上部尿路結石症の成因に関する尿路の形態学的 および尿流動態学的検討

近畿大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 栗田 孝教授)

石 川 泰 章

RENAL MORPHOLOGY AND URODYNAMIC FACTORS FOR RENAL STONE FORMATION

Yasuaki Ishikawa

Department of Urology, Kinki University School of Medicine
(Director: Prof. T. Kurita)

Studies on the pathogenesis of urolithiasis have mainly focused on metabolic disorders. However, metabolic disorders alone are not sufficient to explain the problem. In the present study, morphological and urodynamic differences of the upper urinary tract on both the stone and normal side were examined. There were 35 cases of those who had experienced unilateral, recurrent, and/or multiple stone formation.

1. Morphologic study. Study of the pelvic-caliceal system (PCS) revealed significant differences in the following parameters on the stone side as compared with the normal side. The findings were: 1) the number of minor calices (papillae), N_p , was higher; 2) the number of major calices, N_m , was higher; 3) the number of branches, N_b , was higher; 4) the lower calyx radius, l_2 , was longer; 5) the total calyx area, A_c , was larger; 6) the renal pelvic area, A_r , was larger; 7) and the total area, A_t , was larger.

2. Urodynamic study. Additional study of the urodynamic factors revealed significant differences in the following parameters on the stone side as compared with the normal side. These findings include: 1) the peristaltic frequency in the upper third of the ureter was less; 2) the difference in peristaltic interval was longer and the rhythm of the peristaltic discharge was irregular. However, no significant difference in the contraction pressure was found except in the pelviureteral junction. After furosemide had been administered, the contraction pressure decreased while the peristaltic frequency increased on both sides. Furthermore, it was found that on the stone side the peristaltic interval decreased significantly as well as the rhythm of the peristaltic discharge becoming regular.

The results of the two studies indicate that in the same individual the urine flow in the stone side as compared to the of the normal side is either stagnant or inconstant, thereby creating conditions conducive to the formation and growth of stones which become difficult to discharge owing to these same conditions. Therefore, morphological and urodynamic disorders of the upper urinary tract may be considered as factors contributing to stone formation. It appears that the diuretic action is an effective method for preventing stone recurrence and facilitating stone passage.

Key words: urolithiasis, morphology, urodynamics

要旨: 尿路結石症の成因に関する研究は代謝異常面から主に行われてきたが, 代謝異常だけでその成因をすべて説明することは困難である。そこで本研究では上部尿路の形態学および尿流動態学的観点から結石成因について検討した。

形態学的研究では結石側は正常側に比べ、①小腎杯（乳頭）数が多い、②分枝数が多い、③腎盂半径が長い、④最下方径が長い、⑤腎杯総面積が広い、⑥腎盂面積が広い、⑦総面積が広い、という結果であった。

尿流動態学的研究では結石側は正常側に比べ、①蠕動頻度が少なく、特に上部尿管では有意差を認める。②蠕動間隔差が有意に大きく、蠕動発生は不規則である。③個人差が大きい、という結果であった。しかし、収縮圧は腎盂尿管移行部を除き、正常側と結石側に有意差はなかった。また、フロセמיד負荷により正常側、結石側ともに収縮圧は減少し、蠕動頻度は増加した。蠕動間隔は結石側で著明に減少し、不規則であった蠕動発生は規則的になった。

以上2つの研究より、同一個人においても結石側は正常側に比べ、尿流量や尿流速が低下し、尿の停滞や濃縮を招き、尿路結石を作りやすく、さらに排石に関しても好ましくない状態にあると言える。すなわち、結石成因の1つとして、上部尿路の形態および尿流動態の異常が考えられた。また、水分摂取など利尿作用は代謝面だけではなく、尿流動態の改善という点からも効果的な再発予防および排石促進法と考える。

キーワード：尿路結石症、形態学、尿流動態学

緒 言

上部尿路結石症の発生率は戦後本邦において急増し、生涯罹患率は1985年には5.4%となり¹⁾²⁾、欧米の報告³⁾⁴⁾に近づいてきている。上部尿路結石症の外科的治療は内視鏡手術やESWLの発達により非侵襲的な処置が可能となってきたため、一方で再発予防を含めてその成因精査がおろそかになっている感否めない。

尿路結石症の成因に関する研究はカルシウムや尿酸を中心とした代謝異常面から主に行われてきた。しかし、代謝異常だけで成因をすべて説明することは困難である。原因不明の症例、すなわち特発性尿路結石症症例の頻度は約半数を占めていたという報告もなされている²⁾。

私はESWL治療などの臨床に携わる過程において上部尿路結石症の成因に上部尿路の形態および尿流動態の異常が関与しているのではないかと次の事柄から推察した。すなわち、単発の腎結石の中で下腎杯結石の頻度が約70%と高く⁵⁾、ESWL後下腎杯結石は完全排石するまでの日数が長く、排石率も悪い⁶⁾、再発結石患者500人を無作為に選び再発側を調べたところ、同側再発が約60%と高い、すなわち、結石再発の多くが片側性にできる⁷⁾、などである。さらに、古くからよく知られていることではあるが、長期臥床や神経因性膀胱などの排尿障害も結石成因の一つである⁸⁾。

これらのことより、上部尿路の形態および尿流動態は同一個人であっても結石側は正常側と異なり、これらの異常が結石形成や成長をきたし、さらに排石にも関与しているのではないかと考えた。

しかし、上部尿路の形態および尿流動態から結石成

因を検討した報告はない。そこで私は上部尿路結石症の成因について、上部尿路の形態異常および尿流動態異常の両面から、前者は静脈性腎盂造影（以下IVPと略す）で撮影したレントゲンフィルムを、後者はマイクロトランスデューサー付きカテーテルを用いて検討した。

対象と方法

対象は1991年10月から1993年3月までに近畿大学医学部附属病院泌尿器科および新明会神原病院泌尿器科に通院した腎結石症例500例中以下の選択条件に合致した35例（男性26例、女性9例、平均年齢 49.5 ± 12.5 歳）とした。選択条件として、①一側の上部尿路にのみ再発または多発した症例、②上部尿路の観血的手術を受けた既往がない症例、③腎機能障害がなく、IVP上水腎、水尿管を認めず、造影剤の排泄に左右差がない症例、④検査時に尿路感染を認めなかった症例とした。35症例の結石分析を表1に示す。

（研究Ⅰ：形態学的検討）

結石が存在せず、水腎、水尿管など結石形成に影響

表1 対象症例の結石分析

Caox*	3
Caox+apatite	19
CaOX+apatite+struvite	1
シスチン	1
その他	2
不明	9
計	35

*Caox: calcium oxalate

表2 形態学的検討に使用した各パラメーター

①	小腎杯(乳頭)数、 N_p	(図 1)
②	大腎杯数、 N_m	(図 1)
③	分枝数、 N_b	(図 1)
④	腎盂半径、 l_0	(図 2)
⑤	腎盂に接する最大円の半径。 最上方径、 l_1 その円の中心Mから最上方の小腎杯 までの長さ。	(図 2)
⑥	最下方径、 l_2 最下方の小腎杯までの長さ。	(図 2)
⑦	腎杯総面積、 A_c 各腎杯の総和。腎漏斗部の最も狭い 部位を腎盂と腎杯との境界とする。	(図 3)
⑧	腎盂面積、 A_r 最下方径 l_2 を半径に中心Mから円を 描き、尿管との交叉線を腎盂と尿管 との境界とする。	(図 3)
⑨	総面積、 A_t 腎杯総面積(A_c) + 腎盂面積(A_r)	(図 3)
⑩	腎杯角、 α_1 上腎杯と下腎杯とのなす角度。	(図 4)
⑪	腎盂-下腎杯角、 α_2 上腎杯と下腎杯を2等分し、中心Mを 通る線を腎盂からの流れとし、その 線と下腎杯とのなす角度。	(図 4)
⑫	腎盂-尿管角、 α_3 同様の腎盂からの流れと尿管とのな す角度。	(図 4)

図1 形態学的パラメーター

N_p : 小腎杯数, N_m : 大腎杯数, N_b : 分枝数
例: この図では $N_p=6$ (①~⑥), $N_m=2$ (i, ii),
 $N_b=9$ (1~9)

$N_p = 6$
 $N_m = 2$
 $N_b = 9$

図2 形態学的パラメーター

l_0 : 腎盂半径, l_1 : 最上方径, l_2 : 最下方径, M: 中点

図3 形態学的パラメーター

A_c : 腎杯総面積, A_r : 腎盂面積, A_t : 総面積, l_2 : 最
下方径

$A_c = A_1 + A_2$
 $A_t = A_c + A_r$

がないと考えられる時点でのIVPフィルムを用いて
上部尿路の形態学的差異について結石側と正常側とを
比較した。IVPはイオパミドール40mlを約2分間で
静注し、静注15分後に仰臥位で撮影したレントゲン
フィルムを用いた。形態学的差異は表2および図1
~4に示した12のパラメーターについて比較検討し

た。

統計学的検討はPaired t-testを用いた。

(研究II: 尿流動態学的検討)

検査方法は、研究Iを行った症例に対し、碎石位で
経尿道的にダンテック社製8Frマイクロトランス
デューサー付カテーテルを尿道口より腎盂まで挿入し

図 4 形態学的パラメーター

α_1 ：腎杯角， α_2 ：腎盂一下腎杯角， α_3 ：腎盂尿管角，
M：中点

た．腎盂，腎盂尿管移行部，上部尿管，中部尿管および下部尿管と順に透視下にカテーテルを引き抜きながら5カ所で蠕動波形を記録した．その後，カテーテルを腎盂まで再挿入しフロセマイドを10mg 静脈内投与し，同様の5カ所において蠕動波形を記録した．

記録はカテーテルをダンテック社製 DISA2000 urosystem に接続し行い，測定部位に固定後波形が安定した状態となってから開始した．

記録結果から収縮圧と蠕動頻度を実測した．さらに各蠕動の間隔を測定し，その最大値と最小値との差を蠕動間隔差とし計算した．以上の3項目について5カ所各々で結石側と正常側とを比較した．

測定条件は検査前6時間を絶飲，絶食とし，検査直前に生理食塩水を点滴し，輸液速度は100ml/時間に検査中は一定とした．男性は1%塩酸リドカイン10mlを用い仙骨麻酔をし，女性は無麻酔で行った．また，膀胱容量を100mlとして測定を行い，大気圧を0ポイントとした．

統計学的検討は Paired t-test を用いた．

なお，本検査を行うにあたり検査内容を充分に説明し，了承を得られた症例に行った．同意については文書でもらった．

結 果

(研究 I：形態学的検討)

結果を表3に示す．結石側の pelvic-caliceal sys-

表 3 形態学的検討の結果

パラメーター	正常側	結石側	p-value
小腎杯（乳頭）数、Np	11.1±2.5	13.4±3.2	p<0.01
大腎杯数、Nm	2.3±0.5	2.5±0.5	n.s.
分枝数、Nb	18.1±4.8	21.6±5.6	p<0.05
腎盂半径、l0(mm)	6.2±1.7	7.2±3.0	p<0.05
最上方径、l1(mm)	35.5±6.0	36.7±6.8	n.s.
最下方径、l2(mm)	31.2±6.3	33.3±6.4	p<0.05
腎杯総面積、Ac(mm ²)	372.3±136.7	487.5±272.3	p<0.05
腎盂面積、Ar(mm ²)	387.5±139.5	531.0±410.2	p<0.05
総面積、At(mm ²)	760.2±216.5	1018.5±608.3	p<0.02
腎杯角、 $\alpha_1(^{\circ})$	104.5±20.2	117.2±30.1	n.s.
腎盂一下腎杯角、 $\alpha_2(^{\circ})$	128.3±13.0	121.9±17.2	n.s.
腎盂尿管角、 $\alpha_3(^{\circ})$	63.4±17.6	68.6±20.9	n.s.

(mean±S.D.)

表 4 尿流動態学的検討の結果

I：収縮圧の正常側と結石側の比較および測定部位5カ所間の比較

収縮圧 (cmH ₂ O)	正常側	結石側	p-value
腎 盂	10.2±5.7	11.5±10.4	n.s.
腎盂尿管移行部	37.8±14.4	49.3±21.0	p<0.02
上部尿管	62.5±19.7	66.0±23.8	n.s.
中部尿管	54.8±19.9	56.2±17.7	n.s.
下部尿管	43.0±16.7	41.4±17.8	n.s.

収縮圧の部位間の比較 (上段：正常側 下段：結石側)				
	下部尿管	中部尿管	上部尿管	腎盂尿管移行部
腎 盂	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01
	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01
腎盂尿管移行部	n.s.	p<0.01	p<0.01	
	n.s.	n.s.	p<0.05	
上部尿管	p<0.01	n.s.		
	p<0.01	p<0.05		
中部尿管	p<0.02			
	p<0.05			

mean±S.D.
N.S.: not significant

tem (以下 PCS と略す) は正常側と比べ次の7つのパラメーターに有意差を認めた．①小腎杯（乳頭）数が多い (p<0.001)．②分枝数が多い (p<0.05)．③腎盂半径が長い (p<0.05)．④最下方径が長い (p<0.05)．⑤腎杯総面積が広い (p<0.05)．⑥腎盂面積が広い (p<0.05)．⑦総面積が広い (p<0.02)．他の5つのパラメーターは両側間に有意差を認めなかった．

(研究 II：尿流動態学的検討)

収縮圧は腎盂尿管移行部においては結石側は正常側に比べ有意に高かったが (p<0.02)．他の部位では両側間に有意差はなかった (表4)．5カ所の測定部位間で収縮圧を比較すると，正常側と結石側は同様の結果であった．すなわち，腎盂が有意に最も低く，次いで腎盂尿管移行部の順であった．尿管では上部尿管，中部尿管，下部尿管の順で高値であった (表4)．蠕動頻度は測定部位の5カ所すべてで結石側は正常側に比べ少なく (表5)．特に上部尿管において有意差を認めた (p<0.05)．測定部位間で蠕動頻度を比較すると，正常側では腎盂と中部尿管に有意差を認めたが (p<

表5 尿流動態学的検討の結果

II：蠕動頻度の正常側と結石側の比較および測定部位5カ所間の比較

蠕動頻度 (回/分)	正常側	結石側	p-value
腎 孟	4.5±1.5	4.1±1.6	n.s.
腎盂尿管移行部	4.2±1.2	3.5±1.8	n.s.
上部尿管	3.9±0.9	3.1±1.3	p<0.05
中部尿管	3.6±0.8	3.0±1.3	n.s.
下部尿管	3.7±1.1	2.6±1.2	n.s.
蠕動頻度の部位間の比較 (上段：正常側 下段：結石側)			
	下部尿管	中部尿管	上部尿管
腎 孟	n.s.	p<0.05	n.s.
	p<0.01	p<0.02	p<0.05
腎盂尿管移行部	n.s.	n.s.	n.s.
	n.s.	n.s.	n.s.
上部尿管	n.s.	n.s.	mean±S.D.
	n.s.	n.s.	N.S.: not significant
中部尿管	n.s.		
	p<0.05		

0.05), 各部位の蠕動頻度はほぼ一定であった(表5)。一方, 結石側は各測定部位間で蠕動頻度の異なるものが多く, 腎盂と上部尿管 (p<0.05), 腎盂と中部尿管 (p<0.02) 腎盂と下部尿管 (p<0.01) および中部尿管と下部尿管 (p<0.05) の4つの比較において有意差を認めた(表5)。

蠕動間隔差の比較では正常側は, 結石側と比べ全ての部位において有意差をもって小さかった(表6)。

フロセマイド負荷による検討では, 正常側は蠕動頻度の著増とともに収縮圧の減少を認めた。蠕動間隔差は負荷前と変化はなく, 蠕動発生は規則的であった。

表6 蠕動間隔差(蠕動各々の発生間隔の最大値と最小値)の正常側と結石側の比較

蠕動間隔差 (秒)	正常側	結石側	p-value
腎 孟	5.1±2.5	14.4±10.6	p<0.02
腎盂尿管移行部	6.0±2.9	22.7±16.6	p<0.002
上部尿管	6.5±4.1	20.0±12.8	p<0.001
中部尿管	6.8±3.8	18.9±14.5	p<0.05
下部尿管	5.7±2.5	21.1±12.7	p<0.05
mean±S.D.			

結石側は収縮圧は減少, 蠕動頻度は増加と正常側と同様の結果であった。蠕動間隔差は負荷前と比べ著明に減少し, 不規則であった蠕動発生は規則的になった。

尚, 両側上部尿路への逆行性の操作にあたり, 検査後に発熱や腰痛など尿路通過障害による症状を呈した症例は一例もなかった。

以上述べた結果の代表症例を3例呈示する。

症例1: 71歳, 女性。右側のみの結石排石歴が3回あった。結石分析は不明。検査時結石は存在せず, IVP上両側ともに水腎, 尿管を認めず造影剤の排泄に左右差はなかった。正常側は蠕動の発生が規則的で, 収縮圧も一定である。一方, 結石側は発生間隔が不規則であり, 収縮圧も不安定であった(図5)。

症例2: 55歳, 女性。左尿管結石の既往が3回あり,

図5 症例1 (71歳, 女性, 結石歴右側3回)の尿流動態学的検討の結果
結石側(右)は正常側(左)に比べ蠕動頻度が少なく, 発生間隔が不規則である。また, 収縮圧も不安定である。

図6 症例2 (55歳, 女性, 結石歴左側3回) のIVP
所見

両側とも水腎・水尿管はなく造影剤の排泄にも差はなかった。結石嵌頓部位 (矢印②) とその上下 (矢印①と③) で測定を行った。

いずれも結石は同一部位 (図6 矢印②) で嵌頓しESWLをその都度施行されていた。検査時結石は存在せず、IVP上左右差も認めず、その嵌頓部位 (図6 矢印②) と上下部位 (図6 矢印①と③) で波形を記録した。嵌頓部位の上下部位は蠕動は規則正しく発生し、収縮圧も一定であったが、嵌頓部位では蠕動の発生は規則的も収縮圧は著明に低く、波形も二相性を示すなど不規則であった (図7)。

症例3: 55歳, 男性。左側の結石自排歴が1回あり、結石分析は碳酸カルシウム39%, リン酸カルシウム61%であった。検査時は左下腎杯に7×4mmの結石が存在していたが、IVP上両側ともに水腎, 水尿管はなく造影剤排泄に左右差はなかった。上部尿管の記録を呈示するが、結石側は正常側に比べ蠕動の発生は不規則で、頻度が少なく、収縮圧も不安定である (図8)。しかし、フロセマイド負荷により、蠕動頻度が増加するとともに発生間隔は規則的となり収縮圧も安定した (図8)。

考 察

尿路結石症の成因に関する研究はカルシウムや尿酸などの尿中結石関連諸物質の代謝異常を中心に行われてきた^{9)~12)}。私達も同様の研究を行ってきたが^{13)~15)},

図7 症例2の結石側 (図6 矢印①~③) の尿流動態学的検討の結果

結石嵌頓部位 (矢印②) では、その上下部位 (矢印①と③) と異なり収縮圧は有意に低く、二相性の波形もみられる。

(結 石 側)

尿路結石症の原因は多岐にわたっており代謝異常だけで結石の成因を説明することは困難である。

私が今回行った研究は、尿路の形態および尿流動態の両面から上部尿路結石症の成因を調べたものである。この研究に至った経緯は、前述のごとく腎結石では下腎杯結石の頻度が高く⁵⁾、結石再発の多くが片側性にできる⁷⁾、などに気づき、これらは尿路の形態や尿流動態の異常によるものではないかと推察したためである。そこで、上部尿路結石症患者において形態学的および尿流動態学的に種々のパラメーターを結石側と正常側との間で比較検討した。

対象症例の選択条件は結石側と正常側の両側を比較する目的から次のごとく厳しくした。まず、尿路の観血的手術を受けた既往がない症例としたが、ESWLは除外手術としなかった。腎機能および尿路形態に異常のある症例は形態学的、尿流動態学的に両側間に差の存在することが考えられるため、IVP所見やクレアチ

図8 症例3 (55歳, 男性, 結石歴左側2回) の尿流動態学的検討の結果

結石側(中)は正常側(上)に比べ蠕動頻度が少なく, 発生間隔が不規則である。しかし, フロセマイド負荷により蠕動間隔は一定となり, 発生は規則的になっている。

(正常側)

(結石側)

フロセマイド負荷後

ニクリアランス値をもとに除外した。なお, 今回の対象症例の中で一部ではあるが, さらに腎シンチグラフィやRIレノグラムを施行し, 両側間に差がないことを確認した。また, シスチン結石症例では両側腎に同率の頻度で結石が形成され则认为られるので, 対象から除外しなかった。今回, 選択条件に合致した症例は腎結石症例500例中35例, 7%であった。

形態学的研究の結果から判ったことは, 結石側のPCSは正常側に比べ以下の点で異なっていた。①小腎杯(乳頭)数が多い。②分枝数が多い。③腎盂半径が長い。④最下方径が長い。⑤腎杯総面積が広い。⑥腎盂面積が広い。⑦総面積が広い。

しかし, 大腎杯数, 最上方径及び腎杯から腎盂, 腎盂から尿管への尿の流れをみる目的から求めた腎杯角, 腎盂-腎杯角および腎盂-尿管角の3パラメーター, 計5パラメーターには両側間に有意差はなかった。

以上の結果より, 結石側のPCSは正常側に比べ, 尿の停滞をおこしやすく, 結石の核形成や成長がおりやすいと考えられる。また, 最下方径が長いことから下腎杯に形成されたり, 下腎杯に落下した結石は自然排石が困難で成長しやすいと考えられる。

私達は, 以前にカルシウム含有結石患者50例において同様の方法で両側のPCSを比較し報告したが¹⁶⁾, 今回の研究結果はほぼ同じであった。すなわち, 結石患者は同一個人においても両側のPCSは形態学的に異なり, 結石形成側のPCSは正常側に比べ, 結石の形成, 成長および排石に関して好ましくない状態にあると言える。

しかし, この形態学的検討はX線フィルムを使用した尿路の静的な研究であり, 検討したパラメーターの値がそのまま結石形成の絶対的危険値を表しているわけではない。

そこで, マイクロトランスデューサー付カテーテルを用い尿流動態学的に正常側と結石側とを比較した。本研究を行うにあたり私は結石側は正常側に比べ収縮圧が低く, 蠕動頻度が少ないことより結晶や結石の核が排石されにくいのであろうと考えていた。今回の結果, 収縮圧は腎盂尿管移行部を除き正常側と結石側とに差異はなかった。一方, 結石側の蠕動頻度は正常側に比べ少なく, 特に上部尿管において有意差を認めた。蠕動間隔差は正常側と結石側とで最も大きい差異がみられ, その結果より結石側では波形1つ1つの間隔が大きく不規則に発生していること, かつ標準偏差が大きいことから各々個人差も大きいことが判明した。

代表症例3例で呈示したように, IVPでは両側間に形態的および機能的差異がないにもかかわらず, 結石側は正常側に比べ尿流動態的に異常を認めた。腎盂尿管移行部狭窄症やサンゴ状結石など形態的に異常のある症例では尿流動態的にも異常のあることはよく知られている事実である¹⁷⁾。しかし, 今回の私が得た知見は結石成因の面からはもちろん尿流動態学的にも興味深いものとする。

症例2では結石介在部の上下では尿流動態学的に正常側と差異がないにもかかわらず結石介在部にのみ異常所見がみられた。これは, 1回目の結石形成で生じた結果とも言えるが, この部位で著明な蠕動障害が発生し, 尿の輸送障害をおこしたため, IVP上尿管狭窄がないにもかかわらず同一部位での結石嵌頓をくり返したものとする。

症例3では結石の存在下で行っており結石の影響を

表7 各パラメーターで結石側が正常側と比べ一定以上の差を認めた症例数(有意差は★1:正常側+1, ★2:正常側+20%, ★3:正常側-1とした. ★4:1パラメーター以上有意差を認めた症例)

形態学的検討	症例数
小腎杯(乳頭)数* ¹	27/35 (77%)
大腎杯数* ¹	13/35 (37%)
分枝数* ²	23/35 (66%)
腎盂半径* ²	24/35 (69%)
最上方径* ²	10/35 (29%)
最下方径* ²	20/35 (57%)
全腎杯面積* ²	22/35 (63%)
腎盂面積* ²	19/35 (54%)
総面積* ²	20/35 (57%)
腎杯角* ²	16/35 (46%)
腎盂-下腎杯角* ²	6/35 (17%)
腎盂-尿管角* ²	10/35 (29%)
計* ⁴	34/35 (97%)

尿流動態学的検討	症例数
収縮圧* ²	21/35 (60%)
蠕動頻度* ³	17/35 (49%)
蠕動間隔差* ²	26/35 (74%)
計* ⁴	27/35 (77%)

考慮にいれても、今回見られた尿流動態的異常が既存の結石の排石を妨げ、さらなる結石の形成や成長をきたすと思われる。

以上2つの形態学的及び尿流動態学的検討はともに平均値で正常側と結石側を比較したものである。従って、実際に両側間に差異のある症例がどの程度であるかを示していない。そこで、各パラメーターについて結石側が正常側と比べ一定以上の差を認めた症例数を調べた(表7)。一定以上の差とは結石側が、小腎杯(乳頭)数と大腎杯数については正常側+1、蠕動頻度については正常側-1、その他のパラメーターについては正常側+20%とした。1パラメーター以上に差を認めた症例は、形態学的検討では35例中34例、97%、尿流動態学的検討では35例中27例、77%であった。また、全例で2つの検討をあわし1パラメーター以上に差を認めた。

上部尿路結石症患者では両側間で形態学的に何らかのパラメーターに一定以上の差が存在しており、その結果として、IVP上水腎、尿管がなく、造影剤の排出に左右差がない症例を選択したにもかかわらず尿流動態にも両側間で差が現れたものとする。

フロセマイド負荷時の反応では正常側、結石側ともにこれまでの報告¹⁸⁾¹⁹⁾と同様に収縮圧は減少し、蠕動頻度は増加した。蠕動間隔差は正常側では変化を認めなかったにもかかわらず、結石側では著明に減少した。

すなわち、不規則であった蠕動発生がフロセマイド負荷により規則的となった。尿路結石症に対して水分摂取を促す指導は、ヒポクラテスがすでに唱えるところであり²⁰⁾、私達も重要な食事指導の1つとして行っている²¹⁾²²⁾。水分摂取の目的は、結石の排石促進²³⁾と結石関連諸物質の尿中濃度を薄め²⁴⁾²⁵⁾、結晶形成の過飽和状態²⁶⁾²⁷⁾を防ぐことと考えられている。しかし、今回の検討から水分摂取など利尿作用は尿流動態を改善し、正常に近づける効果があることが推察された。この点からも水分摂取が尿路結石例に対する重要な生活指導の1つと言える。

結 語

上部尿路結石症の成因を尿路の形態および尿流動態の両面から正常側と結石側とで比較し検討した。

(形態学的検討)

結石側は正常側に比べ、①小腎杯(乳頭)数が多い、②分枝数が多い、③腎盂半径が長い、④最下方径が長い、⑤腎杯総面積が広い、⑥腎盂面積が広い、⑦総面積が広い、という結果であった。

(尿流動態学的検討)

結石側は正常側に比べ、①蠕動頻度が少なく、特に上部尿管では有意差を認める、②蠕動間隔差が有意に大きく、蠕動発生は不規則である、③個人差が大きい、という結果であった。しかし、収縮圧は腎盂尿管移行部を除き、正常側と結石側に有意差はなかった。

また、フロセマイド負荷により正常側、結石側ともに収縮圧は減少し、蠕動頻度は増加した。蠕動間隔差は結石側で著明に減少し、不規則であった蠕動発生は規則的になった。

以上2つの研究より、同一個人においても結石側は正常側に比べ、尿流量や尿流速が低下し、尿の停滞や濃縮を招き、結石の核形成や成長がおりやすく、さらに排石に関しても好ましくない状態にあると言える。すなわち、結石成因の1つとして、上部尿路の形態および尿流動態の異常が考えられた。また、水分摂取などの利尿作用は代謝面だけではなく、尿流動態の改善という点からも効果的な再発予防および排石促進方法と考える。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜った恩師栗田孝教授に深謝いたします。また、直接御指導いただいた井口正典講師、名古屋市立大学泌尿器科、郡健二郎教授、および研究の遂行にあたり御協力いただいた近畿大学医学部泌尿器科と新明会神原病院泌尿器科の諸先生に深甚なる感謝の意を表します。

本論文の要旨は、第41, 43回日本泌尿器学会中部総会(第41回名古屋, 第43回神戸), 第2回日本尿路結石症研究会(三重県長島町) および Ninth biannual meeting International society for dynamics of the upper urinary tract (Akita) で発表した。

文 献

- 1) 吉田 修: 日本における尿路結石症の疫学. 日泌尿会誌, **70**, 975—983, 1979.
- 2) Yoshida, O. and Okada, Y.: Epidemiology of urolithiasis in Japan: A chronological and geographical study. *Urol. Int.*, **45**, 104—111, 1990.
- 3) Sierakowski, R., Finlayson, B., Landes, R.R., Finlayson, C.D. and Sierakowski, N.: The frequency of urolithiasis in hospital discharge diagnosis in the United States. *Invest. Urol.*, **15**, 438—441, 1978.
- 4) Ljunghall, S., Backman, U., Danielson, B.G., Fellstrom, B., Johansson, G. and Wikstrom, B.: Epidemiological aspects of renal stone disease in Scandinavia. *Scand. J. Nephrol. Suppl.*, **53**, 31—36, 1980.
- 5) 石川泰章, 加藤良成, 光林 茂, 松浦 健, 郡健二郎, 秋山隆弘, 栗田 孝: 経皮的腎尿管結石破碎術と経尿道的尿管結石破碎術の治療成績. 西日泌尿, **52**, 9—13, 1990.
- 6) 原 靖, 郡健二郎, 高田昌彦, 児玉光正, 石川泰章, 栗田 孝: 2回以上 ESWL 治療を要した症例の要因の検討. 日泌尿会誌, **83**, 1124—1129, 1992.
- 7) 石川泰章, 山手貴詔, 尼崎直也, 梅川 徹, 児玉光正, 高村知論, 高田昌彦, 加藤良成, 郡健二郎, 栗田 孝, 片山孔一, 片岡喜代徳, 井口正典: 尿路動態からみた上部尿路結石症の成因に関する検討. 第2回日本尿路結石症研究会記録集, pp. 146—151, 1992.
- 8) Hamburger, J., Richt, G., Crosnier, J., Funck-Brentano, J.L., Antoine, B., Ducrot, H., Mery, J. P. and deMontera, H.: *Nephrology*, vol. 1, pp. 426—442 Saunders Co., Philadelphia, 1986.
- 9) Hodgkinson, A.: Relations between oxalic acid, calcium, magnesium and creatinine excretion in normal men and male patients with calcium oxalate kidney stones. *Clin. Sci. Mol. Med.*, **46**, 357—367, 1974
- 10) Welshman, S.G. and McGeown, M.G.: Urinary citrate excretion in stone-formers and normal controls. *Br. J. Urol.*, **48**, 7—11, 1976.
- 11) Pak, C.Y.C.: *Hypercalciurias, Calcium Urolithiasis*. New York, Plenum Press, pp. 37—79, 1978.
- 12) Coe, F.L.: *Hyperuricosuric calcium oxalate nephrolithiasis*. *Kidney Int.*, **13**, 418—426, 1978.
- 13) Ishikawa, Y., Umekawa, T., Kodama, M., Katayama, Y., Takada, M., Katoh, Y., Kataoka, K., Iguchi, M., Kohri, K. and Kurita, T.: The influence of dietary animal protein on calcium stone formation. *Acta Med. Kinki Univ.*, **15**, 43—47, 1990.
- 14) Kohri, K., Kodama, M., Ishikawa, Y., Katayama, Y., Takada, M., Katoh, Y., Kataoka, K., Iguchi, M. and Kurita, T.: Relationship between metabolic acidosis and calcium phosphate urinary stone formation in women. *Int. Urol. Nephrol.*, **23**, 307—316, 1991.
- 15) Kodama, M., Kohri, K., Iguchi, M., Katoh, Y., Takada, M., Katayama, Y., Ishikawa, Y., Umekawa, T., Yashiku, S. and Kurita, T.: A new method for determination of urinary citrate. *Urol. Res.*, **20**, 165—168, 1992.
- 16) Ishikawa, Y., Kohri, K., Iguchi, M., Umekawa, T., Katayama, Y., Kodama, M., Takamura, C., Takada, M., Katoh, Y., Kataoka, K. and Kurita, T.: Influence of morphologic factors on calcium-containing stone formation. *Urol. Int.*, **48**, 206—209, 1992.
- 17) Tsuchida, S.: Pathogenesis of the congenital hydronephrosis. *Akt. Urol.*, **21**, 52—60, 1990.
- 18) Pohl, J., Dambacher, U., Sulke, J. and Holzknicht, A.: In vivo measurement of force in the ureter. 2. Influence of urinary flow. *Urol. Int.*, **46**, 313—317, 1991.
- 19) Harada, T. and Constatinou, C.E.: Renal pelvic pressure isolation from active and passive bladder pressures in the rat: The facilitating effect of urine flow rate. *Urol. Int.*, **48**, 284—29, 1992.
- 20) Daugherty, S.K.: The Hippocratic oath: Its background, origins and partial history. *J. Kansas Med. Sci.*, **61**, 607—615, 1960.
- 21) 郡健二郎, 石川泰章, 加藤良成, 井口正典, 栗田 孝: 繰り返す結石症の対策—食事療法を中心とした日常生活の指導. 治療, **71**, 1601—1606, 1989.
- 22) Iguchi, M., Umekawa, T., Ishikawa, Y., Katayama, Y., Kodama, M., Takada, M., Katoh, Y., Kataoka, K., Kohri, K. and Kurita, T.: Clinical effects of prophylactic dietary treatment on renal stones. *J. Urol.*, **144**, 229—232, 1990.
- 23) 高田昌彦, 江左篤宣, 永井信夫, 大西規夫, 植村匡志, 若林 昭, 朴 英哲, 金子茂男, 郡健二郎, 栗田 孝, 神原信明, 田村峯雄: 体外衝撃波による腎, 尿管破碎術後における排石促進因子の検討. 日泌尿会誌, **78**, 1764—1768, 1987.
- 24) Pak, C.Y.C., Smith, L.H., Resnick, M.I. and

- Weinerth, J.L.: Dietary management of idiopathic calcium urolithiasis. *J. Urol.*, **131**, 850—852, 1984.
- 25) 井口正典, 江左篤宣, 永井信夫, 高田昌彦, 片岡喜代徳, 辻橋宏典, 加藤良成, 郡健二郎, 栗田 孝, 八竹 直: 尿路結石症の発生原因に関する検討 (第5報). —カルシウム含有結石に対する食事指導の再発予防成績について—. *日泌尿会誌*, **76**, 1111—1118, 1985.
- 26) Robertson, W.G., Peacock, M. and Nordin, B.E. C.: Activity products in stone-forming and non-stone-forming urine. *Clin. Sci.*, **34**, 579—594, 1968.
- 27) Tiselius, H.G.: An estimate of the ion-activity product of magnesium ammonium phosphate in urine. *Eur. Urol.*, **12**, 346—349, 1986.
(1994年7月8日受付, 10月3日受理, 特別掲載)
-