また bolusmetry により機能的な尿路閉塞もとらえることができ、この点で Whitaker らの pressure flow study よりも優れていた。4) 腎摘出あるいは腎瘻術を行なつた 3 例はいずれも腎機能の荒廃が強く、利尿剤負荷によつても bolus volume は 0.25 ml 以下であつた。5) 腎盂形成術が施行された 4 例中 3 例は術後の bolusmetry で利尿剤負荷時の bolus volume は増加しており、尿輸送機能が改善されていることが判明した。以上の結果から bolusmetry は腎盂、尿管機能をよく反映し、特に水腎症においては、術式の選択、および術後、手術結果についての客観的評価の一つのパラメーターとして有用であると考えられた。

はじめに

腎盂、尿管は腎で分泌された尿を膀胱に輸送する重要な働きをしており、これらに機能的あるいは器質的な異常が生じると、腎機能に重大な影響を及ぼすばかりでなく、感染あるいは疼痛などの原因となる。いわゆる先天性水腎症は主として腎盂、尿管移行部に何らかの原因があり、尿流障害をきたし腎盂、腎杯の拡張および腎実質の荒廃萎縮に至る疾患である。この疾患に対しては、さまざまな形成手術法が施行され、その成績も多数報告されているが、特に手術の適応を決定する場合、あるいは、術後、その成否を判定する parameter は厳密に決まつたものがなく、主として IVP で腎盂、腎杯の拡張が減つたかどうかを知る形態学的検査、ラジオアイソトープレノグラムによつて腎機能と尿の輸送機能とを術前後で比較する方法が報告されている⁹⁾¹⁰⁾。このほか特殊な検査法としては Whitaker ら¹⁴⁾による腎盂灌流法、すなわち腎瘻から生理的食塩水を注入しながらその圧と流量を計測する方法、尿管内圧を測定するウロメトリー法⁷⁾、尿管筋電図法¹¹⁾などの報告がある。

しかしこれらの検査法は客観性、再現性に難があつたり、手技が困難で特殊な病院でしか施行できなかつたり、手数に比べ情報量が少ないなどの問題点を有している。

私たちは、腎盂、尿管移行部に異常をみとめる先天性水腎症の発症の機構を腎盂、尿管移行部での bolus 形成が良好になされないことが重要な point であると指摘してきた¹³⁾。そこで腎盂、尿管での主として bolus formation を評価のすべく 7 例の成人先天性水腎症患者に対し、術前・術後に bolus volume および bolus frequency を測定し、若干の知見を得たので報告する。

対象および方法

秋田大学泌尿科に入院した 7 名の成人先天性水腎症を対象とした (表 1)。これらの患者に対し、bolus volume および bolus frequency を計測した (以下これを bolus-metry と呼ぶ)。検査当日は絶食とし、乏尿状態としておき、本検査施行時から生理食塩水を 5 ml/min で点滴を開始した。bolus-metry は F-5 whistle tip の尿管カテーテルを両側尿管に、膀胱鏡を用い、尿管口から逆行性に約 5 cm 挿入した。尿管を流れる尿は、このカテーテルを通り、体外にあるカテーテル端から滴下するようにしてから、カテーテル端を Drop counter (DTC-102, Unique Medical) に装着し、滴数を検知した。これは同時に記録計 (WI-681G, 日本光電) に導き経時的に記録した。

尿管カテーテル挿入後、カテーテル端からの尿滴下が安定してから 5 分間、1 回目の bolus-metry を行なつた。それぞれの bolus の interval と bolus volume を計測し、1 分間あたりの bolus frequency と 1 個あたりの bolus volume の平均値を算出し、これを乏尿時の測定値とした。その後フロセミド 10 mg を静脈内投与し、正常側尿管からの尿量が増加し始めた時点で 2 回目の bolus-metry を行なつた。1 回目と同様 5 分間測定し、bolus volume, bolus frequency の平均値を算出し、これを中等度利尿時の値とした。その後しばらく尿の滴下を観察するとともに正常側の尿は著しく増加する。この時の状態で 3 度目の bolus-metry を行ない、これを利尿時の値とした。

7 例中 3 例は腎盂形成術前後に、また 3 例は手術前にも、1 例は手術後にも bolus-metry が行なわれ、乏尿状態から、フロセミド投与によつての変化を患側尿管と正常尿管とで比較検討を行なつた。

表1 Patients and treatments

No.	sex	age	complaint	side of hydronephrosis complication	treatment	results
1	M	32	abdominal mass	right -	nephrectomy	-
2	M	70	fever	left right renal pelvic ca.	nephrostomy	fair
3	M	49	lumbago	right -	Anderson-Hynes → nephrectomy	fair
4	F	54	lumbago	right -	Anderson-Hynes → nephrostomy	fair
5	F	27	lumbago	left caliculi	Foley-YV plasty	good
6	F	43	abdominal pain	left caliculi	Anderson-Hynes	excellent
7	M	53	abdominal pain	right -	removal of scar	excellent

さらに従来行なわれている腎盂造影法，レノグラムと，今回行なわれた bolus-metry との関連を検討した。静脈性あるいは逆行性腎盂造影像は写真上腎盂，腎杯を含めた collecting system の面積が，腎全体の陰影の面積に対する割合（以下 collecting system index CSI と略す）を算出した。腎および腎盂腎杯の面積計測は Digitizer（Heyward packard 社）および ATAC 450（日本光電）を用い算出した。レノグラムは描出された曲線から non functioning, obstructive, delayed および normal の 4 つの pattern に分けた。また一部症例は bolus-metry の他 bolus-metry に使用したカテーテルと圧トランスジューサー（Statham p-23 Db）を連結し，尿管内圧を測定する，ウロメトリー，土田ら¹¹⁾¹²⁾の U シリンジ管内誘導法による尿管筋図法も同時に施行し，これらとの関連を検討した。さらに 1 例（症例 4）は腎瘻からの pressure flow study（Whitaker's test¹⁴⁾）と併せて bolus-metry を施行した。

なお bolus-metry に先立つて使用した F-5 尿管カテーテルの端からシリンジポンプ（truth C-2）を連結し，生理食塩水を注入し，カテーテル端からの滴下数を測定し，一滴あたりの容量を算出する予備実験を行なった。これによつて得られた値を実際の bolus volume 測定に際して定数として使用した。また測定値の平均は paired t-test あるいは non paired t-test 法で推計学的に検定した。

図1 灌流速度と滴数：シリンジポンプを用い F-5 尿管カテーテルを生理食塩水で灌流した場合の 1 ml 当の滴数の変化

結 果

予備実験：F-5 カテーテル先端から，注入ポンプを用いて 0.43～10.8ml/min までの 9 段階の速さで生理食塩水を注入した結果，図 1 に示したように 0.43～5.4 ml/min までは，1 ml あたりの滴数は注入速度に関係なく比較的一定していたが，それ以上になると若干増加している。すなわち注入速度が速くなると一滴あたりの容量は減少していたが，実際の bolus volume の測定にあたってはこれらの平均値 1 ml＝35 滴を定数として算出した。

図2 bolus metry (症例5, 術前): 上段は乏尿時の健側および水腎側, 中段はフロセミド投与直後, 中等度利尿時の健側および水腎側, 下段は高度利尿時の側健, 水腎側の bolus metry を示す. bolus volume を表わす滴数が水腎側では減少している。

bolus-metry

7 症例に対して施行された bolus volume および bolus frequency は個々の症例ごとに表 2, 3 に示した. 図 1 は症例 5 の術前に施行された bolus-metry を示していふが, 乏尿時からフロセミド投与による bolus frequency および bolus volume の変化を経時的に示している. すなわち健側では利尿剤の投与により bolus frequency は一時的に増加し, 次に bolus volume が増加することが解る. これに対して水腎側は bolus frequency はそれ程増加せず, また健側に比べ bolus volume を示す尿の drop count も明らかに少ない. 6 例の手術前に測定された患側の bolus volume は $0.05 \pm 0.02 \text{ ml}$ (平均 $\pm$ 標準偏差, 以下省略す.) であり, 健側 7 例の $0.19 \pm 0.07 \text{ ml}$ に比べ有意 ($p < 0.01$) に減少していた. 中等度利尿時は患側は $0.21 \pm 0.14 \text{ ml}$ と若干増加したが, 健側 $0.62 \pm 0.23 \text{ ml}$ に比べ

ると低値であつた ($p < 0.05$). 利尿時には, 患側の bolus volume は $0.53 \pm 0.43 \text{ ml}$ と乏尿時に比べ増加はしたが, 健側の bolus volume $2.04 \pm 0.68 \text{ ml}$ に比べ低値であつた ($p < 0.05$). なお, 乏尿時と利尿時での bolus volume の増加の割合をみると患側と健側にはいずれも 10 倍程度に増加していたが, 両者間には差はみられなかつた (表 2).

なお, 利尿時の bolus volume 測定時には, 特に健側では使用した F-5 尿管カテーテル内からだけでは尿を完全流出させることはできない結果, カテーテルと尿管の間隙から膀胱に尿が流れ, 正確に bolus volume を測定することはできない場合があつた. この傾向は bolus volume が 1.5 ml を越えると出現するようになることが確認された. すなわち bolus volume が 1.5 ml を越えた場合も一応 drop counter による測定は可能で最高 3 ml 以上まで計測されるが, 真の bolus vol-

表2 Bolus frequency (bolus/min)

No.	affected kidney						healthy kidney		
	preoperation			postoperation			pre and (postoperation)		
	oliguria	moderate	diuresis	oliguria	moderate	diuresis	oliguria	moderate	diuresis
1	2.0	2.8	2.8	-	-	-	3.1	3.4	3.2
2	1.0	3.0	1.2	-	-	-	1.2	2.2	2.4
3	2.8	2.4	2.8	-	-	-	1.4	2.5	4.8
4	-	-	-	2.1	-	-	(2.4)	(2.6)	(5.4)
5	3.4	3.1	2.8	1.4	2.4	3.0	1.8 (3.2)	2.3 (3.6)	3.4 (4.8)
6	0.8	3.5	3.1	1.6	1.3	2.3	3.1 (4.0)	8.5 (3.8)	2.5 (3.6)
7	3.1	2.5	2.8	1.2	2.6	3.5	1.8	2.4	2.1
n	6	6	6	3	3	3	9	9	9
mean	2.2	2.9	2.6	1.6	3.1	3.3	2.4	3.4	3.6
S.D.	1.0	0.4	0.6	0.4	1.8	0.7	0.9	1.9	1.1

表3 Bolus volume (ml/bolus)

No.	affected kidney						healthy kidney		
	preoperation			postoperation			pre and (postoperation)		
	oliguria	moderate	diuresis	oliguria	moderate	diuresis	oliguria	moderate	diuresis
1	0.03	0.11	0.14	-	-	-	0.25	0.34	0.85
2	0.03	0.36	0.25	-	-	-	0.21	0.63	1.12
3	0.03	0.05	0.12	-	-	-	0.15	0.53	2.40
4	-	-	-	0.09	0.47*	2.4*	(0.09)	(1.20)	(1.41)
5	0.06	0.08	0.43	0.06	0.10	0.93	0.12 (0.18)	0.51 (0.48)	2.41 (2.56)
6	0.06	0.28	1.11	0.03	0.57	2.10	0.15 (0.24)	0.57 (0.66)	2.93 (2.30)
7	0.09	0.39	1.12	0.08	0.54	1.62	0.34	0.69	2.41
n	6	6	6	4	3	3	9	9	9
mean	0.05	0.21	0.53	0.07	0.37	1.55	0.19	0.62	2.04
S.D.	0.02	0.14	0.43	0.02	0.20	0.48	0.07	0.23	0.68

* : because of the incomplete bolus formation, it reveals urine output per minute

umeはそれ以外に尿管との間隙を流下した尿量を加えた値と考えなければならない。

次に bolus frequency についてみると、健側の頻度は 乏尿時2.4±0.9/min で 中等度利尿時3.4±1.9/min、高度利尿時3.6±1.1/min と、利尿の度合によって増加(乏尿時と利尿時との間でp<0.05)した。患側

では乏尿時2.2±1.0/min、中等度利尿時2.9±0.4/min、高度利尿時2.6±0.6/min で明らかな傾向らみられなかった。また患側は健側に比べ乏尿時いずれも、bolus frequency は若干少ない傾向が認められた(表3)。

C.S. Index およびレノグラムと bolus-metry との関

表 4 Pyelogram, Renogram and bolusmetry

No.	collecting system index (%)		pattern of renogram		bolus volume at diuresis (ml)	
	preoperation	postoperation	preoperation	postoperation	preoperation	postoperation
1	73.6	-	non-functioning	-	0.14	not done
2	80.6	-	delayed	-	0.21	not done
3	42.4	-	obstructive	-	0.12	not done
4	53.7	46.6	obstructive	obstructive	not done	-*
5	53.0	47.4	delayed	delayed	0.43	0.93
6	36.5	34.2	obstructive	delayed	1.10	2.00
7	37.7	23.6	delayed	normal	1.12	1.62

mean $\pm$ S.D. 53.9 $\pm$ 16.0 38.0 $\pm$ 9.8

* : urine flows without bolus formation

係

手術前の患側腎の C.S. index は表 4 に示したごとく最低36.5%から最高80.6%までみられ、平均53.9 $\pm$ 16.0%であった。健側腎の C.S. index は17.0 $\pm$ 6.0%で、明らかに患側腎は高値を示していた (p<0.01)。C.S. index が50%未満の3症例についてみると2例は手術前利尿時の bolus volume は0.5ml を越えているのに対し、C.S. index が50%を越えていた3症例ではいずれも利尿時において0.5ml 以下の bolus volume しか認められなかつた。形成手術前、後で C.S. index が測定された4例についてみると手術前は45.2 $\pm$ 8.1%であり、術後は38.0 $\pm$ 9.8%と減少する傾向はみられたが有意差は認めなかつた。このうち前後で bolus-metry の行なわれた3例は術後 bolus-metry で高度利尿時に有意に増加していた (p<0.1)。

術前のレノグラムは non functioning pattern 1例、obstructive pattern 3例、delayed pattern 3例であった。腎盂形成の行なわれた4例では delayed pattern から normal pattern になつたものが1例、obstructive pattern から delayed pattern になつたものが1例で他の2例はレノグラムは不変であった。これらのレノグラムと bolus volume との関連は明らかではないが、術後レノグラムで改善している2例では bolus volume は術前利尿状態で1 ml 以持、術後は2 ml 近くに増加していた。

Pressure-flow study, ウロメトリーおよび尿管筋電図法と bolus-metry との比較

症例4は腎盂に留置した Fr20 3 way bag catheter から10ml/min で生理食塩水を注入し、腎盂内圧を測

定した。同時に逆行性尿管カテーテルを通して bolus-metry を施行したが、注入開始時、腎盂内圧は平均5 cm 水柱であつたが(図3)、注入するに従つて内圧は上昇し、注入開始5分後に腎盂内圧は37cm 水柱まで上昇し(図4)、患者は側腹部痛を訴えるに至つた。bolus volume は注入開始前には0.09ml で、bolus frequency も2.1/min でみられたが(図3)、注入開始3分後からは bolus としての尿流は消出し、図4に示したごとく単調に滴下するだけであつた。このように bolus としての尿の流下は認められなかつたが、3分後のカテーテルを通しての流量は0.47ml/min、5分後には2.4ml/min と増加していた。

ウロメトリーは症例3、5に対し施行された。健側についてみると乏尿時の静止圧は5~8 cm 水柱で蠕動時10~18cm 水柱であつた(図5)。中等度利尿時の静止圧は乏尿時と同程度であつたが、蠕動圧は26~38 cm と上昇した。高度利尿時は内圧測定用カテーテルが閉塞性に働き静止圧および蠕動圧ともに急速に上昇し、正確には測定できなかつた(図5)。これに対し、水腎側では蠕動圧が乏尿時8 cm 水柱、利尿時13cm 水柱と健側に比べ低値となつていた。尿管筋電図は症例4、5の例で行なわれたが、乏尿時、中等度利尿時、高度利尿時ともに peristaltic frequency については bolus metry による frequency の値とほぼ一致していた(図6)。逆蠕動放電は患側においてもほとんど認められず、また患側、健側に有意な peristaltic frequency の差は認められなかつた。

手術および術後経過と bolus metry との関係
症例1は、C.S. index 73.6%と高値で、レノグラム

図3 腎盂灌流法 (whitaker's test) 併用による bolus metry (症例4) : 腎盂注入直後の bolus metry (上段), 腎盂内圧 (中段) および尿管内圧 (下段) を示す。

図4 腎盂灌流法 (whitaker's test) 併用による bolus metry (症例4) : 注入開始5分後の bolus metry (上段), 腎盂内圧 (中段), 尿管内圧 (下段), 腎盂内および尿管内圧は上昇し, bolus formation も認められなくなる。

図5 ウロメトリー (症例3) : 乏尿時 (上から1段は健側, 2段は水腎側) および利尿時 (3段は健側, 最下段は水腎側) の尿管内圧, 健側では特に利尿時に尿管カテーテルが尿路の閉塞として働き内圧は上昇してくる。

図6 尿管筋電図と bolus metry (症例5 術後) : 乏尿時健側の尿管筋電図 (上段), 健側の bolus metry (中段), 水腎側の bolus metry (下段) を示す. bolus metry と尿管筋電図は同時誘導ではないが, peristaltic frequency, bolus frequency はほぼ一致する。

上も無機能腎であり、bolus-metry 上も volume は利尿剤を負荷しても0.14mlと低値を示しており、右腎摘出を行なつた。摘出された腎もそとんど腎実質を失なっていた。症例2は左水腎症と右腎盂癌を合併していた例で、C.S. index は80.6%、レノグラムでは排泄遅延型であり、bolus-metry 上では乏尿時 volume 0.03 ml, 利尿時0.25mlで腎および尿管輸送機能もかなり障害されていることが推察された症例であつた。そこで右腎摘出と左腎に対しては腎瘻術を行なつたが、術後3カ月で急速に癌の肺転移を認め、死亡した。症例3は4歳時に某医で腎盂形成術を施行されていた症例である。術前検査ではC.S. index 42.4%と低値であつたが、bolus-metry では乏尿時の volume が0.03mlで、利尿剤負荷に対する反応も不良であつた。本症例に対しては、Anderson-Hynes 法による形成術を行なつたが、術後2 W で膿腎症を発症し、止むなくこれを摘出した。原因は前回の手術による腎盂尿管の周囲組織への強い癒着と、尿管全長に及ぶ尿管腔の狭小によるものと思われた。

以上3例は、bolus-metry で乏尿時の Volume の減少と、利尿剤に対する反応が悪かつた症例である。

症例4は、昭和50年 Anderson-Hynes 法で腎盂形成術を施行し、同時に腎瘻も設置されている患者であり、今回腎瘻抜去の可能性を検討するため入院した患者であるが、レノグラムでは依然として obstructive pattern を示しており、また bolus volume の測定では乏尿時0.09mlであつたが、利尿剤負荷によつては、ほと

んど bolus formation は認められず、カテーテルからの尿の滴下は等間隔に滴下するのみであつた(図4)。すなわち尿は bolus により輸送されず尿管は simple duct として働いているようであつた。なお、この際の尿量は2.4ml/min とかなりの量の尿は輸送されていたが、腎盂内圧は20~30cm 水柱に上昇し、患者は同時に側腹部痛を訴えた。本症例は機質的な obstruction は否定されたが、機能的な bolus formation は不良で現時点では腎瘻カテーテル抜去は困難と考えた。

症例5, 6は腎盂形成術、症例7は腎盂尿管移行部の線維性肥厚組織の切除を行なつたが、いずれも術後経過は良好であつた症例である。これらの症例のC.S. index は症例1, 2, 3に比べ低値を示し、腎実質もかなり残っており、腎の機能も比較的良好であつたが、bolus volume は乏尿時0.7ml, 利尿剤負荷時0.25ml, 高度利尿時0.88mlで正常側に比べるといづれも低値であつた。しかし症例1, 2, 3に比べ利尿剤には反応し、増加することが解つた。また、これら3例の術後の bolus volume は乏尿時0.07ml, 利尿剤負荷時0.37ml, 高度利尿時1.55mlと術前に比べ、利尿剤負荷によく反応し、bolus volume が増大し、健側の値により近くなつていた(図7)。

なお、bolus frequency は正常側に比べ患側で減少している傾向は認めたが、術前、および術後においてもともに有意差は認められなかつた。

考 按

先天性水腎症は種々の発症機構があり、手術適応

図7 尿管筋電図と bolus metry (症例5術後): 利尿時、健側の尿管筋電図(上段)および健側(中段)、水腎側(下段)の bolus metry. bolus volume は術前(図2)に比べ増加している。

よび治療効果などを一様に論ずることは難しい。

主として施行される腎盂形成術も多くの方法が報告され、その適応決定や、手術後の効果判定基準は現在のところ統一されたものはない。従来行なわれている検査法としては、静脈性あるいは逆行性腎盂造影法により、腎盂、腎杯の拡張度⁵⁾、尿管の狭窄などを描出する方法、レノグラムあるいはこれに利尿剤を併用した方法などがある⁴⁾⁹⁾¹⁵⁾。この他、CT、超音波断層法などにより拡張度を定量的に計測する方法、腎シンチグラムから分腎の GFR, RPF を算出する方法¹⁾、また特殊な方法としては、腎盂穿刺を行ない一定量で腎盂灌流を行ないその流量と圧を測定する方法¹⁴⁾、腎動脈撮影により腎動脈の太さから検討する方法⁶⁾⁸⁾、尿管蠕動の機能を検討するウロメトリー法⁷⁾、尿管筋電図法³⁾¹¹⁾などが報告されている。

ここで問題とする hydronephrosis は、腎で分泌された尿が腎盂尿管移行部で organic あるいは physiological な閉塞による膀胱に円滑に輸送されず二次的に腎盂、腎杯が拡張してくる疾患とすると、手術適応あるいは手術の成否を考慮する場合残された腎の尿分泌機能と腎盂尿管の尿輸送能の二つの面から検討する必要がある。先に述べた検査法のうち、ウロメトリー、尿管筋電図法、pressure-flow study を除いた検査法は hydronephrosis を引き起こした原因を検索するというよりも、腎盂、尿管移行部に起因する腎機能の障害、あるいは腎盂、腎杯の拡張という結果を観察する検査法といえることができる。

今回施行した bolusmetry は腎で分泌された尿が蠕動によつて bolus を作り膀胱に輸送されている点を考慮し、これらの機能を直接評価することが重要であると考えたことから始めたものである。これまで bolus formation の評価を試みた報告はいくつかあり、Constantinou²⁾らは尿管カテーテルおよび drop-counter により犬を用いた実験で bolus volume を測定している。この他 Lutzeyer and Melichior¹⁶⁾は heat conducting element 法により Tscholl¹⁵⁾らは videodensitometry 法によつて実験的に bolus formation を評価しているが、これらは bolus の長さ、contraction wave の速度および頻度を測定しているにすぎず、bolus volume の実測は行なっていない。今回私たちは水腎症患者に bolusmetry を施行し、bolus volume を実際に測定してみたが、いずれの症例においても健側に比べ、水腎側は、乏尿時、利尿時ともに著しく低値であつた。このことは、これらの症例は単

なる pyeloectasis あるいは calycectasis ではなく、腎機能の低下とともに尿輸送という腎盂、尿管機能の低下を示しているものと考えられた。いま腎盂、尿管移行部に intrinsic あるいは extrinsic な異常を伴つた図 8-B に示したようないわゆる congenital hydronephrosis のモデルを使い考えてみる。図 8-A は正常の腎盂、尿管を示しているが、腎盂、尿管移行部はロート状を呈し、これより上部から始まつた蠕動運動は次第に下降し、尿管移行部で完全な収縮輪として作用し、十分な bolus volume を作成する。一方図 8-B に示したような hydronephrosis は拡張した腎盂にロート状を示さずに尿管は不自然に付着しており、上部から発生する蠕動運動は尿管移行部で十分量の bolus volume を作成することは難しいだろうとは想像に難くない。今回の bolus volume の測定結果もこのような考え方を裏付ける結果であり、このような点から言えば congenital hydronephrosis は insufficiency of bolus formation とも考えることができる。

次に本検査法と他の検査法との関連について述べる。腎盂造影法による腎盂、腎杯との拡張の度合と本検査法による bolus volume の値の間には相関関係が認められた。すなわち拡張度が高く腎実質の非薄化が強いもの程、bolus volume は少なく、利尿剤の投与によつてもほとんど増加しなかつた。これは腎盂尿管の尿輸送能と腎の尿分泌あるいは腎の形態上の障害の程度との間にある程度相関があることを裏付けている。レノグラムと本検査の結果には今回明らかな相関関係は認められなかつた。しかし術後レノグラムが改善した 2 例では bolus-metry においても明らかに改善され正常側の値に近づいていた。水腎症における通常レノグラムは、Whitaker ら¹⁴⁾にも述べているごとく、尿路閉塞がなくとも拡張した腎盂、腎杯に徐々に拡散するため、排泄遅延型をとることがあり、通常レノグラムの問題点であろう。このような点から O'Reilly ら⁹⁾により報告された利尿剤を用いた washout renogram は一つの方法と思われる。しかしながらレノグラムは本来腎機能を反映するものであり、腎における分泌が減弱しているものは不向きであろう。また症例 4 にみられたごとく、機質的な閉塞がなくとも bolus が形成されない機能的閉塞を検出することは困難と考えられる。

次に症例 4 について施行された pressure-flow study による腎盂、尿管機能と今回の bolus volume 測定の関連について述べる。本症例は 5 年前に Foley

図8 腎盂尿管での bolus formation の schema : A, $\bar{A}$ は正常腎盂尿管で bolus volume を尿量に応じて増加する。B, $\bar{B}$ は水腎症の腎盂尿管を示しており、充分量の bolus を作成できない。

YV 形成術と同時に腎瘻を造設されている患者であるが、術後腎瘻カテーテルを一時的に閉塞し、抜去を試みたが、側腹部痛を訴え、カテーテルを止むなく留置していた症例である。腎瘻から10ml/min で生理食塩水を流すと腎盂内圧を若干上昇し、尿は膀胱に流れていることはX線検査によっても確認できた。しかしさらに腎盂に注入を続けると腎盂内圧は30cm 水柱以上に上昇し、この時患者は側腹部に鈍痛を訴えるようになった。これと同時に bolus volume を測定してみると、図4に示したごとく bolus は形成されず尿管は開いた単なる管としてのみ働き、尿は流れるが有効な蠕動により輸送されていないことが判明した。このような所見は利尿剤負荷時の bolus volume 測定時にもみられ、原因は腎盂、尿管移行部はロート状に形成されたにもかかわらず、それ以下の尿管の口径が不十分であるため、bolus として尿を輸送することができなかった結果か、あるいは留置した腎瘻カテーテルが原因となり、腎盂、腎杯に炎症をひき起こし、それが腎盂、尿管の機能を低下させた結果かの二つの原因が考えられる。

Whitaker ら¹⁴⁾の報告している Pressure-flow study は腎盂内圧と腎盂灌流量との関連から尿輸送の機能を評価するものであるが、腎瘻を設置したり内圧・流量の測定など手技が煩雑なばかりでなく、症例4のごとく器質的な obstruction がなくとも bolus formation

がみられないために腎盂内圧の上昇することがあるため、先天性水腎症における尿流障害の原因が機能的あるいは器質的な obstruction であるかを判別することは pressure flow study だけでは難しい。

ウロメトリーは Kiil⁷⁾により報告されている尿管機能の検査法の一つである。尿管カテーテルの一端に圧トランスジューサーを接続することにより内圧を測定するもので、尿管カテーテルは閉塞されるため、特に尿量が多い場合尿のうつ滞が起こり、静止圧および蠕動時の内圧は徐々に上昇し、尿管機能を評価する上で困難と思われる場合があつた。この点でも bolus-metry はカテーテルは開放されており、尿のうつ滞は認められず、bolus formation を評価できた。しかし、bolus volume が1.5ml を越えるとカテーテルと尿管の間隙から尿は膀胱に流出し、正確な bolus volume は測定されなかつた。カテーテル径を太くすると、この点は解決されるであろうが、今回使用した F-5 カテーテルでも1.5ml 以下は充分測定できたし、それ以上の bolus volume の場合も volume あるいは内圧に比例した測定値が得られるから1.5ml 以上の bolus volume もある程度推定できる。この点を考慮に入れておけば特に太いカテーテルを使用しなくとも問題はないと考えられた。

土田¹¹⁾は水腎症を尿管筋電図法で詳細に検討し、水腎側の蠕動頻度が正常側に比べ少なくなつたと述べてい

る。今回, bolus-metry と尿管筋電図法は 2 例にしか行なっていないが, 同一症例に対して施行された筋電図による peristaltic frequency と bolus frequency はよく近似した値であつた点からみると, bolus の通過と peristalsis は一致しているものと考えられた。

以上, 種々の検査法と比べ合わせてみると, bolus-metry は尿の輸送に関して, 障害の有無, その程度およびその原因が器質的なものか, あるいは機能的なものかを判別できる点で他の検査法に優れていると考えられた。しかしながら腎盂・尿管機能は腎機能と密接に関連しており, 著しく腎機能の低下した症例では利尿剤を投与しても尿分泌の増加もみられず bolus volume も増加しないわけであるから, 本検査法は尿分泌の影響に関連させて評価することが必要であることは言うまでもない。実際の症例にあつては腎機能などの他の検査も行ない総合的に診断することが重要であろう。この点を考慮するならば症例 4 に行なつたごとく腎盂灌流と bolus-metry を組み合わせた perfusion bolus-metry も有力な手段となるであろう。

次に本検査法と手術術式の選択に関して述べる。腎機能の荒廃の著しかつた症例 1 および 3 では乏尿時の bolus volume ばかりでなく, 利尿剤負荷後も bolus volume は正常尿管に比べると著しく低値であつた。これに比べ形成術の成功した症例は, 利尿剤負荷後は bolus volume はかなり増加した。症例が少なく断定できないが, 手術適応からみると利尿剤負荷により 0.5 ml 以上の bolus volume となれば, 腎機能も残されており, 腎盂形成術のよい適応と考えられ, 逆に 0.5 ml 以下の症例は腎機能もかなり荒廃しており, 腎摘出術あるいは腎瘻術による腎機能保持を考えなければならないのではないかと考えている。なお今回の症例には幼, 小児は含まれていないので, 今後, さらに症例を重ねてこれらの点は検討しなければならないと思われる。

結 語

7 名の成人先天性水腎症に対し, bolus-metry (bolus frequency, bolus volume を尿管カテーテル法によつて測定する方法) を施行し, 他の検査方法と比較した。また腎盂形成術が施行された症例においては術前, 後で比較検討し, 以下の結果を得た。

1) 患側の bolus volume は乏尿時 0.05 ± 0.02 ml で健側の 0.19 ± 0.07 ml に比べ著しく低値であつた。利尿剤負荷によつても同様に患側の bolus volume は健側の約 4 分の 1 程度であつた。

2) bolus frequency は尿管の peristaltic frequency

と近似した値で, peristalsis を反映していると考えられた。患側の bolus frequency は健側に比べ減少している傾向を認めたが有意ではなかつた。

3) 腎盂尿管の拡張度が強い症例では bolus volume は減少しており, 利尿剤負荷に対する反応も不良であつた。レノグラムとは明確な関係が認められなかつた。また bolus metry により機能的な尿路閉塞もとらえることができ, この点で Whitaker らの pressure flow study よりも優れていた。

4) 腎摘出あるいは腎瘻術を行なつた 3 例はいずれも腎機能の荒廃が強く, 利尿剤負荷によつても bolus volume は 0.25 ml 以下であつた。

5) 腎盂形成術が施行された 4 例中 3 例は術後の bolus-metry で利尿剤負荷時の bolus volume は増加しており, 尿輸送機能が改善されていることが判明した。1 例は, 利尿剤負荷により bolus formation は認められず, 尿の輸送は有効な蠕動による尿輸送ではなく, 機能的な尿路閉塞と診断された。

以上の結果から bolus-metry は腎盂・尿管機能をよく反映し, 特に水腎症においては, 術式の選択, および術後, 手術結果についての客観的評価の一つのパラメーターとして有用であると考えられた。

文 献

- 1) Belis, J.A., Belis, T.E., Lai, J.C.W., Goodwin, C. A. and Gablile, O.F.: Radionuclide determination of individual kidney function in the treatment of chronic renal obstruction. *J. Urol.*, 127, 636—641, 1982.
- 2) Constantinou, C.E., Granato, J.J. and Govan, D. E.: Dynamic of the upper urinary tract. *Urol. Int.*, 29, 249—264, 1974.
- 3) Djurhuus, J.C., Mortensen, S.O., Mauritzen, K. and Nerstrom, B.: Electrophysiological investigation of hydronephrosis in children. *J. Urol.*, 23, 759—762, 1981.
- 4) 福田照男, 沢 久, 増田安民, 阿部邦昭, 井上佑一, 浜田国雄, 越智安暢, 新見良明: RI 検査で診断しえた小児水腎尿管の 1 例. *臨放*, 24, 979—982, 1979.
- 5) Fryczkowski, M.: Renal cortical index and caryx index for assessment of development and regression of stasis in congenital hydronephrosis. *International Urology and Nephrology*, 4, 227—234, 1972.
- 6) 久住治男, 酒井 晃, 村山和夫: 腎盂形成術の臨床的観察. *日泌尿会誌*, 63, 641—648, 1972.
- 7) Kiil, F.: Physiology of the renal pelvis and ureter. *Campbell's Urology* Forth edition Vol. 1.

- 55—86, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1978.
- 8) 岡 直友：水腎症の臨床的知見の補遺 殊に拡張せる上部尿路腔縮小の可能性並びに腎動脈像の腎保存的手術適応決定上の価値。日泌尿会誌, 56, 506—517, 1965.
- 9) O'Reilly, P.H., Testa, J.J., Lawsou, R.S., Farrar, D.J. and Edwards, E.C.: Diuresis renography in equivocal urinary tract obstruction. Brit. J. Urol., 50, 76—80, 1978.
- 10) Stage, K.H. and Lewis, S.: Use of radionuclide washout test in evaluation of suspected upper urinary tract obstruction. J. Urol., 125, 379—381, 1981.
- 11) 土田正義：尿管機能からみた上部尿路手術の批判。西日泌尿, 31, 337—342, 1969.
- 12) Tsuchida, S.: Some factors controlling ureteral peristalsis. Tohoku. J. Exp. Med., 101, 55—66, 1970.
- 13) 土田正義, 原田 忠, 西沢 理, 森田 隆, 濃沼信夫, 坂本文和, 松尾重樹：腎盂尿管機能よりみた腎盂形成術の検討。日泌尿会誌, 73, 1—9, 1982.
- 14) Whitaker, R.H. and Flower, C.D.R.: Megacalices—How broad a spectrum. Brit. J. Urol., 58, 1—6, 1981.
- 15) Tscholl, R., Osypka, P., Goetlin, J. and Zinyg, E.: Measurement of the velocity and the rate of ureteral contractions with a videointegrator in a model, in animals and humans preoperatively and with intact body surface. Invest. Urol., 12, 224, 1974.
- 16) Lutzeyer, W. and Melchior, H. Uro Rheographie: Eine neue Methode der Harnflußmessung in Harnleiter mit Wärmeleitelementen. Urology, 8, 208—211, 1969.
(1982年9月27日受付)
-