

泌尿器科領域における X 線映画撮影法の研究

京都大学医学部泌尿器科教室 (主任 稲田 務教授)

助教授 後 藤 薫

講 師 大森 孝郎 仁平 寛巳 酒徳治三郎

助 手 日野 豪 片村 永樹 山崎 巖

玉置 明 北山 太一 沢西 謙次

大学院学生 本郷 美弥 久世 益治

Cineradiography in Urology

Kaoru GOTOH, Takao OMORI, Hiromi NIHIRA, Jisaburo SAKATOKU,
Takeshi HINO, Eizyu KATAMURA, Iwao YAMASAKI, Hajimu TAMAKI,
Haruya HONGO, Kenji SAWANISHI and Masuji KUZUE*From the Department of Urology, Faculty of Medicine, Kyoto University, Japan**(Director : Prof. T. Inada, M. D.)*

This report deals with our experiences in cineradiographic studies using an image amplifier made by Shimadzu Seisakusho Co. Ltd, Japan.

We observed the time of visualization of the renal artery, its branches and nephrogram by translumbar abdominal aortography. We also did the same kind of studies on nephrogram and the renal pelvis by IVP, effect of cholinergic and anticholinergic drugs on peristalsis of the renal pelvis and the ureter and the de Graaf's phenomenon by seminal vesiculography.

Cineradiography demonstrates the functional aspect of the urogenital organs in very realistic way.

本論文の要旨は昭和34年 3 月の第47回日本泌尿器科学会総会に於て発表した。なお、本論文の内容は Berliner Medizin (11. Jahrgang Heft 20, Oktober 1960) にも発表した。

I 結 言

生体内の諸臓器の運動を X 線的に観察する方法としては、透視、連続撮影法、動態撮影法があるが、記録の再現性と客観性とを満たすものは X 線映画撮影法である。即ち生体 X 線映画撮影法は運動其物を観察し得る最良の方法であつて、諸臓器の機能的診断に必須のものである。

X 線映画撮影法は 1895 年 11 月 8 日の Roentgen による X 線発見の翌 1896 年に、Glasgow の Intyre が Edison (1893) の映画原理を応用して、蛙の脚の運動を撮影したのが最初である。1914 年には Patterson により蛍光板が紹

介され、1928 年 Reynolds はクーリッジ X 線管を使用して、蛍光板を利用する撮影法に成功し、Caldwell, Keastler, Rider, Rosenthal, Cole 等が同様の方法を行つている。1935 年に Reynolds は Zeiss 社の F0.85 の大口径レンズを使用して撮影している。本邦では 1936 年名大河石教授が Askania 製カメラにて人体各部の X 線映画撮影法を行い、同年三矢教授は排尿運動の映画撮影を行つた。1949 年に Ramsy は X 線とオツシログラフを同調させて、60 駒の速さで数秒間の高速度撮影に成功している。その後、Moon は X 線診断に工業用テレビジョンを

使用した kinescope recording を報告している。これは蛍光板像を大口径レンズを通し撮像管、増幅装置、送像および受像機をへてブラウン管上に再現された像を撮影する方法である。また、Johns Hopkins Hosp. の Morgan and Sturm はイメージ オージコン撮像管を使用したテレビジョン (image orthicon television chain) を用い、その上テレビジョンの解像力を増すためにブラウン管の走査線数を一般用の2倍にしている。更に Morgan は蛍光輝度増倍法について発表を行い、1954年に Oosterkamp は image amplifier を発表した。これは電子光学的増倍方式を利用して、蛍光像の明るさが透視蛍光板に比して数百倍に及ぶものである。Westinghouse社、Philips 社の製品が本邦に輸入されている。1955年に Rushmer and Weinberg は偏光フィルターを応用したX線立体映画 (stereocinefluorography) を作っている。

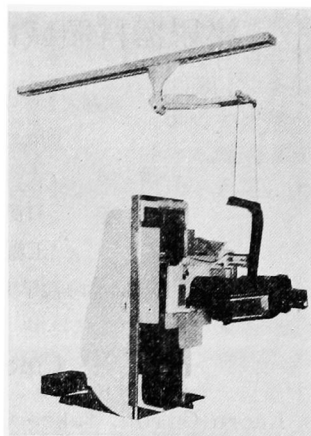
前記の如く、X線映画撮影装置は飛躍的な発展をとげ、各種の利点を有する image amplifier が利用されるようになって来た。名大三矢教授等は1956年より Philips 社製の image intensifier を用いて腎盂、尿管運動、排尿運動、排精運動等の映画撮影を行っており、著者等は1956年に Westinghouse 社製 image amplifier を使用して膀胱排尿運動の撮影を行った。その後、本邦に於いても、image amplifier が製造されるようになり、本年(1959)に至り京都大学の中央X線部に島津製作所の製品が設置された。著者等は本装置を使用して、泌尿器科領域において、日常 routine に実施している尿路X線検査を中心にして、映画撮影法を行い、機能的X線診断法の研究を行ったので、その概要を報告する。

Ⅱ 使用装置

著者等が使用せる京都大学中央X線部に設置の映画撮影装置の概略を記述する。本装置は当大学所在地の島津製作所製の国産品である。本装置の全貌は第1図に見る如くである。

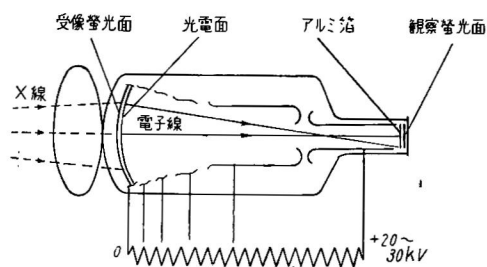
- 1) イメージ・アンプリファイヤ II 型
- 2) BS-55 B 透視台

- 3) X線装置 桂-150 B
- 4) X線管球 CIRCLEX-“0.3/2” B



第1図 X線映画撮影装置

1. イメージ・アンプリファイヤの構造
第2図の如き構造を有する。



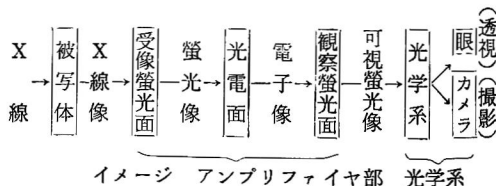
第2図 イメージ・アンプリファイヤの構造

2. イメージ・アンプリファイヤの機構

被視体を透過したX線が受像螢光面に投げられ、ここに普通の透視像ができる。その螢光面の裏側にこれと接近して光電面があり、この光電面から螢光像の輝度に比例して光電子を放出する。この電子は数個の円筒状電極に直流電圧を加えた静電レンズ系によって加速収斂され、真空管の他端にある観察螢光面に衝突し、ここに明かるい縮小像を与える。ここに生じた明かるい縮小像を光学的に拡大して観察するものである。

イメージ・アンプリファイヤの機構を第3図に示す。

第3図 イメージ・アンプリファイヤの機構



3. イメージ・アンプリファイヤによる輝度の増倍

蛍光輝度の増倍は下記の如くである。

光電子の加速による利得： (蛍光面，光電面の量子効率を含む)	8～12
像の縮小による利得： (125mmφ→25mmφ)	25

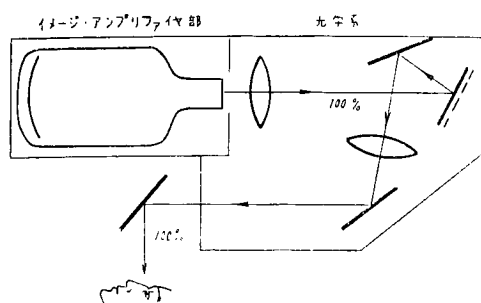
総合して

$$\text{輝度増倍率} = 8 \sim 12 \times 25 = 200 \sim 300$$

4. イメージ・アンプリファイヤの像の観察（透視）

前記の如く蛍光像の明かるさが従来の透視蛍光板に比して数百倍に及ぶので，透視に際して暗室を必要としない。光学系（倍率5）により像は実物大に観察される。光学系出力光束は9mmφもあるので見易い。

イメージ・アンプリファイヤの像の観察機序は第4図



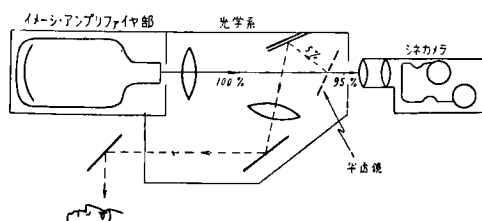
第4図 イメージ・アンプリファイヤの像の観察（透視）機序

の如くである。

5. イメージ・アンプリファイヤの像の撮影（映画）

X線映画撮影には，イメージ・アンプリファイヤの出力光量の約95%をカメラに送り，約5%の光量で像を観察しながら撮影できる。

撮影機序は第5図の如くである。



第5図 イメージ・アンプリファイヤの像の撮影機序

6. イメージ・アンプリファイヤの性能及び効用

前記イメージ・アンプリファイヤ（島津）の性能及び効用は，要約すると下記の如くである。

性能

有効視野	直径 125mm	縮小率1/5
観察蛍光面寸法	直径 25mm	

電子加速電圧 : 20～30kV

輝度増倍率 : 島津蛍光板 S-3（高輝度）に比べて200倍以上

解像力 : 12本/cm (0.4mm)

効用

1. 透視の診断能の向上
2. 透視診断の迅速化
3. 暗室，暗調応の無用
4. X線被曝量の減少
5. X線映画の実用化

7. X線映画撮影器具

著者等が映画撮影に使用した器具及び性能は下記の如くである。

カメラ : Kodak K-100 16mm

レンズ : Zunow F 1.1

速度 : 16, 24, 32, 48, 64駒/秒

撮影時間 : 16駒/秒のとき4分弱

フィルム : Fuji X-ray film 50, 100 feet

III 撮影方法

X線映画撮影装置はBS-55B透視台に設置されているので，立位撮影法，臥位撮影法等自由な体位で撮影できるようになっている。

1. 撮影条件

撮影部位，個人により差異はあるが，大略下記の如き条件で撮影した。

F2 48駒/秒

人体 100～120kV_p 5mA

犬 80～90kV_p 6mA

F2.8 16駒/秒

人体 100～110kV_p 5mA

犬 70～80kV_p 5mA

2. X線被曝量及防禦

Bodner, Howard and Kaplan は一般撮影の露出は70～90kV_p，1～5mAであり，この条件下のX線量は毎分3～3.5rとなることを述べている。皮膚紅斑量は約50rであり，20～25rは50%安全量の最大限と考えられ，普通10～15rを超過せぬがよいとされている。従つて3～3.5rの線量では，映画撮影の3～6分は安全になされると言う。

術者は透視用プロテクター，手袋を使用し，透視台両脇の保護板を用いる。

IV 撮影内容

泌尿器科領域に於て日常 routine に実施している尿路X線検査法を，イメージ・アンプリファイヤ使用に

よつて観察し、かつこれを映画に撮影し機能的X線診断法の一助とした。本報告に於ては腎血管撮影法、腎盂撮影法及び精囊撮影法について述べる。造影剤は76% Urografin 及び Endografin (Schering) を使用した。

1. 腎血管撮影法

腎血管撮影法は腎動脈を撮影し腎内血管の状態、更に腎実質内の状態を知ることにより、従来の腎盂撮影法等よりは全く知り得なかつた所見を得ることができ、近年泌尿器科X線検査法の routine なものとなっている。撮影法としては次の4法がある。

- 1) 経腰的腹部大動脈穿刺法
- 2) 経皮的股動脈カテーテル挿入法
- 3) 選択的腎動脈カテーテル挿入法
- 4) 経静脈性迅速注入法

前記の4法について映画撮影法を試みた。以下各方法について述べる。

1) 経腰的腹部大動脈穿刺法

本法の術式については内外文献に多数の報告があり、著者等も数度発表している、ここには省略する。最近、著者等の用いている皮膚固定用のストツプコック付穿刺針、注射筒と穿刺針を連結するポリエチレンチューブを接合する金属製アダプターに就いては、泌尿器科紀要5巻8号に図示した。著者等は1953年より本法を実施し、現在(1959, 10月)180例の経験を有し、その内64例は連続撮影法を行い(泌尿器科紀要4巻8号参照)、8例について映画撮影法を行った。

健常人に於て76% Urografin 40cc を3.5秒で注入した場合の腎血管の描出状態は下記の如くである。

動脈期(腎動脈, 腎内動脈枝)	1~1.3秒(注入開始後)
移行期(ネフログラム)	3~3.3秒
静脈期(腎静脈)	4.5~6秒
腎杯, 腎盂像	50秒~1分

これを連続撮影法に観察した著者等の成績と比較すると、連続撮影法では動脈期1~3秒、平均1.8秒、ネフログラム2~6秒、平均4.0秒であり、略々同様の結果であるが、映画撮影法の方が一層正確に観察し得るが、有効視野が狭いため1側腎しか観察できない欠点を有している。第6図a~hに健常腎の描出状態を図示した。

2) 経皮的股動脈カテーテル挿入法

股動脈にカテーテルを挿入する方法は、市川(1938)が A. circumflexa femoris より行つたのが最初であり、その後種々の方法が考案されているが、Peirce

(1951)は経皮的にカテーテルを挿入する方法を発表した。著者等は本法を実験動物(犬)に試みて、映画撮影を行つた。

イメージ アンプリファイの像を観察しながら、カテーテル先端を腎動脈分岐部附近におき、造影剤を注入して撮影した。第7図a, bにその像を図示した。

3) 選択的腎動脈カテーテル挿入法

前記の如く経皮的に股動脈より大動脈に挿入したカテーテルを、カテーテル内の特殊の誘導マンドリンにより更に腎動脈内に挿入する方法であつて、Ödman (1956), Edholm and Seldinger (1956), Gollmann (1957)によつて報告されている。この方法はGezielte Nierenangiographie (Vogler), L'arteriographie sélective (Morino et al.)等と称されている。著者等は Gollmann 法により実験動物(犬)を用いて行つた。

腎実質内の小血管像までも鮮明に描出され、動脈期、移行期、静脈期が他の方法に比し最も明瞭に観察される。第8図a~dにその像を図示した。

4) 経静脈性迅速注入法

Wall and Rose (1951)は慣用せられている排泄性腎盂撮影法を応用して、腎実質撮影法に成功し、経静脈性腎実質撮影法(intravenous nephrography)と称し、著者等は1953年にこれを追試し、腹部大動脈、腎動脈像をも描出し得ることを報告した(治療37巻6号参照)更に1956年に連続撮影装置を利用することにより、全症例に腹部大動脈、腎動脈、腎実質像を描出できることを見出し、経静脈性連続大動脈・腎実質撮影法 intravenous serial aortography and nephrography)と呼称して発表した(泌尿器科紀要4巻7号参照)本法は他の方法に比して大動脈、腎動脈像は不鮮明であるが、最も安全、簡便な方法である。

健常人に於て76% Urografin 50cc を肘静脈より迅速(2~5秒内)に注入した場合の腎血管の描出状態は下記の如くである。

動脈期(腎動脈, 腎内動脈枝)	10~15秒(静注開始後)
移行期(ネフログラム)	11~16秒
静脈期(腎静脈)	不鮮明
腎杯, 腎盂像	1分30秒

コントラストが他の方法に比し、不鮮明であつたので、映画撮影を行わなかつた。前記成績を連続撮影の成績と比較すると、動脈期11.7秒、ネフログラム12.5秒で略々大差ない。実験動物(犬)に於ては、股静脈より造影剤を注入して映画撮影を行つた。第9図a~

dにその像を図示した。

2. 排泄性腎盂撮影法

泌尿器科領域に於て、日常最も頻繁に行われる排泄性腎盂撮影法に於ける腎盂像の描出状態を観察した。コントラストが不十分にて映画撮影を行っていない。健康人に於て76% Urografin 20ccを肘静脈より2～3分にて注入した場合の描出状態は下記の如くである。

撮 影 法 描 出 像	無圧迫 水平位	
ネ フ ロ グ ラ ム	1分30秒～1分45秒	
腎 杯, 腎 盂 像	3分10秒～4分10秒	

腎血管撮影時に比較すると、描出状態が遅延しているが、これは注入速度によるものと推察している。

3. 腎盂, 尿管運動の観察

腎盂, 尿管運動のX線映画による機能的研究は1930年に Jarre and Cummings がはじめて行っており、その後 Narath (1951), Hanley (1955), Bodar, Howard and Kaplan (1956), 三矢等 (1956), Benjamin (1959) 等の多くの研究報告がある。著者等はさきに自律神経剤投与による腎盂, 尿管運動の影響を連続撮影法により観察した(泌尿器科紀要3巻9号参照) 更に今回はX線映画撮影法により詳細に検討, 観察することができた。人体に於ては逆行性腎盂撮影法, 実験動物(犬)に於ては排泄性腎盂撮影法にて観察した。その成績は下記の如くである。

自 律 神 経 剤	腎盂, 尿管像	蠕 動
副交感神経刺激剤 (ウレコリン5mg皮下注)	収縮	促進
副交感神経遮断剤 (複合ブスコパン20mg静注)	弛緩	遅延

第10図a～dに正常腎盂, 尿管運動を図示し, e～hに副交感神経刺激剤(ウレコリン)による腎盂, 尿管の収縮状態, i～lに副交感神経遮断剤(複合ブスコパン)による弛緩状態を図示した。併し夫々の場合に於ける腎盂, 尿管の蠕動状態は撮影の全駒数を図示し得なかつたので、自律神経剤投与による蠕動の促進, 遅延状態を示すことが出来なかつたのは遺憾である。

4. 精囊撮影法

著者等は経精管的精囊撮影法を行つている。即ち両側陰囊皮膚に約3～5mmの皮切を加え、この切開創

より精管を露出してその管腔内から造影剤を注入する。造影剤としては高濃度、粘稠性ある76% Urografin, 或は Endografin 2～3cc を使用している。著者等は造影剤を注入しつつ連続撮影を行い、de Graaf現象を明らかに観察することができた(日泌尿会誌48巻6号) 今回は映画撮影法にて一層詳細に現象を検討, 観察し得た。なお、精囊撮影, 排精運動については三矢等の詳細なる研究報告がある(1957)

第11図に造影剤を注入しつつ撮影を行つた精囊撮影像を図示した。

V 結 語

著者等は京都大学の中央X線部に国産image amplifier(島津)が設置されたのを機会に、早速之を利用して、泌尿器科領域に於て日常 routine に行つている各種X線検査法の映画撮影法を実施し、機能的X線診断法の研究を報告した。即ち腎血管撮影法により腎動脈像の描出時期を明らかにし、排泄性腎盂撮影法に於ける腎盂像の描出時期を観察し、自律神経剤投与による腎盂, 尿管運動の撮影を検討し、更に精囊撮影に於ける de Graaf 現象を明らかにした。

著者等の研究は泌尿器科X線検査法の内の未だ一端にすぎず、今後更に各種の検査法のX線映画撮影法を行い、機能的X線診断法の研究を続けて行く所存である。

Image amplifier の有効視野は狭小の欠点があり、将来専門家による視野拡大の研究を望みたい。

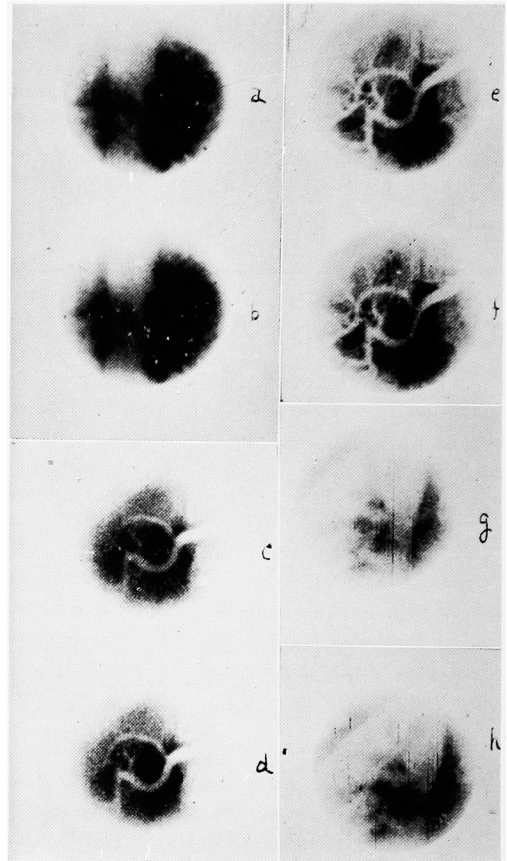
本稿を終るに当り、御懇篤なる御指導, 御校閲を賜つた恩師稲田教授に深甚なる謝意を表する。御協力を頂いた中央X線部森川助教授はじめ教室員の方々、当教室X線技術員大島吉弘、徳岡一行両君、島津製作所レントゲン事業部長藤本慶治博士に感謝する。造影剤(Urografin, Endografin)並びに自律神経剤(Urecholine, Buscopan)の御提供を仰いだ日独薬品、田辺製薬の両社の御好意に感謝する。

本研究に対し京都大学医学部芝蘭会の研究奨励費の援助を受けた事を記し、併せて謝意を表する。

文 献

- 1) Bodner, H., Howard, A. H. and Kaplan, J. H. J. Urol., 79 356, 1958.
- 2) Benjamin, J. A.: J. Urol., 81: 227, 1959.

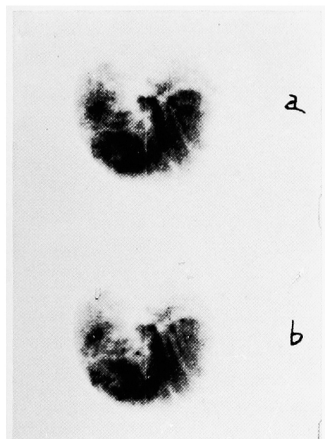
- 3) Hanley, H. G. Brit. Med. J., 2 : 22-23, 1955.
- 4) Narath, P. A. J. Urol., 43 : 145, 1940 ; Renal Pelvis and Ureter, New York, Grune and Stratton, 1951 (Quoted by 3).
- 5) Jarre, H. A. and Cumming, R. H. J. Urol., 24 : 423, 1930.
- 6) Peirce, E. C.: Ann. Sug., 133: 544, 1951.
- 7) Gollmann, G. Fortschr. Roentgen-str., 87 : 211, 1957.
- 8) Morino, F. et al. Urol. internation., 4 : 321, 1957.
- 9) Oedmann, P. : Acta radiol., 45: 1, 1956.
- 10) Edholm, P. and Seldinger, S. J. : Acta radiol., 45 : 15, 1956.
- 11) Wall, B. and Rose, D. K. : J. Urol., 66: 305, 1951.
- 12) 田部・津田 西村 日笠 : 島津評論, 14 : 313, 1957.
- 13) 三矢 : 日泌尿会誌, 48 : 419, 450, 1957.
- 14) 三矢・他 : 皮と泌, 19 : 117, 1957.
- 15) 稲田・後藤・大森 : 治療, 37 : 714, 1955.
- 16) 後藤・他 : 泌尿紀要, 3 : 99, 593, 1957 ; 4 : 392, 421, 1958 ; 日泌尿会誌, 48 : 450, 1957.



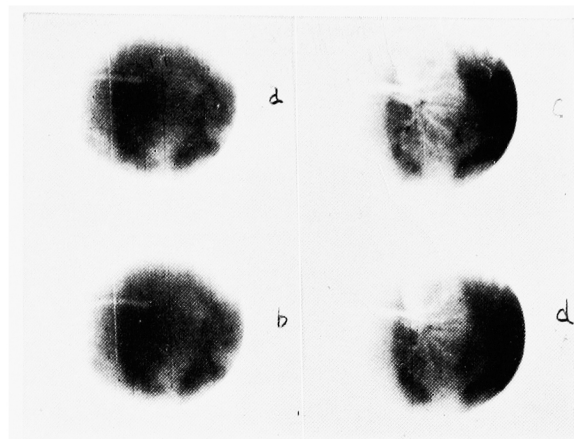
第6図 経腰的腹部大動脈穿刺法

F 2 48駒/秒 120kVp 5mA 76% Urografin 40cc
注入時間3.5秒

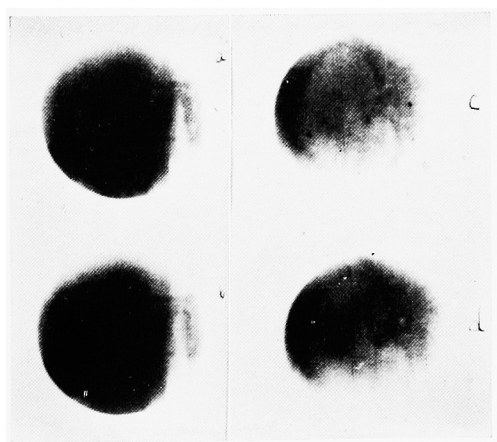
- a, b 穿刺針及び腹部大動脈描出
c, d 動脈期 腎動脈, 腎内動脈枝描出
e, f 移行期 腎内動脈枝とともにネフログラム描出
g, h 静脈期 ネフログラムとともに腎静脈描出



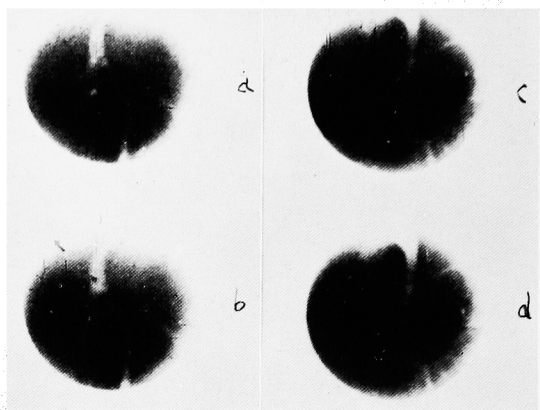
第7図 経皮的股動脈カテーテル挿入法
F 2 48駒/秒 90kVp 6mA 76% Urografin
実験動物(犬)
a, b 移行期 腎動脈, 腎内動脈枝とともに
ネフログラム描出.



第8図 選択的腎動脈カテーテル挿入法
F 2 48駒/秒 90kVp 6mA 76% Urografin
実験動物(犬)
a, b 腎動脈内へ挿入の特殊誘導マンドリン付カテーテルを描出
c, d 移行期 腎動脈, 腎内動脈枝とともにネフログラム描出



第9図 経静脈性迅速注入法
F 2 48駒/秒 80kVp 6mA 76% Urografin
実験動物(犬) 股静脈より迅速注入
a, b 下腔大静脈の描出状態
c, d 移行期 ネフログラム描出

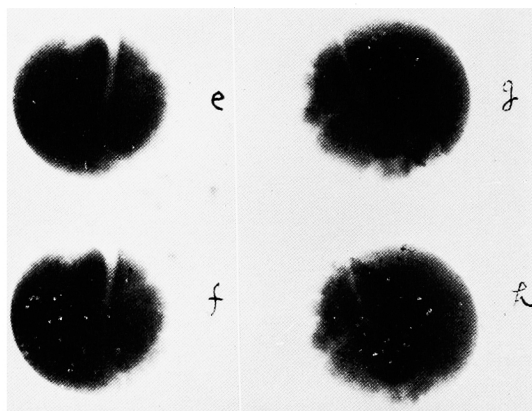


第10図 自律神経剤投与による腎盂，尿管運動の影響

F2.8 16駒/秒 120kVp 5mA 76% Urografin

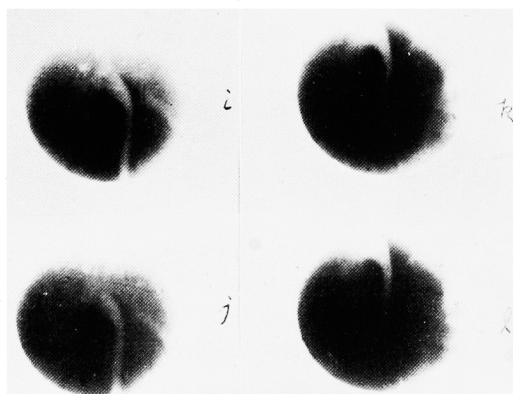
逆行性腎盂撮影

a, b 正常時 拡張期 c, d 正常時 収縮期



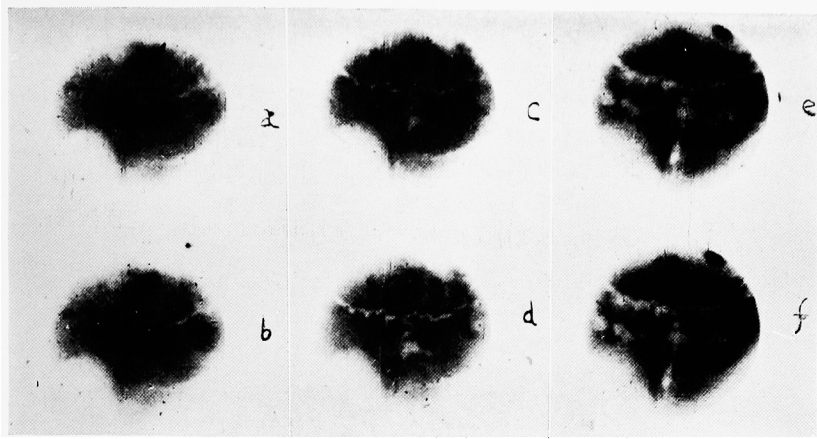
e, f ウレコリン 5mg 皮下注後 拡張期 正常時の拡張期 (a, b) に比し収縮せる像を描出

g, h ウレコリン 5mg 皮下注後 収縮期 著明な収縮像を描出



i, j 複合ブスコパン 20mg 静注後 拡張期 正常時の拡張期 (a, b) に比し弛緩せる像を描出

k, l 複合ブスコパン 20mg 静注後 収縮期 正常時の収縮期 (c, d) に比し弛緩せる像を描出



第11図 精囊撮影法

F 2 48駒/秒 120kVp 6mA Endografin 右>精管<4cc
左 4cc

- a, b 左精管膨大部迄描出, 右側は注入速度遅く精管のみ描出
c, d 左右精囊描出
e, f 射精管より精阜部迄描出