

# ヨウ化ナトリウム排泄による尿路のレントゲン画像

## Roentgenography of Urinary Tract During Excretion of Sodium Iodid

Osborne ED, Sutherland CG, Rowntree LG\*. JAMA 80:368-79, 1923

尿路，すなわち膀胱，腎，尿管を簡単，無痛性に描出する方法が必要である。カテーテルと様々な造影剤を使った成功例が，膀胱，尿管，腎盂について報告されている。膀胱造影，尿路造影は，欠点，限界があるとはいえ，非常に重要である。しかし尿道カテーテル，尿管カテーテルの使用は，医師，患者いずれの立場からみても明らかな欠点である。尿管へのカテーテル挿入は時として技術的に困難であり，しばしば耐えがたい苦痛，時に重篤な合併症を伴う。腎盂造影では腎盂が明瞭に描出されるが，腎自体の輪郭は描出できない。腎の外科的疾患，内科的疾患では，腎の大きさ，位置に関する情報がきわめて重要である。例えば腎炎では，腎が腫大しているか，萎縮しているか，あるいは正常大かを確認を知ることが決定的な意味を持つ。気腹法を使えば腎の輪郭は明瞭にわかるが，腎部に空気を注入する必要があることから一般的には行なわれていない。著者のひとり (LGR) は，ヨウ化ナトリウムを投与してこれが正常に尿中に排泄されれば，カテーテルを使用することなく腎，尿管，膀胱のレントゲン像が得られると考えた。また別のひとり (EDO) は，メイヨークリニックの皮膚科・梅毒科で，ヨード製剤の薬理学と治療効果を研究する目的で，50～250ccの10%ヨウ化ナトリウム溶液の静脈内投与を行なっており，これがこのアイデアを臨床試験する理想的な場となった。このような状況に恵まれたため，時間のかかる予備的動物実験を行なう必要なしに，直ちに直接的な臨床研究を行なうことができた。患者にはその目的を説明し，その多くがすすんでレントゲン検査を受けた。

### さまざまな尿路造影剤

1906年，VoelckerとLichtenberg[1]は，初めて腎盂に造影剤を注入してその輪郭を決定した。彼らを使用した銀コロイドは不潔，高価で，しばしば重篤な副作用が認められた。1915年，Burns[2]は硝酸トリウムを使用して非常に満足な結果を得た。この他さまざま

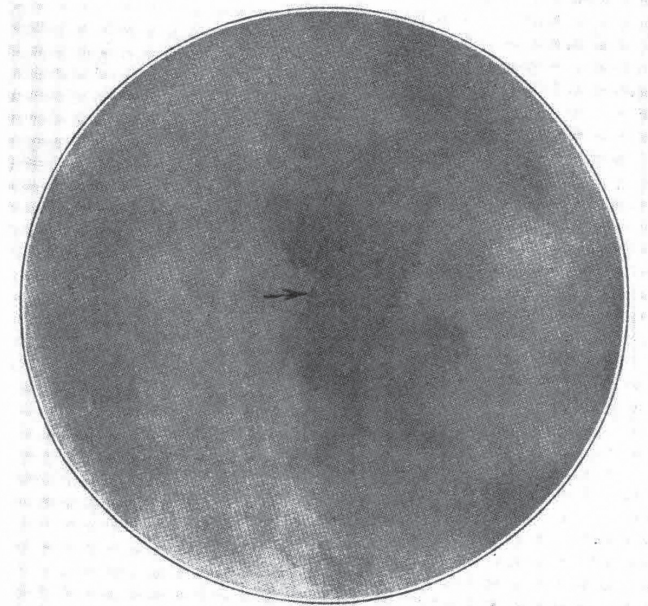


図2. 10%ヨウ化ナトリウム135cc静注。1時間半後に撮影したレントゲン画像。両側の腎盂，大きな腎杯，尿管の一部が描出されている。

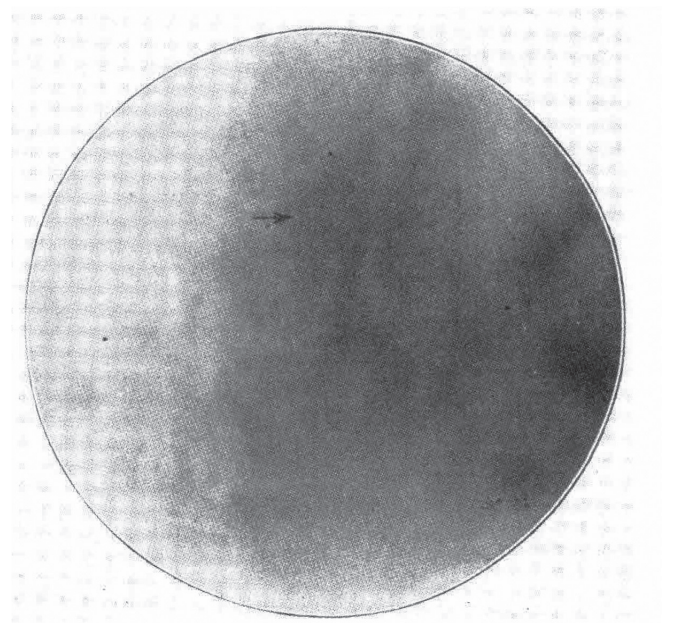


図3. 10%ヨウ化ナトリウム100cc静注。1時間後に撮影したレントゲン画像。左腎の腎盂，腎門から4～6cmの位置の尿管が明瞭に描出されている。トゲン画像。両側の腎盂，大きな腎杯，尿管の一部が描出されている。

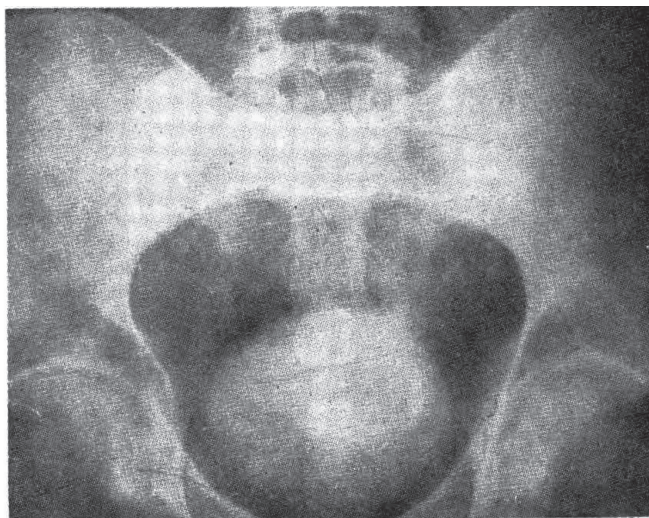


図1. 10%ヨウ化ナトリウム200cc静注。2時間後に撮影したレントゲン画像。充滿した膀胱が良好に描出されている。

\* Mayo Clinic 内科 (Minnesota州 Rochester)

まな化合物が提案されたが、いずれも満足なものではなかった。それぞれに高価で、しばしば強い副作用を伴うものであった。BraaschとMann[3]は、事実上すべての銀化合物は、腎盂内に停滞したり、あるいは圧入されることにより、皮質壊死を来すことを報告した。腎皮質に明らかな金属の蓄積を見る例もあった。Praetorius[4]は、ヨウ化銀コロイドを含む造影剤を使用し、1917年までに12例の死亡例を報告している。その後Schüssler[5]とBarreau[6]も、ヨウ化銀コロイドを含む造影剤の強い副作用を記載している。1913年にヨードを造影剤として使うことを初めて提案したのは、KellyとLewis[7]である。彼らはヨウ化銀懸濁液を使用した。造影剤としてのヨウ化ナトリウムは、1918年にCameron[8]が導入した。ヨウ化ナトリウムは毒性が非常に少ないことは以前から知られていたが、十分に評価されていなかった。梅毒の治療に当たる梅毒専門医は、膨大な量を臨床的に使用している。最近では、Weld[9]は実験的に25%溶液50ccのを静注しても、ヨードの毒性は見られなかったことを報告している。Weldは、臭化ナトリウムの使用に触れているが、これは現在、メイヨークリニックで腎盂、尿管の描出に広く利用されている。臭化ナトリウムはヨウ化ナトリウムに比べて副反応は少ないが、レントゲン像はより不明瞭である。臭化ナトリウムはヨウ化ナトリウムと同じく粘稠度が低いため、しばしば撮影前に腎盂から尿管に流れ去ってしまう。

## ヨウ化ナトリウムの投与方法

### 静脈内投与

1918年以來、皮膚科・梅毒科ではヨウ化ナトリウムの静脈内投与を行なっている。まず経口的に15グレイン(約1g)のヨウ化カリウムを、1日3回2日間投与し、薬物への特異反応がないことを確認する。急性ヨード中毒の症状がなければ、3日目に10%溶液の静注を開始する。投与量はさまざまで、化学的に純粋な10%ヨウ化ナトリウム溶液を5~20g静注する。Osborneが指摘するように、静注速度が急速に過ぎることなく4~5分以上かけて投与する限り、10g程度は症状を来さずに投与できると思われる。10g以上投与すると症状が現われるが、これはおそらく高張食塩水による浸透圧変化のためと考えられる。平均的な症例では、10gが妥当な量であろう。一般的なヨードに対する禁忌が適用されるのは当然のことである。すなわち、結核、腺腫性甲状腺腫、眼球突出性甲状腺腫、および高度の衰弱者はこの治療法の良い適応とはならない。一般的に、ヨウ化ナトリウム静注後の成績は次のように要約できる。

1. 5~20g静注後は、いずれの症例でも良好な膀胱の造影が得られる。

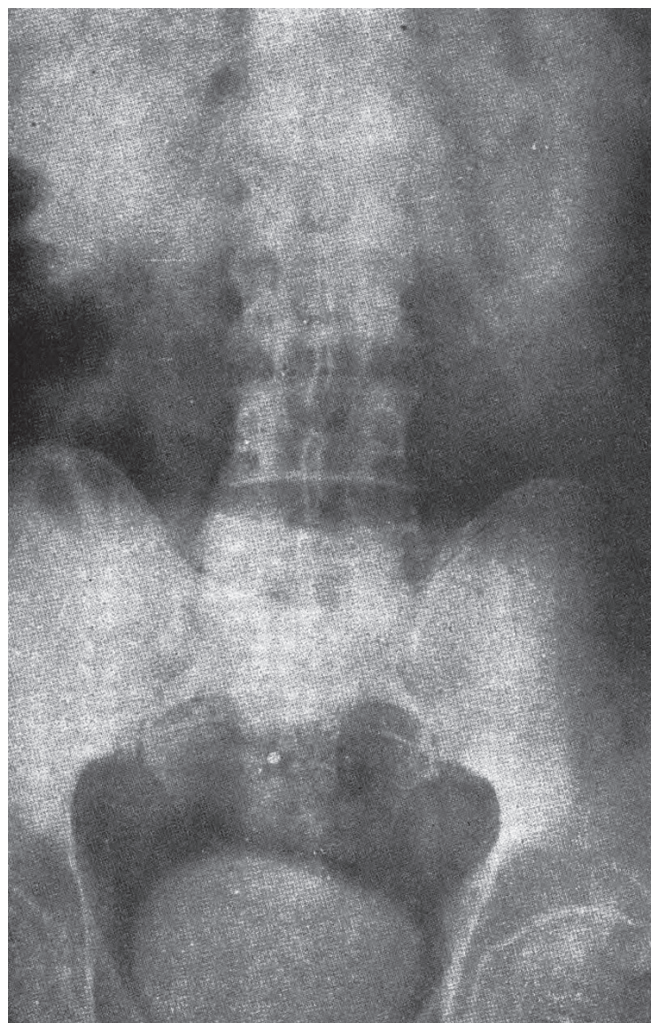


図4. 10%ヨウ化ナトリウム100cc静注。1時間半後に撮影したレントゲン画像。膀胱の完璧な輪郭、左腎盂の輪郭と腎杯と思われる陰影、腎門下3~4cmの尿管が描出されている。右腎は結腸ガスのため不明瞭である。

2. 10gでは、約50%の例で腎、尿管にある程度の造影が得られる。

3. 上部尿路、脾、肝の最良の画像は、15~20gの大量投与で得られる。ヨウ化ナトリウム投与とレントゲン撮影の間隔は、決定的に重要である。表Iに10%ヨウ化ナトリウムを5g、10g、20g投与した場合の、異なる時間間隔における尿中ヨード濃度を示す。投与量5gの場合、最高濃度は15~30分の8.5mg/ccであった。投与量10gの場合、同じく45~60分の10.2mg/cc、投与量20gでは2~3時間の12.7mg/cc、3~4時間の13.3mg/ccが最高値となった。このデータから、レントゲン撮影は、投与量5g、10g、20gのとき、それぞれ0.5時間、2時間、2~3時間に行なうべきであることがわかる。ヨウ化ナトリウムの実際の排泄率に基づくこの方法により、最良の結果が得られた[10]

### 経口投与

ヨウ化ナトリウムの経口投与による尿路のレントゲン像は、胃、小腸の造影剤の重なるのために価値がないと初めは考えていた。しかしそれに反して、適切な

TABLE I.  
IODIN IN THE URINE AFTER SODIUM IODID INTRAVENOUSLY

Time After	Sodium Iodid, 5 Gm.			Sodium Iodid, 10 Gm.			Sodium Iodid, 20 Gm.		
	Urine, C.c.	Iodin Excreted		Urine, C.c.	Iodin Excreted		Urine, C.c.	Iodin Excreted	
		Per Cent.	Mg. Per 100 C.c.		Per Cent.	Mg. Per 100 C.c.		Per Cent.	Mg. Per 100 C.c.
15 min.	9.5	1.2	5.6	43.0	1.2	2.5	55.0	0.5	1.6
30 min.	17.5	3.5	8.5	21.5	1.9	7.8	40.0	0.6	2.8
45 min.	16.5	2.9	7.4	21.5	2.5	10.0	26.0	0.5	3.8
1 hr.	14.0	2.0	6.3	22.5	2.7	10.2	25.5	1.0	7.0
2 hrs.	77.5	8.8	4.9	95.0	5.2	7.7	146.0	8.4	9.8
3 hrs.	54.0	5.4	4.4	106.0	5.2	4.2	104.0	7.7	12.7
4 hrs.	43.0	6.4	6.2	93.0	2.5	2.2	133.0	10.4	13.3
6 hrs.	.....	.....	.....	25.0*	1.9	5.9	.....	.....	.....
7 hrs.	218.0	16.5	3.2	.....	.....	.....	225.0	15.6	11.8
8 hrs.	.....	.....	.....	102.0	8.7	7.2	.....	.....	.....
18 hrs.	490.0	19.5	1.6	473.0	17.6	3.2	375.0	23.4	10.5
24 hrs.	245.0	10.0	1.7	590.0	6.6	0.9	151.0	8.1	7.5
48 hrs.	1055.0	14.7	0.59	965.0	15.5	1.4	1080.0	13.9	1.2
48 hrs.	960.0	2.8	0.12	1005.0	4.6	0.3	1030.0	3.7	0.6
96 hrs.	995.0	0.5	0.02	1120.0	0.3	0.02	975.0	0.1	0.01
120 hrs.	1010.0	Trace	.....	945.0	Trace	.....	950.0	Trace	.....
In 24 hrs.	.....	76.2	.....	.....	59.5	.....	.....	76.2	.....
In 48 hrs.	.....	90.9	.....	.....	75.0	.....	.....	90.1	.....
In 72 hrs.	.....	93.7	.....	.....	79.6	.....	.....	93.8	.....
In 96 hrs.	.....	94.2	.....	.....	79.9	.....	.....	93.9	.....

\*Approximately four fifths of this specimen was lost.

表 1. ヨウ化ナトリウム経静脈投与後の尿中ヨード濃度

TABLE 2.  
URINARY EXCRETION OF IODIN AFTER SODIUM IODID BY MOUTH

Time After Before	Sodium Iodid, 1 Gm.			Sodium Iodid, 5 Gm.			Sodium Iodid, 20 Gm.		
	Urine, C.c. Sample	Iodin Excreted		Urine, C.c. Sample	Iodin Excreted		Urine, C.c. Sample	Iodin Excreted	
		Per Cent	Mg. Per 100 C.c.		Per Cent	Mg. Per 100 C.c.		Per Cent	Mg. Per 100 C.c.
1 hr.	59.0	5.3	0.76	77	7.3	4.03	296	10.9	6.34
2 hrs.	46.0	8.6	1.58	52	7.1	5.80	122	6.2	8.42
3 hrs.	52.0	7.1	1.29	119	9.9	3.51	63.5	1.6	4.24
4 hrs.	45.5	6.3	1.32	212	6.8	1.35	.....	.....	.....
6 hrs.	.....	.....	.....	365	18.5	2.14	252	4.4	2.97
10 hrs.	300	24.0	0.75	226	11.0	2.06	886	30.9	5.9
24 hrs.	470	26.7	0.53	433	23.7	2.32	734	23.6	5.4
48 hrs.	910	12.6	0.13	843	12.1	0.61	1120	14.2	2.1
72 hrs.	.....	.....	.....	895	2.4	0.10	955	5.7	0.8
96 hrs.	.....	.....	.....	990	0.4	0.01	885	0.2	0.04
120 hrs.	.....	.....	.....	1120	Trace	Trace	1060	Trace	Trace

表 2. ヨウ化ナトリウム経口投与後の尿中ヨード排泄

方法を用い、投与から撮影までの時間に留意すれば問題ないことが明らかとなった。ヨウ化ナトリウム 10g の 1 回大量投与後、1 時間、および 2 時間に、満足なレントゲン画像が得られた。しかしこのような大量経口投与は胃症状を発症するため、ルチーン撮影には不適である。最も良い方法は、ヨウ化ナトリウム 3g を 1 時間毎に 3 時間連続して服用し、最終投与の 1~2 時間後に撮影するものであった。この方法の論拠を表 2 に示す。1~5g のヨウ化ナトリウム経口投与後の尿中濃度は、1~3 時間で最高となった。尿路造影検査の患者のルチーン手順は次のように行なう。午前 8 時、第 1 回のヨウ化ナトリウム粉末 3g をコップ 1~2 杯の水で稀釈したものを服用するよう指示する。この時点で完全に排尿し、以後は検査終了まで排尿しないように指示する。9 時、10 時に同様の服用を繰返し、11 時に第 1 回の撮影を行ない、その後できるだけ排尿するよう指示する。この尿を計測し、第 2 回の撮影を行なう。大量のヨウ化ナトリウムを投与すれば常に良好な結果がえられるように思えるが、我々の経験はこれとは異なっている。各回 3g 以下では、少数の例外を除いて満足な結果は得られない。膀胱のみ撮影する場合は、前処置なく 3~5g のヨウ化ナトリウムを 1 回服用するだけで充分である。この場合は排尿しないように指示して、服用 3 時間後に撮影する。経口法による成績は次のように要約できる。1. 投与を繰り返す方法により、約 50% の例で腎、腎盂、尿管、膀胱の満足なレントゲン画像が得られた。2. 数例では肝、脾の

輪郭も非常に良好に描出された。3. 1 回投与方法で、常にとても良好な膀胱のレントゲン画像が得られた。

### レントゲン撮影法

初期の撮影では、腎、尿管、膀胱のルチーン撮影法を使用した。ヨウ化ナトリウム投与前に、予備対照レントゲン像を撮影した。5×7 インチの乾板を使用し、増感紙は使用せず、腎部、膀胱部それぞれを撮影した。中焦点距離のクーリッジ管を使用し、60kV、50 mA、距離 67.5cm とし、曝射時間は体厚に応じて 2~8 秒とした。径 12.5cm のアルミニウム圧迫筒をコーンの底部に装着し、患者が苦痛を訴えない範囲でできるだけ圧迫した。この方法により、やせ型ないし中等度の体格の患者については概ね良好な画像が得られた。乾板には、患者登録番号、ヨウ化ナトリウム投与後の時間を記入した。症例によっては、投与後複数の間隔で撮影した。別のシリーズでは、増感紙併用両面フィルムを使用し、電圧、電流は体厚に応じて変化させ、特に体格の大きな症例で全体により良好な結果が得られた。この場合も対照撮影を行なった。また別のシリーズでは、14×17 インチの増感紙併用両面フィルムを使用し、Potter-Bucky 格子も使用した。撮影枚数は、数症例では 1 枚のみであったが、大多数の症例で腎部を完全にカバーするものと膀胱部の 2 枚を撮影した。この場合は、一定時間排尿をがまんした後、排尿後に撮影し、排尿量を計測し、2 枚目のフィルムに排尿量を記載した。残尿があると、レントゲン像にこれが描出された。最も良い画像が得られたのは、Potter-Bucky 格子を使用する方法であった。

### 結果の解釈

結腸のガス、あるいは体厚によって、腎、その他の実質臓器を同定することができない例がいくつかあった。大多数の例では、腎の陰影、肝と脾の下縁が鮮明に輪郭されており、対照画像に比べてヨウ化ナトリウム投与後の画像は、これらの臓器の陰影濃度がわずかに増加している印象であった。腎盂はヨード溶液によってさまざまな程度に充盈され、尿管も多くの例で追跡できた。数例では腎杯を思われる陰影も見られた。全例において、膀胱は明瞭に描出され、前述のように残尿のある症例では膀胱内に残存造影剤が認められた。良好な画像のみを供覧する。

### 考察

ここに記載の方法は、尿路のみならず他の臓器、組織の検査についても、多くの可能性を開くものである。我々は、本研究が他の領域での足掛かりとなるものと確信している。この方法は、膀胱の生理学、さまざまな伸展度における形態、位置、尿貯留・排尿に伴う諸現象の研究へのアプローチを提供するものである。憩

室，腫瘍，神経障害による二次的障害，狭窄や前立腺肥大による下部尿路閉塞など，病的状態においても決定的な価値を持つものである．腎についてはこの方法の成功は部分的なものにとどまる．その大きさ，形態，

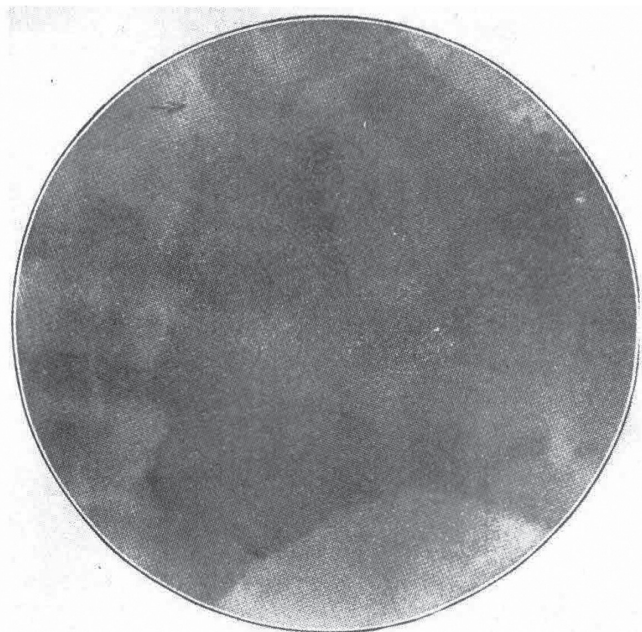


図5. 10% ヨウ化ナトリウム 100cc 静注. 1 時間後に撮影したレントゲン画像. 左腎盂，腎門から 4～6cm の尿管が明瞭に描出されている. 大きな腎杯も見える.

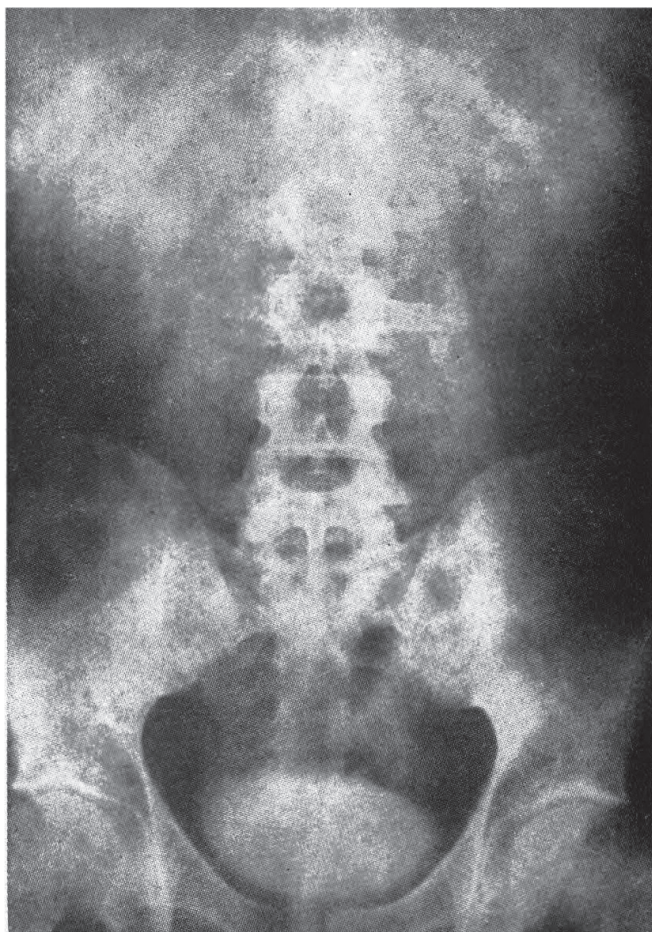


図6. 10% ヨウ化ナトリウム 100cc 静注. 1 時間後に撮影したレントゲン画像. 部分的に充盈した膀胱が明瞭に認められる. 腎，脾，肝下縁の濃度はやや上昇している. 両側腎盂と腎門から 4～6cm の尿管が明瞭に描出されている. 右側には大きな腎杯も見える.

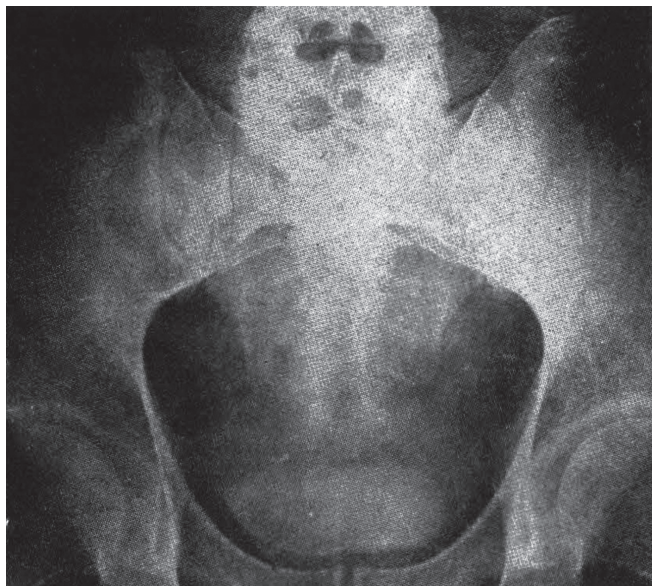


図7. ヨウ化ナトリウム 3g を 3 回経口投与. 最終投与 2 時間後のレントゲン画像. 完全に充盈した膀胱が描出されている. 125cc 排尿後の撮影では，臨床的には予想されなかった残尿が認められた. 精査の結果，脊髓障害による神経因性膀胱であった.

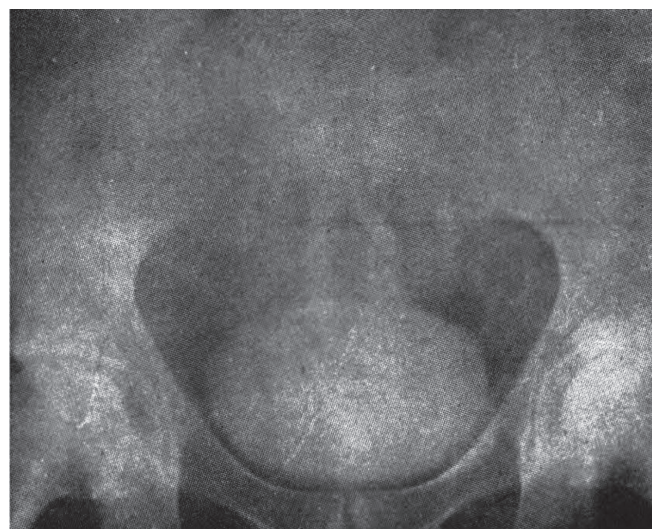


図8. ヨウ化ナトリウム 5g を 1 回経口投与. 最終投与 3 時間後のレントゲン画像. 完全に充盈した膀胱が非常に明瞭に描出されている.

位置の決定にあたっては，限られた範囲でのみ有用である．肝，脾に関する意義は，判断するには時期尚早かつ不確実である．血管系の検査についても本法は多くを提供する．透視下に，橈側皮静脈が肘部の造影剤注入部位から鎖骨下静脈との合流部まで，鋼線のように描出された．これは，10% および 20% ヨウ化ナトリウムの使用時に認められた．撮影方法を工夫することにより，静脈還流や末梢動脈循環に関して重要な知見がおそらく得られるであろう．動脈瘤，動静脈吻合の検査にも有用と思われる．

## 結論

1. 記載の方法により，ヨウ化ナトリウムの経静脈的あるいは経口投与における尿路のレントゲン画像を得ることが可能である．
2. この方法により，膀胱の完璧，正確な陰影を常に

描出することができ、その大きさ、形状、位置に関する信頼性の高い情報が得られる。

3. 腎盂、尿管については、限られた症例で部分的な成功が得られるにとどまる。

4. 多くの症例で、腎の濃度が上昇することにより、腎の描出の一助となる。

5. 膀胱内の残尿を描出することができ、残尿の概量できることから、カテーテル挿入とそれに伴う感染の危険を避けることができる。

6. 経口投与は、膀胱の描出については満足なものが得られるが、尿管、腎については経静脈性によるヨウ化ナトリウムの大量投与が望ましい。

## 参考文献

1. Voelcker, F., and Lichtenberg, A.: Pyelographie (Roentgenographie des Nierenbeckens nach Kollargolfüllung), München. med. Wchnschr. 53: 105-107, 1906.

2. Burns, J. E.: Thorium, a New Agent for Pyelography, Preliminary Report, J.A.M.A. 64: 2126-2127 (June 26) 1915.

3. Braasch, W. F., and Mann, F. C.: Effects of Retention in the Kidney of Media Employed in Pyelography, Am. J. M. Sc. 152: 336-347 (Sept.) 1916.

4. Praetorius, G.: Pyelographie mit kolloidalem Jodsilber ("Pylon"), Ztschr. f. Urol. 13: 159-168 (April) 1919.

5. Schüssler, H.: Zur Pyelographie mit "Pylon", München. med. Wchnschr. 67: 750-751 (June 28) 1920.

6. Barreau, E.: Zur Frage der Pyelographie, Ztschr. f. Urol. 15: 134-144, 1921; Ueber Pylon, ibid. 15: 507, 1921.

7. Kelly, H. A., and Lewis, R. M.: Silver Iodide Emulsion — a New Medium for Skiagraphy of the Urinary Tract, Surg., Gynec. & Obst. 16: 707-708, 1913.

8. Cameron, D. F.: Aqueous Solutions of Potassium and Sodium Iodids as Opaque Media in Roentgenography, Preliminary Report, J.A.M.A. 70: 754-755 (March 16) 1918; A Comparative Study of Sodium Iodid as an Opaque Medium in Pyelography, Arch. Surg. 1: 184-214 (July) 1920.

9. Weld, E. H.: The Use of Sodium Bromid in Roentgenography, J.A.M.A. 71: 1111-1112 (Oct. 5) 1918; Toxicity of Pyelographic Media, Report of a Death Following the Use of Thorium Nitrate, J. Urol. 3: 415-426 (Oct.) 1919. Renal Absorption with Particular Reference to Pyelographic Media, Med. Clin. N. America 3: 713-731 (Nov.) 1919.