



Title	ラジオアイソトープ・レノグラムの研究
Author(s)	鴛海, 良彦
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1965, 25(4), p. 298-322
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/14708
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

ラジオアイソトープ・レノグラムの研究

九州大学医学部放射線医学教室（指導 入江英雄教授）

大学院学生 鶴 海 良 彦

（昭和40年3月25日受付）

A Study on Radiosotope Renogram

By

Yoshihiko Osiumi

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University

(Director: Prof. Dr. Hideo Irie)

Radioisotope renogram was investigated with respects to (A) requirements for the measuring apparatus and the methods of measurements, and particularly to (B) its usefulness in diagnosis of the radiation nephritis caused by Cobalt 60 gamma ray, and its comparison with intravenous pyelography in animal experiments.

A: (1) The collimators were investigated in the phantom torsourinary tract.

The best type of these was of a diameter just enough to cover whole the kidney, and the collimator should be in contact with the skin of the patient's back.

In order to eliminate radiation from the contralateral kidney and scattered radiation from external sources, it was necessary to use either a lead filter or a pulse height analysis.

(2) An adequate time constant of the rate meter was 5 to 10 sec., and an appropriate paper speed was 5~10 mm/min. for the recording.

(3) ^{131}I -Hippuran and ^{131}I -Diodrast were employed as a labelled compound and were compared each other.

It was concluded that the former was superior to the latter as a test material in radiostope renogram.

(4) The location of the kidneys was determined by intravenous pyelography with the aid of an X-ray television, in the same posture as in the measurement with radiostope renogram.

This method was very easy, rapid, economical and accurate way to locate the kidney.

B: (1) The experiments with I-Hippuran were carried out in adult dogs and rabbits with the normal kidney as well as in the animals with renal impairments, such as ureter stenosis, tubular nearosis and particularly the radiation nephritis caused by Cobalt 60 gamma ray, in the hope of assessing the clinical usefulness of radioisotope renogram in detecting each changes in the renal function of the patient undergoing radiation therapy on their pelvis and abdomen.

Irradiation of 1000, 2,000 and 4000 rads (tissue dose) were applied to the left kidney of animals and radiosotope renogram was examined before the irradiation as well as at each period of 1, 1.5 and 2 months after the irradiation.

It was suggested that radioisotope renogram was an excellent method in examining the individual renal function and an useful test in radiation therapy.

(2) Radiotope renogram was compared with intravenous pyelography in respect to their diagnostic value in radiation nephritis, and the former was found more sensitive than the latter in detecting the renal impairments.

目 次

1. まえがき
2. 文献について
3. 基礎的事柄の検討
 - a. シンチレーション検出器について
 - b. 計数率計及び記録計
 - c. 標識化合物の時間的体内分布の変化
 - イ) 断頭致死による臓器別分布測定
 - ロ) リニア・スキャンニングによる分布状態の測定
 - d. 腎位置を決定するための一方法
 - e. 小括
4. 実験動物のレノグラム
 - a. 正常動物のレノグラム
 - b. 尿管結紮動物のレノグラム
 - c. 腎茎圧迫動物のレノグラム
 - d. ^{60}Co 照射腎について
 - イ) 照射腎のレノグラム
 - ロ) 照射腎のレノグラムによる診断と静脈性腎孟撮影による診断との比較
 - e. 小括
5. 考按
6. 結び

1. まえがき

近年、放射性同位元素に関する研究の発展に伴い、医学的応用も盛んになって来ている。

ラジオアイソトープ・レノグラムもそのひとつである（以下レノグラムと記す）。腎臓の機能は、複雑で機能障害も多様でありその状態をすべて明らかにする事は、難しい。特に片側腎の機能障害の場合は、他側腎がその機能を代償する様になるので機能検査には自ら限界がある。

一般に腎機能検査は、総腎機能検査と分腎機能検査とに大別される。後者では従来より腎盂撮影法、腎動脈撮影法、尿管カテーテル法による分尿試験、インジゴカルミン色素排泄試験等が行われて来たが、これ等の多くは泌尿器科手技を必要とする。

最近、放射性同位元素をトレーサーとして分腎機能を体外計測に依り容易に検出し得る方法、即ちレノグラムが一般に行われる様になった。

著者は、レノグラムに関する基礎的問題を更に2, 3検討すると共に正常犬若しくは家兎を用いて外科的処置或は、 $^{60}\text{Co} \gamma$ 線照射を行つて片側腎障害を起し、そのレノグラムの経時的变化を追求した。

即ち、基礎的問題に関しては、主として従来より問題になつてゐるコリメーターについて人体臍部模型を作り種々の角度より検討した。又、一般に使用されている ^{131}I -Diodrast と ^{131}I -Hippuran の比較を行つた。即ち、動物実験に依る臓器別分布の検索及びリニア・スキャンニングによる体内分布及び排泄の状態から比較した。

更にディテクターが、腎臓を正しく指向しているか否かが診断価値を左右しその再現性にも影響を及ぼして来る。一般に腎臓の位置決定には、触診、単純撮影、腎盂撮影、解剖学的位置に依る推定、或は前以つて微量の標識化合物を静注して決める方法が行われてゐる。これ等の方法は、一長一短がありいづれも正確を期し難い。著者は、後で述べるようにX線テレビを利用してレノグラム測定時と同じ体位で腎臓の位置を確認する方法をとつた。この方法は、手技が簡単で迅速に且つ正

確に行ひ得るので都合がよい。

実験的腎障害のレノグラムについては、先づ正常のレノグラムのパターンを捉へこれに外科的処置後、或は ^{60}Co γ 線照射後、変化するレノグラムを経時的に追求した。

更に又、 ^{60}Co γ 線照射腎についてレノグラムに依る診断と静脈性腎盂撮影に依る診断の比較検討を行つた。

最近、高エネルギー治療が発展普及し、腹部照射の場合放射線腎炎の発生が問題になつて来る。放射線腎炎は、一般に多くは一側性に現われ、健側腎がその機能を代償するので診断が困難であり、症状が発現するまで放置され易く処置が遅れる事が多いのでその診断の研究については、特に興味を持つた。

2. 文献について

1956年、Winter¹⁾ が、 ^{131}I -Diodrast を用いてその γ 線を体外計測する事に依つて分腎機能を検査する方法を基礎的、並びに臨床的に研究して発表した。検査手技は、簡単で被検者に与える精神的、肉体的苦痛は殆んど皆無に近く優れた方法として注目された。

その後、多くの研究者に依つて基礎的、臨床的研究が、追加され発展して來た。

基礎的な面では、Magnusson²⁾, Bodfish³⁾, Spencer⁴⁾, Kueger⁵⁾, Wax⁶⁾, Oconor⁷⁾ 町田⁸⁾等、臨床的な面では Taplin⁹⁾, Winter¹⁰⁾¹¹⁾, Dennerberg¹²⁾, Steraffon¹³⁾, Poker¹⁴⁾, zum Winckel¹⁵⁾¹⁶⁾, Abt¹⁷⁾, Nordyke¹⁸⁾¹⁹⁾, Witcofski²⁰⁾ 等に依る数多くの業績がある。

診断的価値のあるレノグラムを得るには、クリスタルの大きさ、コリメーターの種類、標識化合物、腎臓へのディテクション等の基礎的問題を充分検討しておく必要がある。

Bodfish³⁾ は、人体胸部の水ファントームを作り、皮膚・クリスタル間距離を一定にし、2種の Cylindrical hole 型及び wide angle 型の3つのコリメーターについてそれらの優劣及び散乱線除去フィルターの効果について論じた。それに依るとコリメーターと皮膚とが密着して腎臓を充分

眺め得るコリメーター (Cylindrical hole 型、深さ $2\frac{1}{8}$ インチで直径 $\frac{3}{4}$ インチ) が優れているとし、又散乱線除去フィルター、若しくは波高分析器を使用した方がよいと云う。Nordyke¹⁹⁾ は、深さ (6 インチ)、先端が (6 インチ \times $2\frac{1}{2}$ インチ) の4角錐型のコリメーターを試作し、(2 インチ 直径 \times $1\frac{5}{8}$ インチ) の Cylindrical hole 型のコリメーターと比較した。その結果、4角錐型の方が、皮膚・クリスタル間距離が大きく、且つ腎臓を充分にとらえるので再現性が良いと述べている。

クリスタルの大きさについては、Winter¹⁰⁾ は、小児の様な小さな腎臓の場合にはクリスタルの大きさは (1.0 インチ 直径 \times 1.0 インチ) の方がよく、大きなクリスタルは幾何学的にも不利であり、しかも鉛で遮蔽する必要があつて経済的にも不利であると云つている。

又、より良い標識化合物の選択が必要なことは、今更云うまでもない。Magnusson²⁾ に依ると、ラットに ^{131}I -Diodrast を注入してオートラジオグラフィでその体内分布を調べたところ、腎臓には大量に集つていたが、肝臓にもかなり集まると云う。Dennerberg¹²⁾ は、猫でオートラジオグラフィを行い、 ^{131}I -Diodrast は肝臓への摂取がみられるが、 ^{131}I -Urokon や ^{131}I -Hypaque は肝臓への摂取はないと報告している。又、Nordyke²⁵⁾ は、 ^{131}I -Hippuran は ^{131}I -Diodrast の様に肝臓に摂取されず、急速に腎臓に集まり且排出されるので ^{131}I -Hippuran は、優れた標識化合物であると云い、Winter¹⁰⁾ も ^{131}I -Hippuran は、肝臓への摂取はみられず右腎の測定の際肝臓への影響を考慮する必要はないと言つている。又、寛等⁴⁰⁾ は ^{131}I -Hippuran を静注してリニア・スキャニングを行つたところ、2~10分後には腎臓と膀胱にアイソトープが見られ、25分後には膀胱部のみとなり、24時間後には全く残つていないと報告している。

Spencer⁴⁾ は、レノグラムの再現性について検討し、全く同じ条件でディテクションする事は難しく、この事が再現性を乏しくするのでディテク

ションを適正にする事が最も大切であると強調している。

術後患者が急性乏尿を来たした場合に、急性尿管壊死と尿管閉塞との鑑別は難しく、逆行性腎盂撮影法その他の臨床検査も術後の患者については負担が大きく行い得ぬことがある。この鑑別にレノグラムを利用しようとして Oconor⁷⁾ は実験的に成犬に外科的処置を施こしてレノグラムを検討している。それによると術後48~72時間経過すれば両者の鑑別は困難であるが、術後24時間では鑑別は容易であつたとしている。

又、最近、上腹部疾患の高エネルギー治療が盛んに行われる様になり、それによる放射線腎炎が注目されて来ている。1906年、 Warthin²²⁾ は白血病患者に脾照射を行つた症例に腎障害を認めた。同年、 Edsall²³⁾ は、腎照射をうけた患者に血清残余窒素の上昇をみているし、1927年、 Domak²⁶⁾ は腸間膜リンパ腺にX線照射をし、6カ月後腎不全にて死亡した例を報告している。その

他、数多くの臨床例の報告があるが、そのうち照射線量、照射期間と照射後腎障害の発生迄の期間との関係について調べたのが、Table 1 である。

動物実験では Upton 等³⁶⁾ は、630r の全身照射で照射後(15カ月)生存せるマウスの50%に腎硬化を見、Moser, Sarrre 等³⁷⁾ は、500r から腎性高血圧が起り、2000r で放射性腎炎、3000r で殆んどすべてに腎機能不全が起ると云う。

Luxton³⁸⁾ は、臍丸腫瘍の術後照射をおこなつた137例について27例の放射線障害を報告し、これを急性放射線腎炎、慢性放射線腎炎、良性高血圧症、晚期高血圧症の4群に分類して論じているが、腎臓は放射線に対してかなり感受性が高く、放射線に依る腎障害は十分に長い観察期間をとると必ずしも大線量でなくても起り得るものと考えねばなるまい。

一方、Redd³⁹⁾ は、1側腎の照射の場合、非照射腎が機能代償を行い、残余窒素の上昇はみられないと云つてゐるが、臨床的には被照射腎に腎障

Table I Reports on dosage and elapsed time for cases developing radiation nephritis following radiation of the renal area.

No.	Reporter	Disease	Radiation	Total dosage	Duration of radiation	Duration from start of radiation to renal failure
1	Dean and Abels 1944 ²⁷⁾	Abdominal tumor	×	4600r	20 days	7 years
2	Zuelzer, Palmer and Newton 1950 ²⁸⁾	Embryoma of left kidney.	×	5850r	5 months	7 months
		Embryoma of left kidney	×	5200r	5 months	6.5 months
		Petroperitoneal neuroblastoma	×	6800r	5 months	5 months
3	Grossman 1955 ²⁹⁾	Wilms' tumor	×	2000r	3 weeks	4.5 months
4	Smith and Williams 1955 ³⁰⁾	Nephroblastoma	×	3300r	40 days	4 months
5	Levitt and Oram 1956 ³¹⁾	Seminoma of left testicle	×	3000r	2 months	11 years
6	Levitt 1957 ³²⁾	Osteogenic sarcoma	×	3000r	7 weeks	8 months
7	Wilson, Ledingham and Cogan 1958 ³³⁾	Carcinoma of Pancreas	×	3500r	35 days	8 years
		Seminoma of testicle	×	3000r	36 days	11 months
8	Cogan and Ritter 1958 ³⁵⁾	Neuroblastoma	×	3000r	7 weeks	8 months
		Adenocarcinoma of ovary	×	1750r		4 months
		Carcinoma of ovary	×	2000r		10 months
9	Schreiner and Greendyke 1959 ³⁵⁾	Teratocarcinoma of right testicle	×	4000r	26 days	8 months
10	Quinn 1962 ²⁵⁾	Seminoma of right testicle	Co	4000rads		6 months
		Teratocarcinoma of testicle	×	2300r		5 years.

害が起り、非照射腎が機能を代償する様になるので早期発見、早期診断は難しく、症状はおそらく発現し往々重篤な経過をとる場合が考慮される。

非照射腎についてのレノグラムと静脈性腎孟撮影の診断的価値については、1960年 Pocker¹⁴⁾が、腎疾患の疑いのある者 190例について ¹³¹I-Diodrast を用いて検討した。即ち、両者が一致したものは 80%， 9% はレノグラムで異常を認め、11% がその逆であった。之により Pocker¹⁴⁾ は、レノグラムにも充分診断的価値があると主張している。

臨床的に腹部照射を行つた場合のレノグラムの評価及び静脈性腎孟撮影に依る診断との比較検討については、2，3 の研究がある。

先づ zum Winkel¹⁵⁾ は、腹部腫瘍でコバルト照射している患者 461例中、127例について照射前、照射中、照射後 3 カ月、6 カ月、12 カ月、¹³¹I-Hippuran を用いたレノグラムで診断しているが、この間に腎機能に異常を認めたのは 17 例(13%) で、その中初め正常でこの経過観察中異常を認めたものは 10 例であった。そこでレノグラムは腹部照射の際の腎機能の診断に有用であり、放射線が腎臓に照射される可能性のある患者には、照射前、照射中、照射後の腎機能を調べる必要があり、その際、静脈性腎孟撮影との併用が望ましいと云つている。又、Quinn²⁴⁾ は、放射線治療を行つた患者について レノグラム (¹³¹I-Hippuran) と静脈性腎孟撮影とを検討して次の様に述べている。即ち、腹部腫瘍の患者 22 例のうちレノグラムで異常をみとめ静脈性腎孟撮影で異常をみとめなかつたものが 4 例、レノグラムで正常で静脈性腎孟撮影で異常をみとめたものは 1 例もなく、静脈性腎孟撮影で異常を指摘されたものは全例レノグラムでも異常がみられた。これより Quinn²⁴⁾ も放射線腎障害の診断についてはレノグラムの方が静脈性腎孟撮影よりも優れていると主張している。又、Quinn²⁴⁾ も zum Winkel¹⁵⁾ と同じく 22 例中 12 例について、照射前、照射中、照射後レノグラムを検討したところ、4 例は全期間を通じて正常であったが、その他は種々の変化がみられ

た。この変化は、外科的侵襲、照射後の影響、病巣の進展を反映しているので腹部を照射した患者の腎機能を全期間にわたつてレノグラムで追跡する必要があると強調している。

2. 基礎的事柄の検討

レノグラムの測定に影響を与える因子には被検体に関するものと、標識化合物を含めた装置に関するものとがある。前者では計測時に腎臓をディテクターが、必要且充分に正しく指向しているかどうか、又他側腎或は膀胱よりの影響の如何が考えられ、後者では標識化合物の選択及びレノグラムの分析のため装置を最適の条件で作動させる事等が、考えられる。

a. シンチレーション検出器について

クリスタルの大きさは、一般に 1.0 インチ直徑 × 1.0 インチものが使われている。Winter¹⁰⁾ は、これ以上の大きさでは感度に関しては非常に有利ではあるが、プローブを厚く且大きくする必要があり、又小児では腎臓が小さいのでかえつて幾何学的にも不利であると指摘している。併し、現在多く使用されている 2.0 インチ直徑 × 2.0 インチでもコリメーションが充分であれば、かえつて感度の高い点では有利である。特に我が国のように 1 つのカウンターが、数多くの目的に使用されている現状では、むしろ 2.0 インチ直徑 × 2.0 インチの方が都合がよい。従つて著者は、クリスタルの大きさは 2.0 インチ直徑 × 2.0 インチの方がよいと考える。

対象とする腎臓以外からの放射能を阻止する為にコリメーターが使われる。コリメーターは、honey cone, tapered cone, wide angle cone, cylindrical hole 等各種の型があるが、レノグラムでは一般に Cylindrical hole 型か、又は wide angle 型が使われている。

Bodfish³⁾ は、2 種の Cylindrical hole 型、wide angle 型のコリメーターを用い人体胴部模型を使ってその比較、散乱線除去フィルターの有無に依る影響について報告している。

著者は、日本人の腎臓及び膀胱の大きさの平均値²¹⁾に準じた模型を作り、3 種の Cylindrical

holeのコリメーターの検討及び散乱線除去フィルターについて検討した。

1. 検討したコリメーターの種類

No. I 5.0cm直径×10cm, No. II 2.4cm直径×8cm No. III 1.6cm直径×11.5cmの3種のCylindrical hole型。

2. シンチレーション・カウンター

神戸工業製で NaI(Tl) 1.0インチ直径×1.0インチ

3. 腎一膀胱模型

a. 人体胴部模型

直径23cm、深さ50cmの水を入れたガラス製円筒。

b. 腎模型

水150ccを直径4.5cm、長さ10cmのガラス製円筒に入れたもの。

c. 膀胱模型

水470ccを入れたガラス製フラスコ。

d. 位置関係

Fig. 1に示す通りである。

4. 散乱線除去フィルター

Bodfish³⁾の実験と同様に厚さ1.5mm鉛板を用いた。

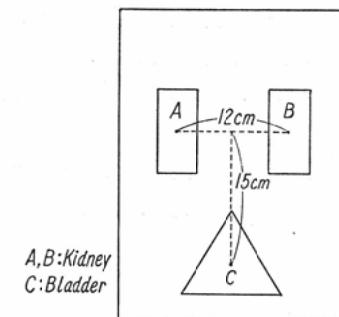
尚、各計数率については、バック・グランドの補正を行つた。

検討1

腎模型の計数率が、模型全体の計数率の中で占める割合を各コリメーターについて求め且つ各コリメーターの感度を調べた。

方法

Vertical section



Cross section

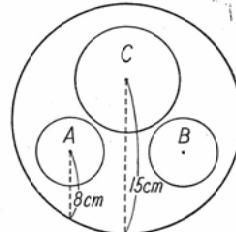


Fig. 1 Phantom torso-urinary tract

両腎模型にそれぞれ ^{131}I 5 μc を入れ、各コリメーターを腎模型の高さで人体胴部模型の後壁におき、散乱線除去フィルターの有無での計数率を求めた。次に Bodfish³⁾の実験に準じて人体胴部模型に ^{131}I 45 μc (腎模型に於ける比放射能の $1/10$ に相当)を入れ、前回と同様に求めた。

結果

腎模型を含めた人体胴部模型の計数率に対する腎模型の計数率との比を求めたのが Table. 2 である。

No. II や No. III の様に内径の小さなコリメータ

Table. 2 Contribution of torso radioactivity to kidney counting rate.

C.P.M Collimator	No. I 5.0 cm ϕ × 10cm	No. II 2.4 cm ϕ × 8cm	No. III 1.6 cm ϕ × 11.5cm
With filter 5 μc in each kidney	$\frac{3.4}{5.6} = 61\%$	$\frac{0.9}{3.6} = 25\%$	$\frac{0.1}{2.3} = 4\%$
5 μc in each kidney and 45 μc in torso			
Without filter 5 μc in each kidney	$\frac{7.7}{11.6} = 66\%$	$\frac{2.1}{5.8} = 36\%$	$\frac{0.3}{2.5} = 12\%$
5 μc in each kidney and 45 μc in torso			

Unit : 1000

一では、そ此が36%とか12%で極めて低く、散乱線除去フィルターを使用する場合、その影響が大きくかえつて更に感度が、落ちている。この様なコリメーターは、レノグラムの測定には不適である。

No.I の様に内径が大きなコリメーターでは、その比が60%を優に越え少くとも感度の点では No.I が優れている。

検討 2

1側腎模型のラジオ・アイソトープが、他側腎模型の測定に与える影響について各コリメーターで検討した。

方法

1側腎模型に $I^{31} 5\mu C$ 入れ、他側には $I^{31} I$ を入れず腎模型を正しく望む位置で人体胸部模型の後壁にコリメーターをおき、1側ずつ別々に計数した。次に散乱線除去フィルターを使って同様に測定した。

結果

$I^{31} I 5\mu C$ を入れた腎模型の計数率と他側腎模型 ($I^{31} I$ を入れない) の計数率の比を求めたものが、Table 3 である。

散乱線除去フィルターを使用するとコリメーターの内径の大小に関らず、他側腎模型からの影響が除かれている。特にコリメーターの大きいもの程、影響が大きい。

臨床的に使う内径 5 cm 内外のコリメーターでは、波高分析器を使わない時には散乱線除去フィルターを使う必要がある。

検討 3

膀胱模型のラジオアイソトープが、腎模型の計

数率に及ぼす影響を各コリメーターについて調べた。

方法

膀胱模型に $I^{31} I 5\mu C$ 入れ、腎模型を正しく望む位置で人体胸部模型の後壁にコリメーターをおいてその計数率を求めた。

結果

その値は、非常に小さく膀胱からの影響は、無視してよいと云える。

検討 4

レノグラムを測定する場合、コリメーターは被検体である腎臓を充分にして且最小限に望み得る位置にある事が、必要である。

日本人の腎臓の長径の平均値は、大凡 10 cm である。そこでこれを Tsuyatscan に依つて調べた。 Tsuyatscan そのものは視野を概略的に描記したものでその辺縁の決定に正確さを欠くうらみがあるが、この場合辺縁の巾が大体 10 cm である点とコリメーターとの距離を求めた。

尚、これは、神戸工業製のスキャナー及び波高分析器を用い、いづれも同条件で Tsuyatscan を求めたものである。

結果

Fig. 2,3,4 は、点線源を空気中において測定したもので Fig. 5,6,7 は、点線源を水ファントムに入れて測定したものである。

10 cm の巾を視野の中に入れる最小距離は、No. I では空気中で約 10 cm、水中で約 8 cm で No. II, No. III では視野が狭いので大きさ 10 cm の腎臓の測定には不適当である。

b. 計数率及び記録計

計数率計の測定条件、特に time constant は、レノグラムの分析に大きく影響を与える。

一般に time constant T は、

Table. 3 Contribution of radioactivity in contralateral kidney to counting rate of detector over empty kidney.

Collimator C.P.M	No. I $5.0 \text{cm } \phi \times 10 \text{cm}$	No. II $2.4 \text{cm } \phi \times 8 \text{cm}$	No. III $1.6 \text{cm } \phi \times 11.5 \text{cm}$
with filter 0uc in onekidney 5uc in another kidney	$\frac{0.02}{2.73} = 0.7\%$	$\frac{0}{0.8} = 0\%$	$\frac{0}{0.13} = 0\%$
without filter 0uc in one kidney 5uc in another kidney	$\frac{0.2}{6.2} = 3\%$	$\frac{0.1}{2.0} = 5\%$	$\frac{0.03}{0.37} = 0.8\%$

Unit. 1000

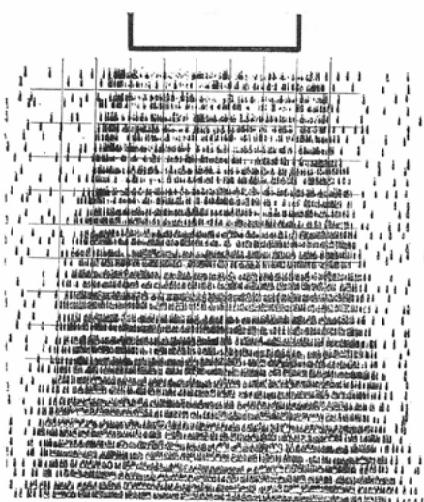


Fig. 2 Tsuyatscan in Collimator No. I in air.

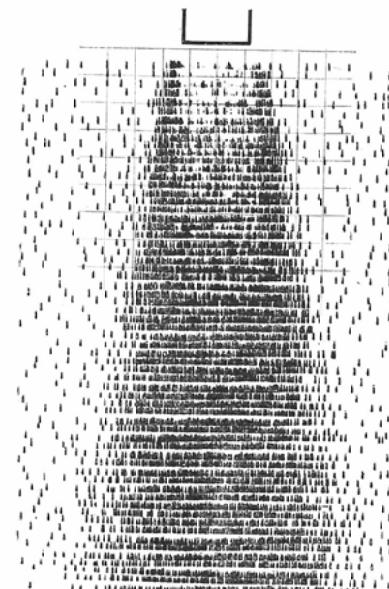


Fig. 3 Tsuyatscan in Collimator No. II in air.

$$T = C \cdot R$$

C : 容量

R : 抵抗

統計的変動率は、

$$\frac{100}{\sqrt{2 n \cdot C \cdot R}}$$

n : 計数率

で与えられる。

これに依り T , 又は n を大とすれば、統計的変動が、少くなる。然し一方に於いて計数値が、定常値に達する迄に要する時間や運動せる記録計の

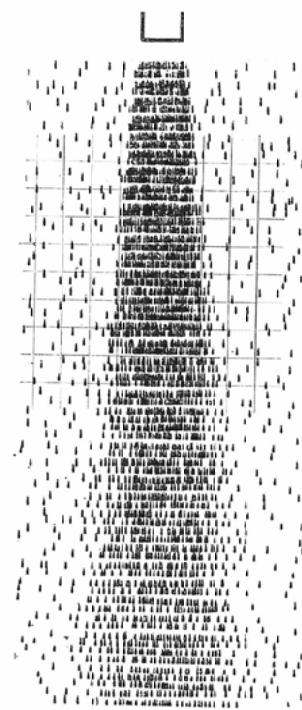


Fig. 4 Tsuyatscan in Collimator No. III in air.

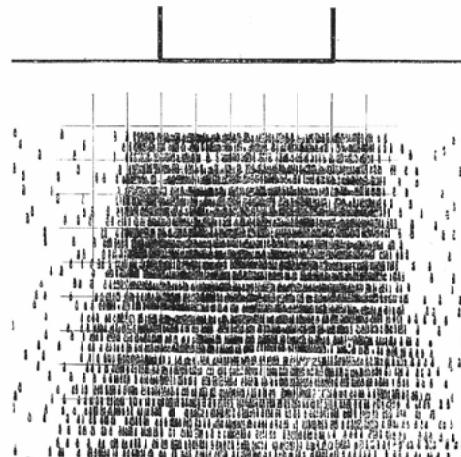


Fig. 5 Tsuyatscan in Collimator No. I in water

時間的遅れも問題になつて来る。

町田⁸⁾に依る計数率が、定常値の90%に達するまでに要する時間は、time constant の2.3倍であり、99%になる迄には time constant の4.6倍の時間を要すると述べて居り、理論的、実験的にみて時間的変動の必要観察時間を約30秒にと

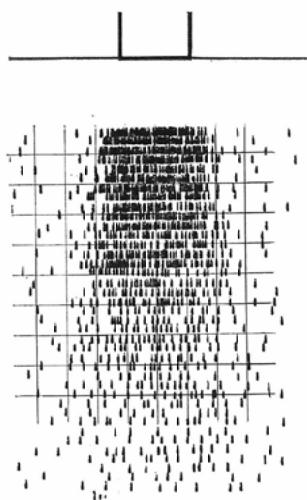


Fig. 6 Tsuyatscan in Collimator No. II in water.

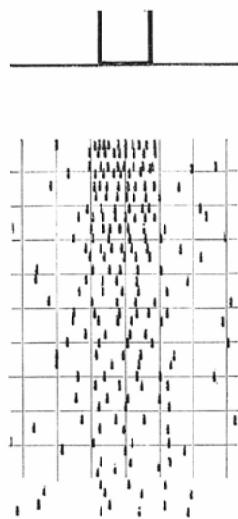


Fig. 7 Tsuyatscan in Collimator No. III in water.

り、time constant を最適としている。Fig. 8,9, 10はtime constantを 0.8秒, 5秒, 10秒とした時のレノグラムである。Fig. 8では time constant が小さいので、統計的変動が激しく記録計の振れが不必要に大きくて診断の妨げとなる。Fig. 9, 10では、それぞれ time constant は 5秒, 10秒であるが、記録計の振れも小さくて曲線の追跡がし易い。これからレノグラムの測定には、time constant は 5秒乃至10秒が適していると云えよう。

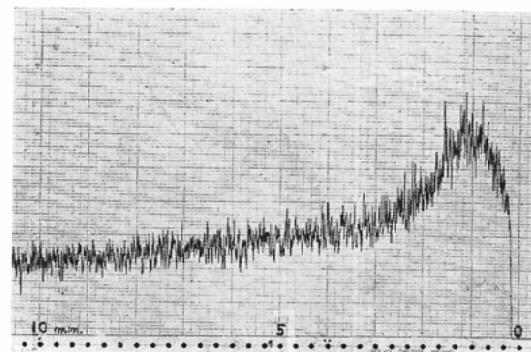


Fig. 8 Normal Time Constant 0.8 sec



Fig. 9 Congenital hydronephrosis (left)
Timeconst.: 5 sec.

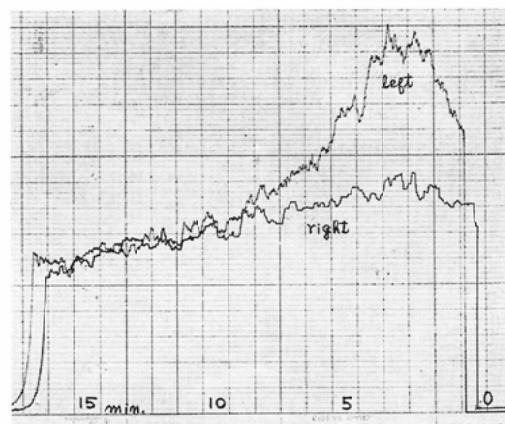


Fig. 10 Renal calculus (right) Time const.: 10 sec.

記録計の記録紙送り速度は、レノグラムを総体的に把握し曲線の分析を容易にするために適当な速度を必要とする。必要以上に速度が早く、曲線が長すぎるとレノグラムの診断に支障がある。一般に5~10mm/minが使われているが、著者も同意見である。

c. 標識化合物の時間的体内分布の変化

Winter¹⁾が¹³¹I-Diodrastを使ってレノグラムを測定して以来、多くの研究者に依つて¹³¹-Diodrast, ¹³¹I-Hippuran, ¹³¹I-Urokon, ¹³¹I-Hypaque等の標識化合物の優劣が、比較検討されている。

現在、我が国で容易に入手出来、然かも一般に使われている¹³¹I-Diodrastと¹³¹I-Hippuranについて検討した。

Diodrastは、大部分が糸球体で濾過されるが、Hippuranは、圧倒的に多く尿細管に分泌されると言わわれている。

Fig. 11は、それ等の構造式である。

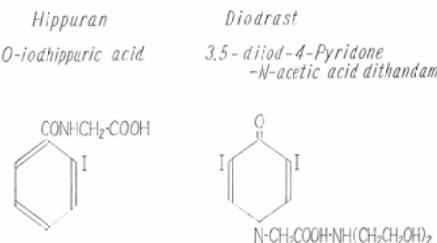


Fig. 11 Structural formula

¹³¹I-Diodrastと¹³¹I-Hippuranについて、時間的体内分布を断頭致死せしめた場合の臓器別分布測定とリニア・スキャニングによる臓器分布

測定を行つて比較検討した。

(イ) 断頭致死による臓器別分布測定

成熟雄性家兎(体重約3.0kg)に¹³¹I-Hippuran, ¹³¹I-Diodrast各20μcを耳静脈より静注し、静注後、5分、10分、15分について断頭致死せしめ腎臓、肝臓、脾臓、心筋、甲状腺、唾液腺の各臓器の分布をシンチレーション・カウンターで測定し、各臓器重量についてその比を求めた。

結果をTable 4に示す。

Table 4にみられるように両者とも腎臓及び肝臓に多く分布している。特に¹³¹I-Hippuranでは静注後5分で既に20.1%という高い摂取率を示しているが、その後急速に減少している。それに比べて¹³¹I-Diodrastに於いては、静注後5分の腎臓への分布は、13.1%で、その後の排泄も遅延し、15分経過しても尚4.1%残っている。5分後の摂取率及びその後の排泄率が、標識化合物の種類でかなりの相違があるということは曲線を分析する場合、注意する必要がある。

肝臓に於ける分布は、¹³¹I-Diodrastの方が¹³¹I-Hippuranよりも高い値を示している。之から右腎のレノグラムに対しては、¹³¹I-Diodrastの場合、肝臓からの影響を考慮する必要がある。

甲状腺、脾臓、心筋、唾液腺等は、すべてその値が低く、両者に有意の差は見られなかつた。

(ロ) リニア・スキャニングによる分布状態の測定

正常犬を使って¹³¹I-Diodrast及¹³¹I-Hippuran

Table. 4 Distribution of ¹³¹I-Hippuran and ¹³¹I-Diodrast in rabbit.

Organ	¹³¹ I-Hippuran			¹³¹ I-Diodrast		
	5 min.	10 min.	15 min.	5 min.	10 mic.	15 min.
Kidney	20.1%	4.1%	3.2%	13.1%	6.0%	4.1%
Liver	3.3	3.0	2.3	5.0	6.0	6.4
Spleen	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
Heart muscle	0.5	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2
Thyroid gland	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1
Salivary gland	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2

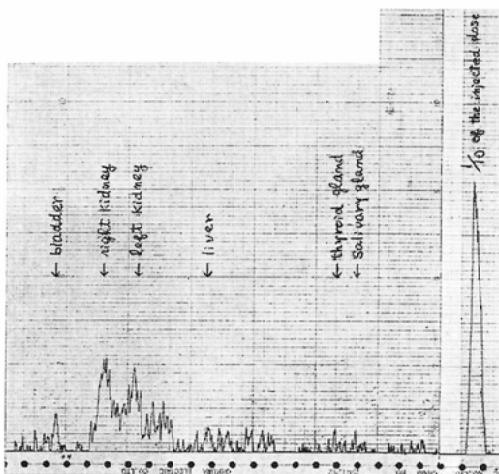


Fig. 12-1 ^{131}I -Diodrast $100\mu\text{c}$ Immediately after the injection

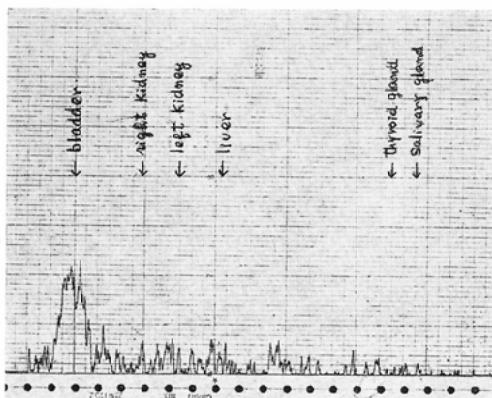


Fig. 12-2 ^{131}I -Diodrast $100\mu\text{c}$ 5min. after the injection

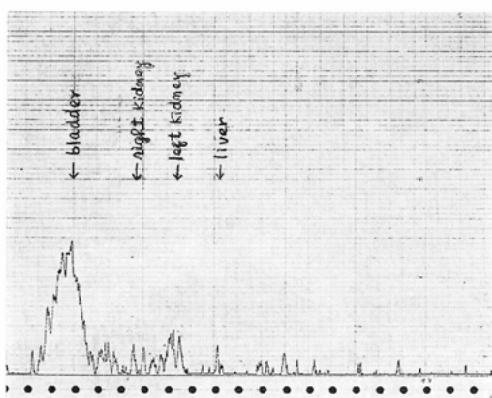


Fig. 12-3 ^{131}I -Diodrast $100\mu\text{c}$ 10 min. after the injection

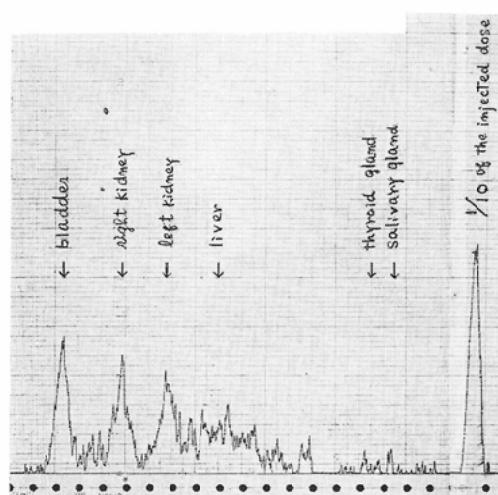


Fig. 13-1 ^{131}I -Hippuran $100\mu\text{c}$ Immediately after the injection

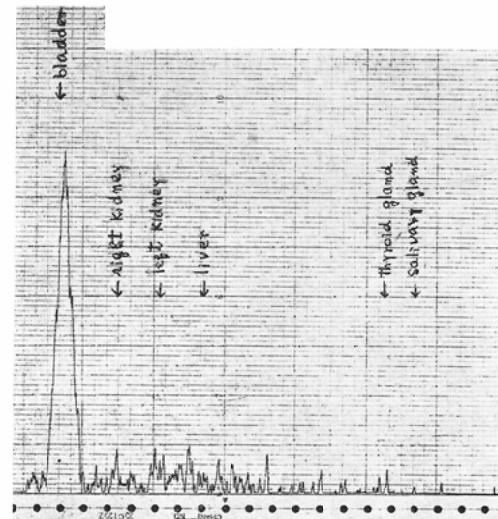


Fig. 13-2 ^{131}I -Hippuran $100\mu\text{c}$ 5 min. after the injection.

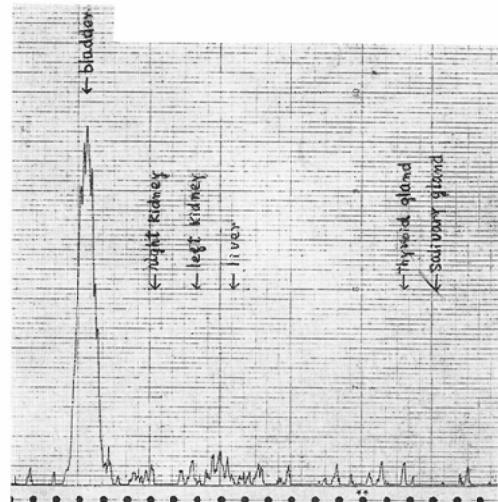


Fig. 13-3 ^{131}I -Hippuran $100\mu\text{c}$ 10 min. after the injection.

の時間的体内分布をリニア・スキャンニングに依つて検討した。

即ち、定速度で移動するベットに犬を固定し、東芝製スキャナー、波高分析器及び記録計で走査した。

シンチレーション・ディテクターのクリスタルは、 $1.0'' \phi \times 1.0''$ で長さ10cm、深さ10cm、巾1cmのスリットを持つ縦形状のコリメーターを使い、ベットの移動方向に対して直角に位置する様にスリットをおいた。ベットの移動速度は、23cm/minで先づ正常成犬をペントバルビタールで軽く麻酔し、腹臥位にして ^{131}I -Diodrast又は ^{131}I -Hippuranを $100\mu\text{c}$ 静注した。投与直後、5分後、10分後の3回測定した。記録紙の速度は、60mm/minである。

結果

Fig.12,13 が、それである。

投与直後

^{131}I -Diodrast では唾液腺、甲状腺に幾らか集っているが、主として腎臓に集っている。そして肝臓にもかなり多く集っている。この時には、未だ膀胱へは余り排泄されていない。 ^{131}I -Hippuranも腎臓に多く集っているが、 ^{131}I -Diodrast に比べて肝臓への集り方は少ない。そしてこの時すでに膀胱に大量に排泄されている。腎臓への分布は、 ^{131}I -Hippuranの方が早い。

5分後

^{131}I -Diodrast と ^{131}I -Hippuranとの差は、膀胱を除いて余り顕著ではない。膀胱では ^{131}I -Diodrastに比べて ^{131}I -Hippuranの方が、更に大量に排泄されている。

10分後

両者ともに肝臓にはすでに余り集積をみないが、 ^{131}I -Diodrast では腎臓に未だかなりの量がみられ、排泄が ^{131}I -Hippuranよりも遅い。

Fig. 14,15, は、 ^{131}I -Diodrast 及 ^{131}I -Hippuranに依る正常レノグラムである。前に述べた結果とは一致している。

d. 腎位置を決定するための一方法

解剖学的²¹⁾には、通常腎臓の位置は成人男子で左腎は第11胸椎の高さから第3腰椎の上縁迄の間に位置し、右腎はこれより半乃至1椎体だけ低い。女子では腎位置は、男子より半椎体だけ低く、小児は更に低い。

前述の如くレノグラムをとる場合、腎臓がディテクターで正しく指向されている事が必要で、照準がはずれているとその診断的価値はないと言つ

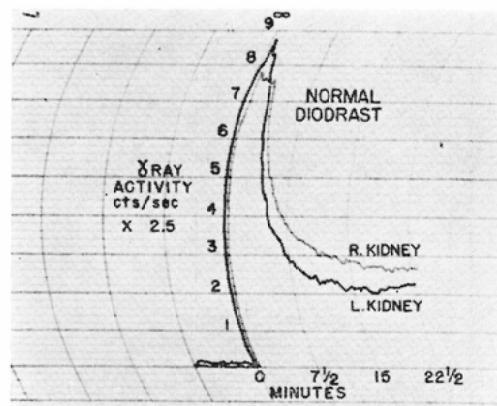


Fig. 14 The normal radioisotope renogram with ^{131}I -Diodrast. (from Chester C. Wintz: Radioisotope Renography 1963)

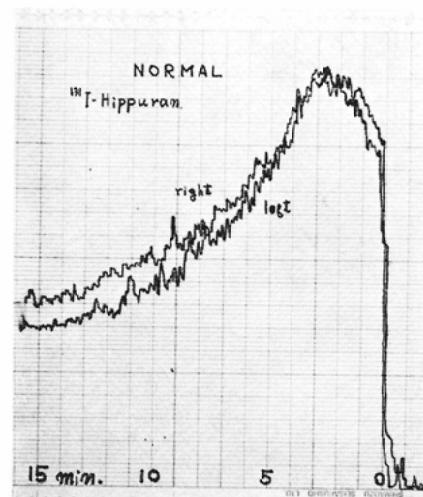


Fig. 15 The normal radioisotope renogram with ^{131}I -Hippuran.

てもよい。

腎位置を決定する法として従来より解剖学的に推定する法、触診法、単純撮影法、又腎孟撮影法等があり、最近では¹³¹I-Hippuranを予かじめ少量静注して最大計数率を呈する個所を腎位置とする方法もとられている。

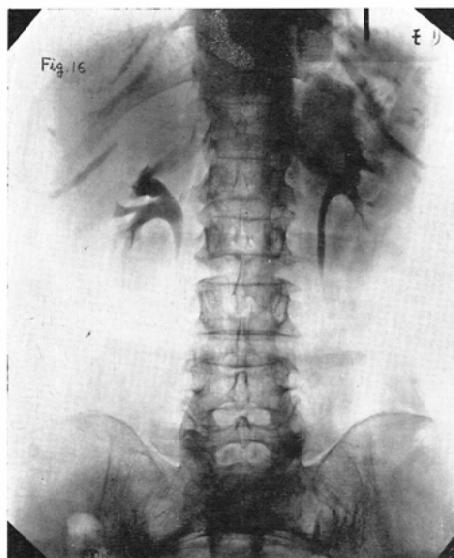


Fig. 16 The intravenous pyelography in supine position. (bilateral wandering kidneys)

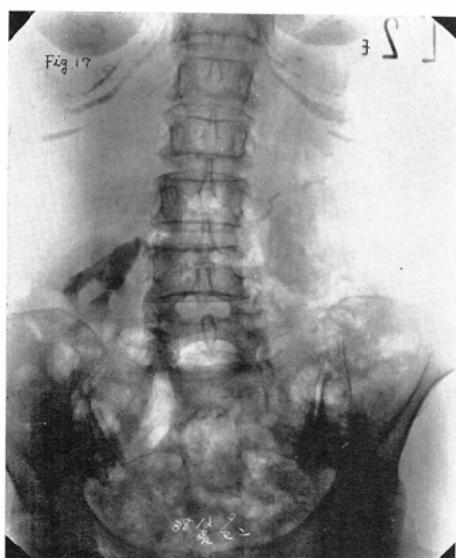


Fig. 17 The intravenous pyelography in standing position. (bilateral wandering kidneys.)

これ等の方法も一長一短がある。腎位置は個人差があり、必ずしも正常位置にあるとは限らない。

一般に静脈性腎孟撮影像を参考にして腎位置が決められているが、腎孟撮影は原則として背臥位で尿管を圧迫して撮影する。然し、レノグラムは通常半座位で測定するので、例えば遊走腎がある場合には、その位置を参考にするレノグラム測定体位では腎臓以外の部分を測定することもありかねない。そこで便宜上立位の腎孟撮影像を参考にしているが、立位で撮影すると造影剤が膀胱へ流出して必ずしもうまく撮れるとは限らない。又、最近、一部で行われている微量のアイソトープを予め投与して腎位置をさがす方法もバック・グランドと腎臓との差が明らかでない場合があり、腎臓の位置を見つけるのに困難な場合もある。

Fig. 16,17 は、両側性遊走腎の背臥位と立位の腎孟「レ」像であり、この様な場合には背臥位の静脈性腎孟撮影像を参考にして測定すると誤った結果を得ることになる。

正常人の右腎は、背臥位で第Ⅱ腰椎、立位で第Ⅳ腰椎の高さ、左腎は、第Ⅱ腰椎、第Ⅲ腰椎の高さで両者の位置は、異なる。

レノグラムを測定する体位は、立位像に近い半座位で行われるのが普通であり著者も同様にして行っている。そこで腎孟「レ」像を参考にして腎位置決定を行う場合には、遊走腎の患者では勿論のこと、立位での腎孟撮影を行う必要がある。

著者は、X線テレビを使ってレノグラム測定時と同体位である半座位での腎孟「レ」像を求める正確に確認する方法を考えた。

即ち、先づ背臥位を取らせ尿管圧迫帯を用いて静脈性腎孟撮影を行い、その像をX線テレビで追跡しながら静かに圧迫帯をとり且つ体位を半座位に変えさせ（透視台をおこす）その腎孟像に相当する背部皮膚に位置を印し、この部にディテクターオーを置いて測定する法である。

Fig. 18 は、同じく遊走腎の患者について背臥

位の腎孟「レ」像 (Fig. 16) のみを参考にして位置を決めて測定したものであつて、これは腎位置が移動したために正しいレノグラムを画いていない。

Fig. 19 は、同患者にX線テレビを利用して前述の方法で正確に腎位置を決めて測定したものである。左右腎とともに正常なるレノグラムを示して居り、腎臓への照準が正しく行われたものと考えられる。この様に半座位でレノグラムを測定する

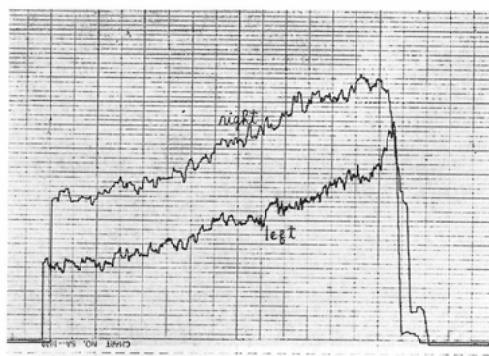


Fig. 18 The location of the kidneys was determined by intravenous pyelography in supine position.

場合、背臥位の腎孟「レ」像を参考にすると誤ることがある。

e. 小括

レノグラムの診断能を高めるためには、どの様な事をすればよいかという事を基礎的な面から2, 3論じた。

(1) コリメーターとしては、感度がよくて然かも被検体である腎臓がそのコリメーターの指向域の中に必要充分にして、且つ最大限に入り得る様なものである事が望ましい。

Cylindrical hole 型のコリメーターに関する限り、2.4cm直径×8cm, 又 1.6cm直径×11.5cmの様な狭口のコリメーターよりも 5.0cm直径×10cmのような広口の方が、レノグラムの測定に適している。

又、レノグラムを測定する時には、バック・グランドは勿論のこと他側腎からも影響を受けるが、散乱線除去フィルターはこの影響をある程度除去する。

従つて、レノグラムの測定には被高分析器の使用が望ましいが、それでない場合には散乱線除去フィルターを使用する事が必要である。

(2) 計数率の相対的誤差や計器の時間的遅れ等の点からえて、時定数は5秒乃至10秒が適当であり、記録計の記録紙送り速度は曲線分析を容易にする意味で5~10mm/minが適当である。

(3) ^{131}I -Hippuran と ^{131}I -Diodrast の時間的体内分布を調べてみると、 ^{131}I -Hippuran は肝臓による影響は考慮しなくともよく、且つ腎臓に選択的に然かも迅速に集まり急速に排泄されるが、 ^{131}I -Diodrast は肝臓への摂取が高い為、肝臓による影響が大きく腎臓に選択的に排泄されるが、前者程大きくななくその排泄も遅い。

腎臓への集まりが早く、且排泄が早く肝臓への摂取が少いという点から、レノグラムの測定には、 ^{131}I -Hippuran の方が ^{131}I -Diodrast より優れていると云える。

両者の正常なレノグラムをみると、 ^{131}I -Diodrast

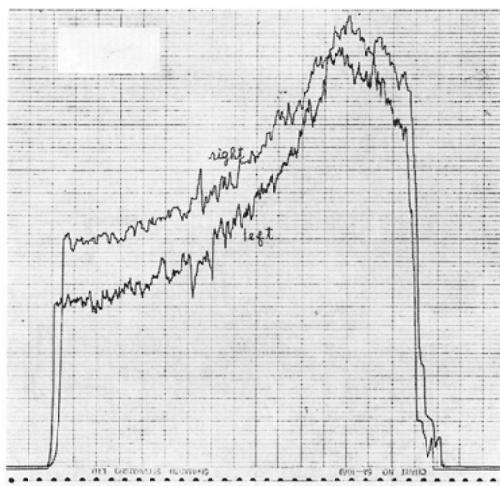


Fig. 19 The location of the kidneys was determined by intravenous pyelography with the aid of cm X-ray television, in the same posture as in the measurement with radioisotope renogram.

は、右腎では肝臓の影響が大きくて明らかに不利である。

(4) 立位の腎孟撮影では、造影剤が流れて腎孟の造影が不完全となり、腎位置の読影に苦しむ事があるが、X線テレビにより測定時と同体位である半座位での腎孟像を求めれば、腎孟像の追跡が可能で腎位置を正確に決める事が出来る。

3. 実験動物のレノグラム

a. 正常動物のレノグラム

動物の正常なレノグラムは、人のそれと同様で定性的に3つの部分に分れている。Winter¹¹⁾ の定性的解析に従えば、静注直後に急激に上昇する曲線を initial segment と呼び、腎実質に流入せる腎血容量を意味し、その後再び上昇を続ける部分を function segment と云い、活動尿細管の排泄能及び分泌能を示す。

次いで下降する部分を evacuation segment として下降尿路の排泄状態を示すと云う。

Fig. 17 は、正常レノグラムの schema である。

b. 尿管結紩動物のレノグラム

正常成犬を使って急性下部尿路閉塞のレノグラムについて検討した。

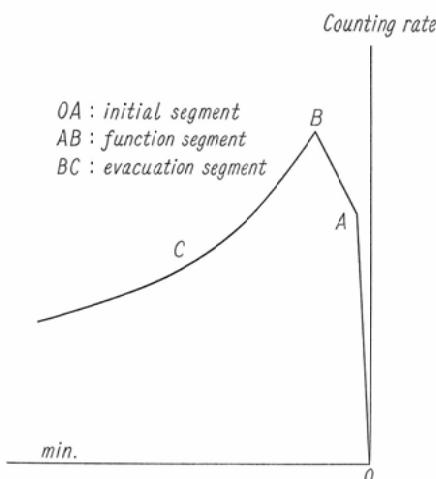


Fig. 20 Analysis of radioisotope renogram

方法

正常成犬をペントバルビタールで静脈麻酔し、開腹手術を行つて左側の尿管を二重結紩して術前、術後24時間、72時間の3回測定してその変化を追求した。尙、測定にはクリスタル $1.0'' \phi \times 1.0''$ の東芝製スキャナーナー及び東芝製記録計を使用した。

結果

Fig. 21,22 が、それである。

術後24時間の Fig. 21 では、initial segment に続いて function segment がみられるが、下降の傾向は全くみられず、時間の経過について更に上昇を続け evacuation segment の特徴が失わ

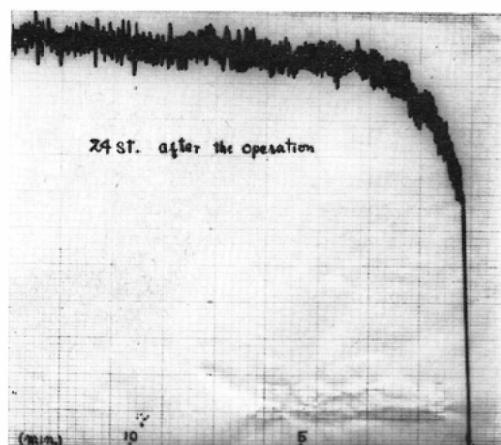


Fig. 21

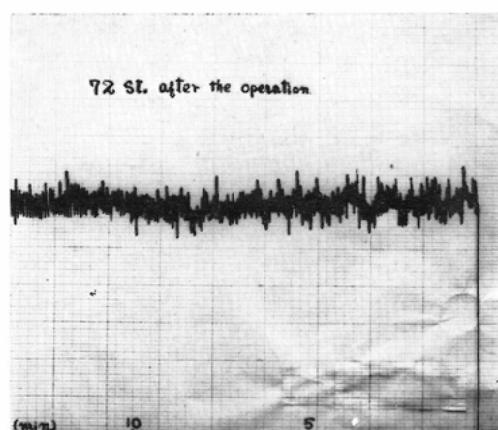


Fig. 22

れている。そして術後72時間 (Fig. 22) すると全体的に計数値が低下し、function segment も evacuation segment も本来の特徴が失われ、平坦な曲線を画いている。

これは、尿管結紾の為、下部尿路障害を起したものである。そしてその後時間が経つにつれ徐々に腎実質の機能障害にも及んだものだと考えられる。

c. 腎茎圧迫動物のレノグラム

腎茎を長時間圧迫していると、日時を経るにつれ尿細管壊死を起して来る。実験的に尿細管壊死を作り、そのレノグラムを検討した。

方法

正常成犬をペントバルビタールで静脈麻酔して開腹手術を行い、左側腎の腎茎を鉗子で約4時間圧迫して24時間後にそのレノグラムを測定した。尚、測定にはクリスタル 1.0インチ直径 × 1.0インチの東芝製スキャンナー及び東芝記録計を使用した。

結果

Fig. 23 に示す。全体的に計数値が低下し、function segment も evacuation segment も本来の特徴が失われ、平坦な曲線を画いている。強い腎機能障害を生じたものと考えられる。

d. ^{60}Co 照射腎について

正常家兎及び成犬の左腎に ^{60}Co γ 線の1回大量照射を行い、腎機能障害の経過をレノグラムで測定してその診断価値を検討した。

イ) Co^{60} 照射腎のレノグラム

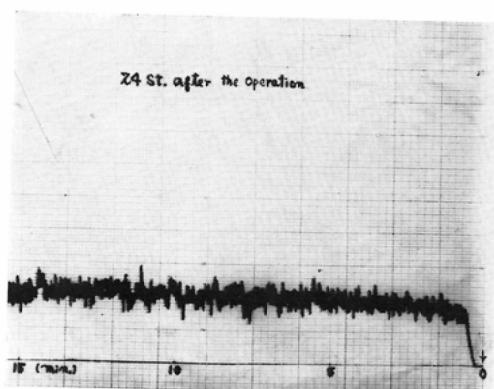


Fig. 23

方法

(1) 約2500gの家兎を1群4羽とし、腎推定線量1000rads, 2000rads, 4000rads の各照射群に分ける。

(2) 家兎の腎臓は、左腎は触診にてよく解るが、右腎は触診にてその位置を明確にする事は難しい。レノグラムは前述の如く腎臓に正しく照準される必要があるので左腎を照射し、その測定を行つた。

(3) 照射法

島津製 RT-2000のコバルト治療機を使い、家兎の腎臓の中心切断面が皮下3cmにあるものと仮定し、照射野 6cm × 6cm として組織線量を Victoreen chamber で実験的に測定した。右腎は、10cm × 5cm鉛ブロックで遮蔽して、左腎のみ照射した。尚、照射前にペントバルビタールで腹腔内麻酔を行つた。

(4) レノグラムの測定

島津製レノグラム装置、クリスタル 2.0'' ϕ × 2.0'', 35mm ϕ × 50mm の cylindrical hole 型及び波高分析器を使用した。

ペントバルビタールで静脈麻酔、腹臥位にて左腎の位置を触診にて確認し耳静脈より ^{131}I -Hippuran 約 5 $\mu\text{c}/\text{kg}$ を静注する。

照射前、照射後1週間、1カ月、2カ月、3カ月の5回左腎のレノグラムを測定した。

(5) その他の諸検査

尿蛋白（カテーテル尿）、血清尿素窒素、血清 Na, K, Cl 克値及び P.S.P.（但し、照射前、照射後50日目、90日目の3回測定）を測定した。

結果

(1) 尿中蛋白

2カ月目に2000rads 照射群に1例、3カ月目に4000rads 照射群に1例陽性を示す他いづれも陰性であった。

(2) P.S.P.

Fig. 24 に示す。照射前と照射後50日目、90日の3回測定した。照射後、50日目では各群とも正常範囲にあるが、照射後90日目では各群ともに低下の傾向を示している。4000rads 群は、他

の二群に比してその傾向が大きい。

(3) 血清尿素窒素

Fig. 25 に示す。各群とも 1 カ月目より軽い増加を示し徐々に増加の傾向にある。

(4) 血清 Na,K,Cl 値

Fig. 25 に示す。線量が、大きく且、照射後の日数が経つ程、各値は低下している。

(5) レノグラム

定性的比較の為、各レノグラムを補正してまとめたものが、Fig. 26, 27, 28 である。各群とも

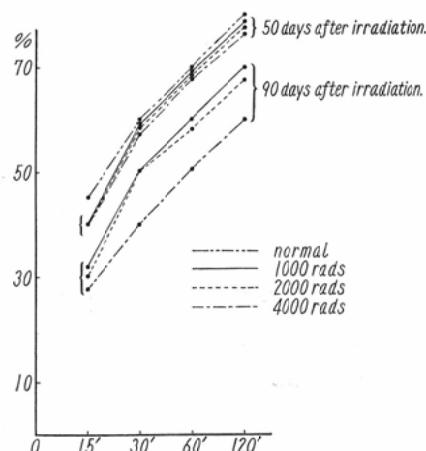


Fig. 24 P.S.P.

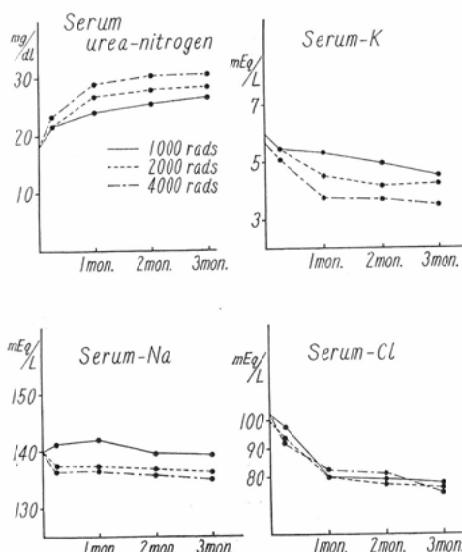


Fig. 25

に照射後、1週間では一過性の排泄能の低下がみられる。照射後、1カ月目より活動尿細管細胞の吸収能を示すといわれる functional segment の傾斜が緩やかになり、且つ延長している。又、evacuation segment の傾斜も緩徐となつており、之等は排泄機能障害を示すと考えられる。この傾向は、すでに 1000 rads 群でも 1カ月目に現われているが、照射後の日数を経るにつれて、且つ照射線量が大となるにつれ大きくなっている。P.S.P.、血中尿素窒素等は、総腎機能の状態を表わすのでこの様に非照射腎が機能を代償する場合

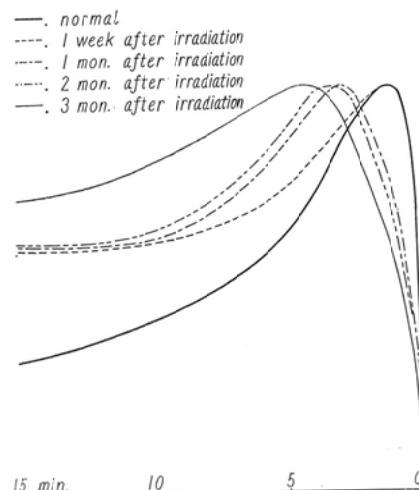


Fig. 26 1000 rads

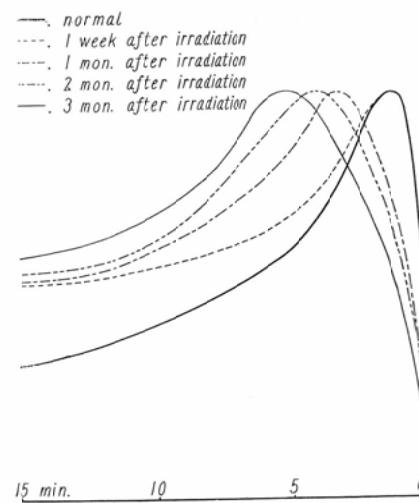


Fig. 27 200 rads

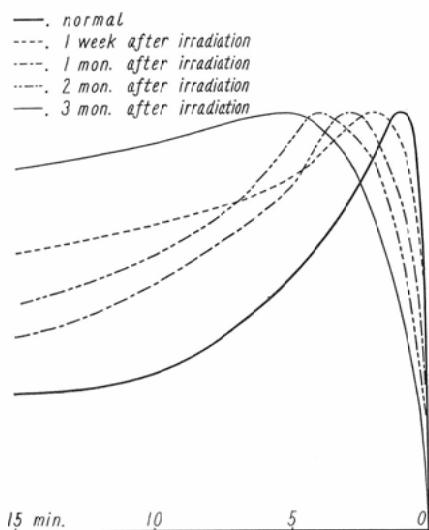


Fig. 28 4000 rads

には、片腎機能障害を充分に捉えることは難しい様である。

ロ) ^{60}Co 照射腎のレノグラムによる診断と静脈性腎孟撮影による診断の比較

^{60}Co 照射腎に於ける腎機能の経過を静脈性腎孟撮影とレノグラムで比較検討した。

方法

(1) 約10kgの正常成犬

(2) 照射法

前述の如く、島津製RT2000コバルト治療機で左腎に照射。照射野 $8 \times 8\text{ cm}$ 、腎推定線量1000 rads及び4000rads。尙、照射時はペントバルビタール30mg/kgを腹腔内麻酔し、右腎は前述の如く鉛ブロックで遮蔽した。

(3) レノグラムの測定

前述の如く島津製レノグラム装置、クリスタル2.0直径×2.0インチ, $35\text{mm} \phi \times 50\text{mm}$ のcylindrical hole型及、波波高分析器を使用した。

左腎を触診にて確認。照射前、照射後1カ月、1.5カ月、2カ月の4回測定した。但し、4000 rads群は、死亡したので2カ月目は測定していない。

尙、測定時、ペントバルビタール20mg/kgで静脈麻酔を行つた。

(4) 静脈性腎孟撮影

ペントバルビタール20mg/kg 静脈麻酔し、76%ウログラフィン20cc静注。注射後、3分、5分、7分、10分にて撮影した。撮影時期は、(3)と同じ。

(5) 腎クリアランス測定

照射前、照射後1カ月、2カ月の3回G.F.R., R.P.F.を測定した。

尙、4000rads群は、死亡したので2カ月目は、測定していない。

結果

Fig.29, 30, 31, 32, 33, 34, 35に示す。Fig. 29は、正常成犬の腎孟像（静注後、5分）である。両側腎孟は、きれいに撮影されている。

Fig.30, 31は、1000rads照射後、1カ月の腎孟像（静注後、3分）とレノグラムである。腎孟像では未だ排泄時間の遅延は、認められない。又、腎孟像の変形若しくは萎縮等も認められない。然し、レノグラムでは照射前に比べて全体的に計数値が低下し、initial segmentも低下し、function segmentは低下、平坦となつていて濃縮能の低下を示している。これに続いてゆるやかな下降曲線を画いているevacuation segmentがみられ、やや排泄障害を示している。

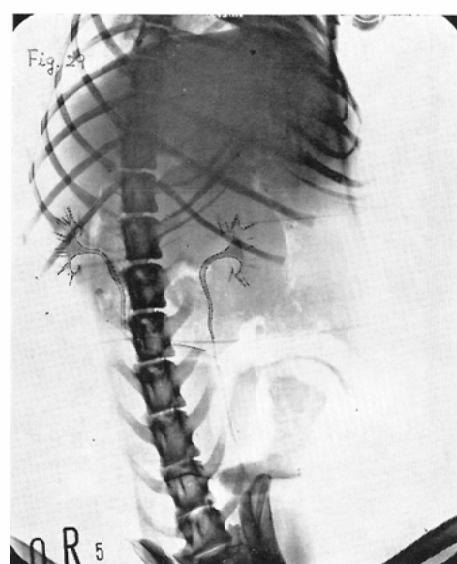


Fig. 29 The intravenous pyelography in the adult dog with normal kidneys.



Fig. 30 The intravenous pyelography in 1 mon. after irradiation (1000 rads)

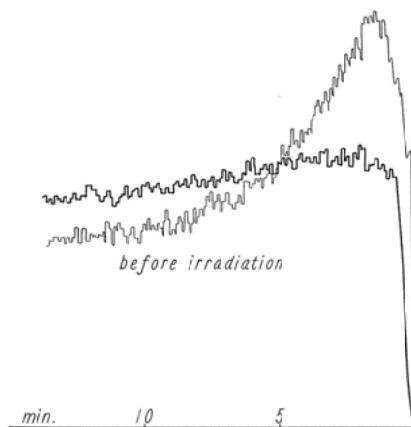


Fig. 31 1000 rads 1 mon. after irradiation
G.F.R 17.4 ml/min. (26.4 ml/min. before
irradiation)
R.P.F 70.3 ml/min. (78.8 ml/min. before
irradiation)

G.F.R., R.P.F. ともに照射前に比べて低下の傾向にある。

Fig.32, 33は、1000rads 照射後、1.5カ月目の腎孟像（静注後、7分）とレノグラムである。腎孟像では排泄能の低下がみられ、右腎の腎孟像に比べて像の萎縮がみられる。

そして、レノグラムでも照射前に比べて更に全体的に計数値が低くなり、initial segment の低下、続くunction segment も本来の曲線を失い平低化し、evacuation segment もゆるやかな曲線でこれに続いている。

Fig.34, 35は、1000rads照射後、2カ月目の腎孟像（静注後、7分）とレノグラムである。腎孟像では明らかな腎孟の形を呈していない。レノグラムでも腎血容量は更に低下し、initial segment は低くなり、function segment, evacuation segmentも平低化して、平常な曲線を画いていない。

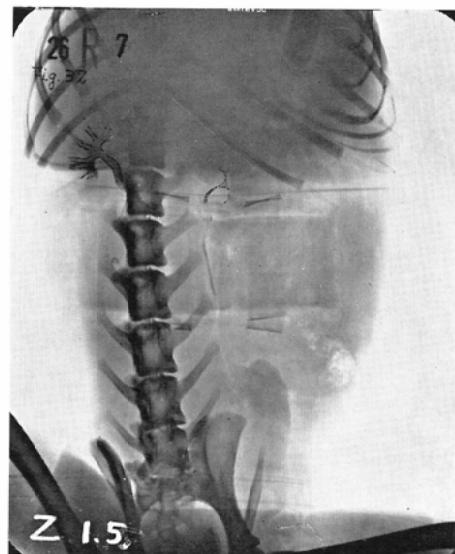


Fig. 32 The intravenous pyelography in 1.5 mon. after irradiation (1000 rads)



Fig. 33 1000 rads 1.5 mon. after irradiation

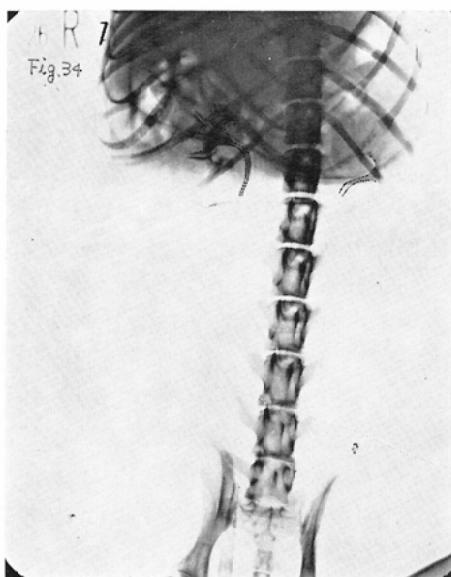


Fig. 34 The intravenous pyelography in 2 mon. after irradiation (1000 rads)

そして、Fig.31, 33, 35を比べてみると照射後時間の経過したもの程、機能障害は大きくなっている。

Fig.36, 37は、4000rads 照射後、1カ月目の腎盂像（静注後、3分）とレノグラムである。

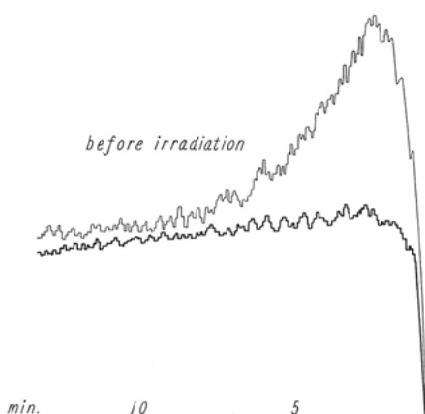


Fig. 35 1000 rads 2 mon. after irradiation
G.F.R 17.7 ml/min. (78.8 ml/min. before
irradiation)
R.P.F 31.9 ml/min. (78.8 ml/min. before
irradiation)

腎盂像では排泄能の遅延を示し、又、腎盂像の萎縮がみられる。レノグラムでは、照射前に比べて全体的に計数値が低下し、initial segment も function segment も低下、平坦化し、そのまま evacuation segment に続いて濃縮能の低下及び排泄能の低下を示している。



Fig. 36 The intravenous pyelography in 1 mon. after irradiation (4000 rads)

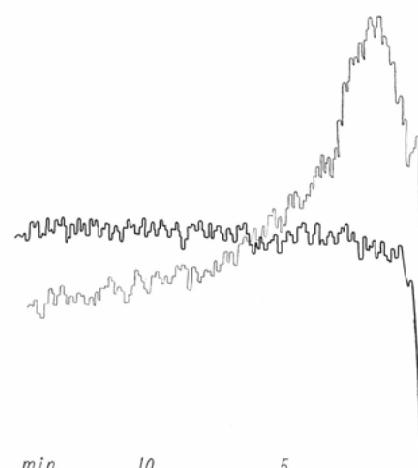


Fig. 37 4000 rads 1 mon. after irradiation
G.F.R 38.4 ml/min. (65.0 ml/min. before
irradiation)
R.P.F 16.4 ml/min. (175.0 ml/min. before
irradiation)

G.F.R. も R.P.F. も機能低下を示している。

Fig.38, 39は、4000rads 照射後、1.5カ月目の腎盂像（静注後、7分）のものである。腎盂像では排泄障害が更に進み、腎孟の萎縮もみられる。レノグラムでは、Fig.35とほど同様に濃縮能、排泄能の低下を示している。

Fig.34～37を比べると照射後の経過の長いもの程、腎機能障害の程度が高い。又、線量が大きい程、障害の程度が高い。

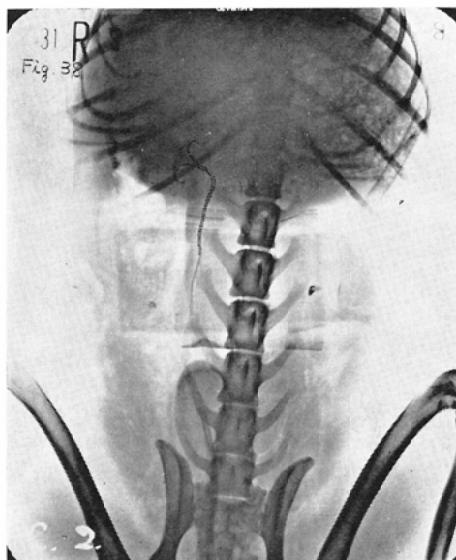


Fig. 38 The intravenous pyelography in 1.5 mon. after irradiation (4000 rads)

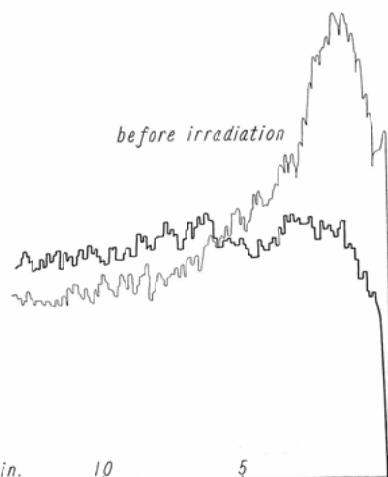


Fig. 39 4000 rads 1.5 mon. after irradiation

e. 小括

正常家兎並びに成犬を使って実験的に種々な原因による腎機能障害を作り、レノグラムによつてその診断的価値を検討した。

(1) 尿管結紉を行うと急性尿管閉塞の為、排泄障害を来たし、本来尿管を通じて膀胱へ行くべき ^{131}I -Hippuran が、時間を経をにつれ腎孟に滞留し evacuation segment の持続的上昇を招いたものと考えられる。然し、術後72時間すると全体的に計数値が低下し、function segment も evacuation segment も本来の特徴が失われ、平坦な曲線を画いているのは、腎実質の機能障害が起つて来た事を意味する。この状が進めば、水腎症より尿毒症へと徐々に移行するものと考えられる。

(2) 腎茎を長時間圧迫すると function segment も evacuation segment も低下、平坦化し濃縮能も排泄能も低下して来る。これは、腎茎圧迫の為、急性尿細管壊死を起したものと考えられる。尿管結紉による術後72時間の曲線と腎茎圧迫の曲線が類似しているのは、興味のある事である。

(3) 1側に ^{60}Co γ 線照射したものでは、尿蛋白、P.S.P.、血清尿素窒素、血清 Na,K,Cl 値の低下は、緩やかである。これらは総腎機能を表わすので1側の ^{60}Co 照射腎の様な片腎機能障害では機能障害を捉え難い様である。

一方、レノグラムでは ^{60}Co 照射腎の機能障害の状態をよく現わしている。即ち、機能障害は、すでに1カ月目に現われ、照射線量が大きく、且つ照射後の経過の長いもの程、全体的に計数値が低下し、function segment は平坦に且低くなり、それに続く evacuation segment 傾斜も緩徐となり、機能低下を明らかに示している。この時間的経過による変化は、 ^{60}Co 照射腎の機能障害は進行性であることを示唆するものであろう。

これらより、 ^{60}Co 照射腎の機能検査としてレノグラムは、優れていることが解つた。

又、 ^{60}Co 照射腎の機能障害についてレノグラムと静脈性腎孟撮影像と比較してみると、4000

rads照射後では1カ月、1.5カ月何れも両検査法で腎障害の診断が可能である。

1000rads 照射後1カ月では、レノグラムで機能障害を診断し得るが、静脈性腎孟撮影では診断し得ない。この事から静脈性腎孟撮影よりもレノグラムは腎機能障害をよくとらえうる事を知つた。

又、同じ機能低下の診断は出来ても静脈性腎孟撮影ではその障害の度合がはつきりしないのに対してレノグラムでは障害の程度をもよく表している。

これらの点よりレノグラムは、腎機能障害の診断に於いて静脈性腎孟撮影よりも優れた場合があり、併用する事により機能的診断と共に形態的診断が行い得られるので診断は更に正確となり得よう。

5. 考 按

レノグラムの診断価値を高めるためには、基礎的问题を充分検討しておく必要がある。

著者は、日本人の腎臓及び膀胱に準じた模型を作り、3種の Cylindrical hole 型コリメーターをその人体胴部模型の後壁に密着し、Tsuyatscanを行つてそれぞれの感度及び指向域を検討し、Bodfish³⁾ と同様な実験を行つた。その結果、腎臓を充分に過不足なく入れ得る様なコリメーターでしかも皮膚と充分に密着させる事が必要であるということが解つた。これは、コリメーターを皮膚に密着させ且つ腎臓を充分に必要なだけ望み得る様なコリメーターが適しているという Bodfish³⁾ の意見と一致する。又、これは再現性がよいという事にもなり得る。

クリスタルの大きさについては、前に述べた如く Winter¹⁰⁾ は、1.0インチ直径×1.0インチがよいと云つているが、日本の様にシンチレーション・カウンターを多目的に使用する場合は、むしろ 2.0インチ直径×2.0インチの方がよく、感度の点からも有利であり、小児の場合にはコリメーターの種類を変える事で充分目的を達し得られる。著者は、2.0インチ直径×2.0インチで適當であると考える。

レノグラムの診断に大きく影響を与える因子として標識化合物がある。現在、数種の標識化合物があるが、レノグラムを測定する場合、最も適した標識化合物を使用する必要があるといふことは今更云うまでもないことである。

著者は、我が国で容易に入手出来且つ一般に使われている ¹³¹I-Diodrast 及び ¹³¹I-Hippuran の二者について時間的体内分布の変化を調べてその優劣を検討した。

その結果、¹³¹I-Diodrast は肝臓への摂取がみられるが、¹³¹I-Hippuran では殆んどみられない。又 ¹³¹I-Diodrast に比して ¹³¹I-Hippuran の方が、急速に腎臓へ濃縮され且つ濃縮度も高く、排泄も急速に行われる事を知つた。

¹³¹I-Diodrast が、肝臓に摂取される事については、Magnusson²⁾, Dennerberg¹²⁾, Nordyke²⁵⁾ 等の報告とよく一致している。そして Winter¹⁰⁾, Nordyke²⁵⁾ が云つてゐる様に標識化合物としては ¹³¹I-Diodrast に比べて ¹³¹I-Hippuran の方が優れているし、特に右腎のレノグラムでは絶対に ¹³¹I-Hippuran の方が有利である。そしてこの様に使用する標識化合物である差がある事は、充分注意する必要がある。

次に Spencer⁴⁾ も云つてゐる様に測定時のディテクションが適正であるか否かがレノグラムの診断に大きく影響を与えるし、又再現性を乏しくする事にもなる。

著者は、体位によつて容易に腎位置が変る両側性遊走腎の患者を使ってレノグラム計測時と同体位で静脈性腎孟撮影を行い、X線テレビに依り腎位置を確認する法をとつた。この方法では、指向を適正にし正しいレノグラムを得る事が出来た。

X線テレビにより腎位置を確認する法は、レノグラム計測時と同体位で確認出来る事、手技が容易であり、短時間で出来る事、撮影を必要とせず経済的にも有利である事、そして常に正しい位置でレノグラムを得る事が出来るという点で優れている。

前に述べた様に Oconor⁷⁾ は、急性乏尿を来たした術後患者について急性尿細管壊死及び尿管閉

塞の鑑別が必要であるとし、犬を使って実験しているが、著者の実験結果によれば尿管閉塞を生ぜしめた犬では、24時間後に於いては initial segmentに続いてfunction segmentがみられるが、正常の場合にみられる下降の傾向は全くみられず、時間の経過につれて更に上昇を続け、evacuation segmentの特徴が失われている。そして72時間経過すると全体的に計数値が低下し、function segmentもevacuation segmentも本来の特徴が失われ、平坦な曲線を画いている。腎莖圧迫例では24時間後全体的に計数値が低下し、function segmentもevacuation segmentも本来の特徴が失われ、平坦な曲線を画き、強い腎障害を示している。腎莖圧迫腎の24時間後の曲線と尿管結紾腎の72時間後の曲線は著しく類似しているが、これは下部尿路障害から徐々に腎実質の機能障害にも及んで来た事を意味している。即ち、24時間後では両者の鑑別容易であるが、それ以後経過すると鑑別は困難となるが、之はOconor⁷⁾の実験結果と一致している。臨床的に術後の急性乏尿症の診断の場合、インジゴカルミン色素排泄試験、逆行性腎盂撮影等が用いられているが、これらの検査は患者に相当な苦痛を与える。レノグラムは手技が容易で患者に苦痛を与えず、動物実験からわかる通り、早い時期に於いては急性乏尿症の鑑別診断は充分可能であろう。

最近、腹部疾患の高エネルギー治療が盛んに行われる様になり放射線腎炎が注目されて来た。前に述べた様に放射線腎炎は放射線治療によつて起るので殆んど1側性腎障害である。レノグラムは、片腎機能を充分よく扱える事が出来るので1側性腎障害である放射線腎炎の早期診断に役立つのではないかと考え、家兎及び成犬を使って1側腎に⁶⁰Co γ線を照射して約3カ月にわたつて観察した。その結果、腎機能は1000rads群でも既に1カ月目で機能低下を来たし、この程度は照射後日数を経るほど、又照射線量が多いほど大きくなつてゐる事を知つた。この事は、前に述べた様に⁶⁰Co照射腎の機能障害は進行性である事を暗示するものであろう。又同時にP.S.P., 血清尿素

窒素、血中電解質、尿蛋白の有無等を調べたが、これらはすべて総腎機能検査であり、非照射腎が機能を代償するので腎障害を早期に適確に診断する事は難しく、これに比べてレノグラムは腎障害をよく捉えていた。

更に静脈性腎盂撮影との比較をみると、1000rads照射後1カ月ではレノグラムで腎機能の低下を明らかにする事ができるが、静脈性腎盂撮影では未だ低下の傾向をみる事が出来ない。併し、1.5カ月、2カ月経過すると両者とも機能障害を診断し得る。4000rads照射では、すでに1カ月目で両者ともに機能低下がみられ得る。更にレノグラムではそれらの機能障害の度合をもかなり詳細に表現してくれる。

zum Winkel¹⁵⁾も指摘している様に⁵⁰Co照射腎の腎機能検査としてレノグラムは非常にすぐれているし、Quinn²⁴⁾の報告にもある様にこれらの診断には静脈性腎盂撮影よりも優れている事を知つた。

6. 結 び

(1) コリメーターは、被検体である腎臓がその指向域の中に必要充分にして且つ最小限度に入り得る様なものである事が望ましい。又、バック・グランドは無論のこと、他側腎及び肝臓からの影響を除ぐ為に散乱線除去フィルター、若しくは波高分析器が必要である。

(2) 計数率の相対的標準誤差及び計器の時間的遅れ等の点から考えて、時定数は5秒乃至10秒が適當である。又記録計紙送り速度は、曲線分析を容易にする意味で5~10mm/minが適當である。

(3) ¹³¹I-Hippuranは、肝臓への摂取は余りみられず腎臓の選択的に然かも迅速に摂取され、急速に排泄をみる。¹³¹I-Diodrastは、肝臓よりの影響を無視出来ず腎臓より選択的に摂取されるとは云え、前者程でなくその排泄も遅い。そしてこの事は、右腎のレノグラムの場合特に不利である。

以上より¹³¹I-Hippuranの方が、標識化合物として優れていると云える。

(4) 腎位置を決定する法としてX線テレビを利用すれば、腎位置を正確に捉える事が出来、手技が容易で短時間で正確に決定し得る。

(5) 尿管結紉腎では、下部尿路排泄障害のため evacuation segment の上昇を招くが、時間が経つにつれ function segment も evacuation segment も本来の特徴を失い平坦な曲線を画いている。これは、腎実質の機能障害を続発して来たことを意味する。

(6) 腎茎を長時間圧迫すると循環障害のため尿細管壞死を起し function segment も evacuation segment も低下、平坦化して来る。

(7) ^{60}Co γ 線照射による腎機能障害の診断にはレノグラムが優れている。そして線量が大なる程、照射後の経過の長いもの程、その機能障害の程度も大である。又照射腎の機能低下は進行性である事をも窺い知られた。

(8) ^{60}Co γ 線照射腎に於ける腎機能をレノグラムと静脈性腎盂撮影で比較検討した。その結果、レノグラムの方が腎機能障害を早期に発見し得且つその障害の度合をも窺い知られ得る。

(本論文の一部は、第17回日本医学放射線学会中四国、関西、九州合同部会、第22回及び第23回日本医学放射線学会総会に於いて発表した。)

稿を終るに臨み、終始御懇意なる御指導と御校閲を賜った恩師入江英雄教授に深甚なる謝意を表すると共に、御指導並びに御助言を頂いた泌尿器科教室百瀬俊郎教授、薬理学教室植木昭和助教授、並びに放射線医学教室前田辰夫講師に厚く感謝致します。

References

- 1) Winter, C.C.: A clinical study of a new renal function test: The radioactive Diodrast renogram. *J. Urol.* 76 : 182-196, 1956.
- 2) Magnusson, G.: The distribution of ^{131}I -diodrast studied with autcradiography. *Acta med. scand.* 166 : 35, 1960.
- 3) Bodfish, R.E., E.R. Nicolas: Studies of collimation and filtration in I-renography. *Amer. J. Roentgenol.* 84 : 861, 1960.
- 4) Specer, C.C., C.W. Callendine, Jr, L.J. Vincent.: Reproducibility of the radioisotope renogram. *J. ab. clin. Med.* 57 : 350, 1961.
- 5) Krueger, R.P., A.P. Scanders, W. de Maria and G.J. Baylin: Analysis of the radioreno-
- gram curve. *Amer. J. Roentgenol.* 86 : 819, 1961.
- 6) Wax, S.H., and D.F. McDonald: Analysis of the ^{131}I -sodium-iodohippurate renogram. *J. Amer. Med. Ass.* 179 : 140, 1962.
- 7) T. O'Conor, V.J., Libretti, J.V. and Grayhack, J.T.: The early differential diagnosis of post operative anuria using the radioactive renogram.
- 8) 町田平: ラジオアイソトープレノグラムの研究、日本泌尿器科学会雑誌、52巻11号 971頁、1961。
- 9) Taplin, G.V., Meredith, O.M., Kade, H., and Winter, C.C.: The radiiodotope renogram. *J. lab. Clin. Med.* 48 : 886, 1956.
- 10) Winter, C.C., Nordyke, R.A., and Tubis, M.: Clinical experience with a new test agent for the radioisotope renogram: Sodium orthoiodohippurate I^{131} (Hippuran- I^{131}). *J. Urol.* 85 : 92, 1961.
- 11) Winter, C.C.: Radioisotope Rensgraphy. 1963.
- 12) Denneberg, T., E. Hansson, I. Hedenskog: On the distibution and excretion of some I-labelled renal contrast media: An experimental study in cats. *Acta med. scand.* 166 : 351, 1960.
- 13) Steraffon, R.A., A.M. Garcia: A clinical evacuation of the radioactive diodrast renogram as a screening test in hypertension. *J. Urol.* 83 : 744, 1960.
- 14) Poker, N., V.F. Marshall, D.V. Becker, and J.A. Evans: The radioisotope renogram: a clinical evacuation and some theoretical aspects. *Amer. J. Roentgenol.* 84 : 866, 1960.
- 15) zum Winkel, K., J. Becker, and K.E. Scheer: Die Isotopen-Nephrographie als diagnostische Methode für den Strahlentherapeuten. *Strahlentherapie.* 116 : 489, 1961.
- 16) zum Winkel, K., K.E. Scheer, I. Kazem: Studies of radioisotope-nephrography in patients with abdominal tumours. *Brit. J. Radiol.* 34 : 241, 1961.
- 17) Abt, A.F., V.A. Balkus: The Radio-renogram, with radiorenografin I^{131} , rs a diagnostic aid in urologic problems. *J. Urol.* 85 : 95, 1961.
- 18) Nordyke, R.A., R.G. Riegler and W.S. Strode: Radioisotope renography. *Amer. J. Roentgenol.* 88 : 311, 1962.
- 19) Nordyke, R.A., and A. Tonchen: The radiohippuran renogram. Enhanced reproducibility by changes in instrumentation and patient position. *J. Amer. med. Ass.* 183 :

- 440, 1963.
- 20) Witcofski, R.L., J.E. Whitley, I. Meschan and W.E. Painter: A method and parameters for the analysis of renal function by external scintillation detector technic. Radiology. 76 : 621, 1961.
- 21) 森於菟, 平沢興, 小川鼎三, 森優: 解剖学, 第3巻, 178頁。
- 22) Warthin, A.S.: Changes produced in kidney by roentgen irradiation. Am. J.M. Sc. 133 : 737, 1907.
- 23) Edsall, D.L.: Attitude of clinician in regard to exposing patients to x-ray. J.A.M. A. 47 : 1245, 1906.
- 24) James, L. Quinn, Isadore Meschan, Damond, Blake and Richard L. Witcofski: The usefulness of the radioisotopic renogram in radiation therapy. Radiology. 78 : 266, 1962.
- 25) Nordyke, R.A., M. Tubis, and W.H. Blahd: Use of radioiodinated hippuran for individual kidney function test. J. Lab. clin. Med. 56 : 488, 1960.
- 26) Domak, G.: Röntgenstrahlenschädigungen der Niere beim Menschen. Med. Klin. 23 : 345, 1927.
- 27) Dean, A.L., and Abels, J.: Study by newer renal function tests of unusual case of hypertension following irradiation of one kidney and relief of patient by nephrectomy. J. Urol. 52 : 497, 1944.
- 28) Zuelzer, W.W., Palmer, H.D. and Newton, W.A., Jr.: Unusual glomerulonephritis in young children; Probably radiation nephritis report of three cases. Am. J. Path. 26
- 30 : 1019, 1950.
- 29) Grossman, B.J.: Radiation nephritis. J. Pediat. 47 : 424, 1955.
- 30) Smith, W.G., and Williams, A.W.: Irradiation nephritis. Lancet. 1955, 2, 175-177.
- 31) Levitt, W.M., and Oram, S.: Irradiation-induced malignant hypertension: cured by nephrectomy. Brit. M.J. 2 : 910, 1956.
- 32) Levitt, W.M.: Radiation nephritis. Brit. J. Urol. 1957, 29, 381-182.
- 33) Wilson, C., Ledingham, J.M., and Cogen, M.: Hypertension following X-irradiation of Kidneys. Lancet. 1 : 9, 1958.
- 34) Cogan, S.R., and Ritter, I.: Radiation nephritis: Clinicopathologic correlation of three surviving cases. Am. J. Med. 24 : 530, 1958.
- 35) Schreiner, B.F., and Greendyke, R.M.: Radiation nephritis: report of a fatal case. Am. J. Med. 1959, 26, 146-151.
- 36) Upton, A.C., and Furth, J.: Nephrosclerosis induced in mice by total body irradiation. Fed. Proc. 13 : 445, 1954.
- 37) Frang Moser, Huns Sarre, Clara Hein und Hans Joachim Meiching: Die experimentelle Bestrahlungsnephritis bei kaninchen. Strahlentherapie. 114 : 76,
- 38) Luxton, R.: Radiation nephritis. Quart. J. Med. 22 : 215, 1953.
- 39) Redd, B.L.: Radiation nephritis. Am. J. Roentgenol. 83 : 88, 1960.
- 40) 寛弘毅, 有水昇, 三枝健二: Linear Scanningに関する知見 Radioisotopes 10巻2号 266頁。