

## 腎臓の血管、リンパ管および体液流

西 丸 和 義

### I ま え が き

自分は先に腎臓血管の透過性について実験して、その細尿管からの逆吸収について興味を覚えたので、1929年の暮れアメリカから英国へ渡る途中 Pennsylvania 大学に Dr. A. N. Richards を訪ねた。

第1図 Dr. A. N. Richards



教授は micro-manipulator method を考案して、Bowman 氏囊から採取した液には糖が証明出来るが、膀胱尿には出来ない処から、細尿管からの糖の再吸収を直接証明された頃であったが、アルコールランプで硝子カニューレを自から作り、友人からの少ない金で実験したといわれるその苦難時代を思わせる手製の micro-manipulator で実験を見せられた。その時日本の Dr. K. Tamura が糸球体血行が安静時でも恒常流だというのが、自分は或るものは休止すると考えるので、やりかえてみて呉れないかと熱心に話された。

それから Johons Hopkins 大学に Dr. Marshall をたづねてアンコウの腎臓についての実験の話聞いて非常に興味を覚えた。1931年の師走に Cambridge 大学での留学を終えて日本に帰って来て、腎臓の研究を脈研同人と共に再開して35年になる。

そこで自分等の研究の中から主な課題をまとめてみた。

## Ⅱ 腎臓の比較生理学的考察

腎臓が総合排泄管から分離するのは第4門(肝蛭)からである。第1門(アメーバ)、第2門(海綿)、第3門(水母)等では外界の水が出入することによって排泄が行なわれるが、第4門(肝蛭)、第5門(ゴカイ)、第6門(シャミセン貝)等では体腔と外界を結ぶ腎管が出現する。

これが第7門(カニ)、第8門(カキ)になると囲心腔と外界を結ぶ、従ってこれらの腎管では尿分泌は考えられないが、マダコではその腎囊の毛細血管が重層籠型分布をなして尿分泌を考えしむるようになる。即ちマダコは腎管から尿分泌をなす腎臓への移行型である。

第2図 第8門(軟体動物)の腎臓血管



毛細血管は開放性で血液は結合織を流れる(マイマイ)



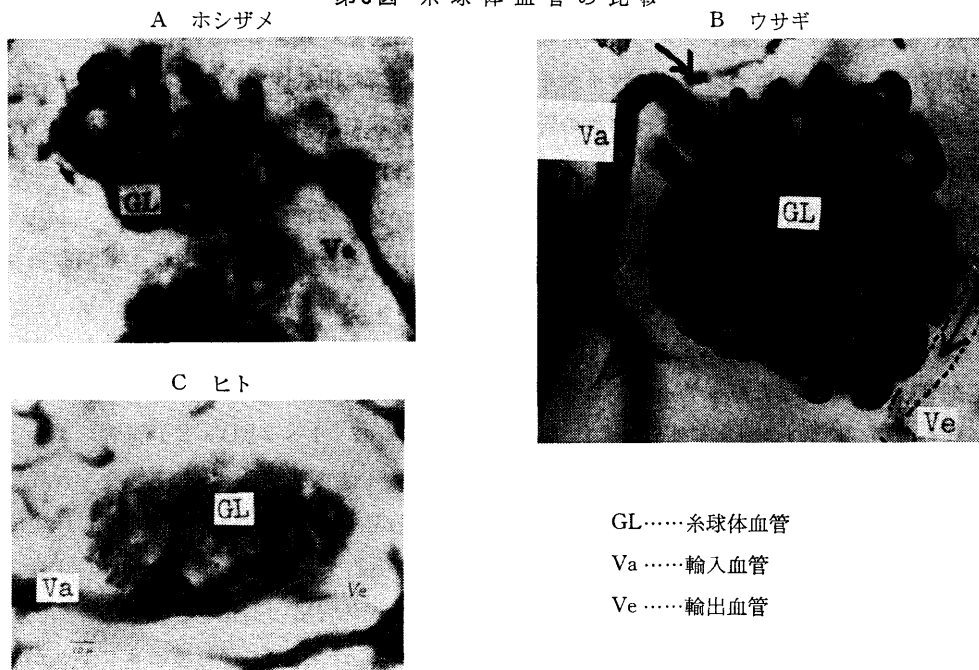
毛細血管は閉鎖性で重複網型分布構造(タコ)

V…導出血管

Cn…毛細血管

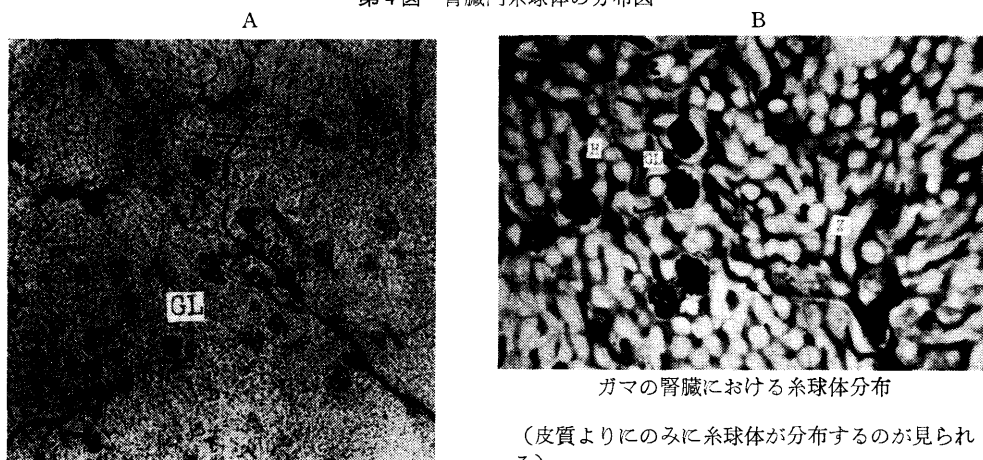
脊椎動物で初めて明らかに尿分泌をなす腎臓が出現する。そのうち魚類ではアンコウ等では細尿管による尿分泌のみで血管分布も主として静脈系である。それがホンザメ、コイに至るとボーマン氏囊が腎全体に出現し、血管としては腎門脈と腎動脈の分布を受ける。

第3図 糸球体血管の比較



両棲類（ガマ）、爬虫類（イシガメ）に至ってボーマン氏嚢は皮質寄りに集まり、鳥類（ニワトリ）に至って一層皮質に集中する。然しニワトリでは腎門脈は只一部に分布するもので、哺乳動物での腎門脈消失の移行型となる。

第4図 腎臓内糸球体の分布図



コイの腎臓における糸球体分布  
（腎全体に糸球体が分布するのが見られる）

（皮質よりのみに糸球体が分布するのが見られる）

G.....糸球体 H...皮質 Z.....髄質

これらのことはリンパ管においてマダコでリンパ管が見られ、魚類からリンパ心臓の出現を見、鳥類でリンパ心臓がリンパ節への移行型となることと一致する。

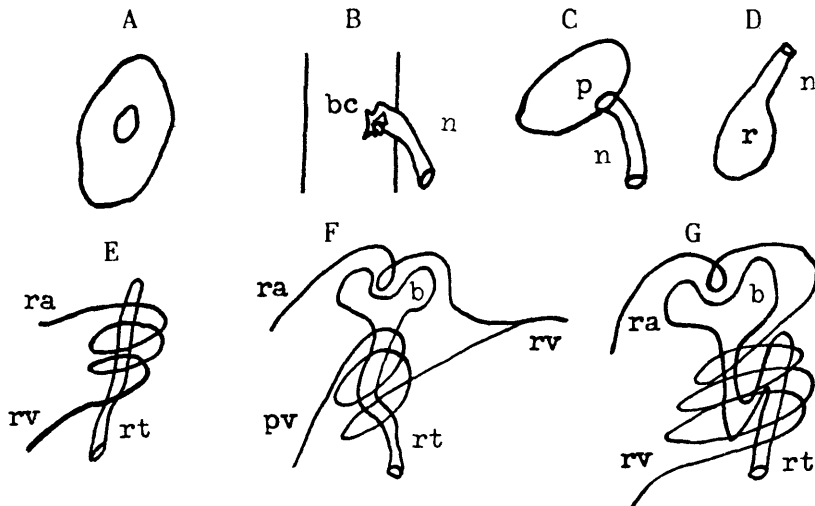
腎臓中の毛細血管については、マイマイの腎臓では血管は開放性で、組織間を亀甲型にとりまく結合織を体液が流れる。マダコの腎囊では重層籠状の毛細血管網を形成する。これがホシザメ、コイ、ガマ、イシガメになると腎動脈が腎臓内で糸球体を形成し、腎門脈は細尿管に分布しその小静脈は、糸球体からの小静脈と合しつ腎静脈に移行する。

然しニワトリの腎門脈は主として静脈性毛細管網として腎被膜部を灌流して小葉間静脈となるので、細尿管への分布は腎動脈系からが主である。

これが家兎になると腎門脈は消失して、腎動脈が分枝して糸球体を形成してこれが小葉間毛細管網となり、また細尿管をとりまき腎静脈に集まる。

即ち、1) 細胞の老廃物が外界の水によって洗われるもの (1~3門)・2) 腎管によって体腔液内の老廃物を外界へ送るもの (4~6門)・3) 腎管で囲心腔液内の老廃物を外界へ導くもの (7~8門)・4) 腎門脈が細尿管に、腎動脈が Bowman 氏囊に分布して尿生成をなすもの (魚類、両棲類、爬虫類)・5) 腎門脈は消失して、腎動脈が Bowman 氏囊と細尿管に分布して尿生成をなすもの (哺乳動物、人類)、大体腎臓の進化を以上のように区分出来るが、3) と 4) の移行型にアンコウがあり、4) と 5) の移行型にニワトリがある。第 5 図はこれらの関係の模図である。<sup>1-7)</sup>

第 5 図 腎 の 比 較 模 図



A……第1~3門    B……第4~6門    C……第7~8門    D……マダコ    E……アンコウ  
 F……魚類~爬虫類    G……哺乳動物    bc……体腔    P……囲心腔    r……尿囊  
 ra……導入血管    rv……導出血管    rt……細尿管    b……ボーマン囊

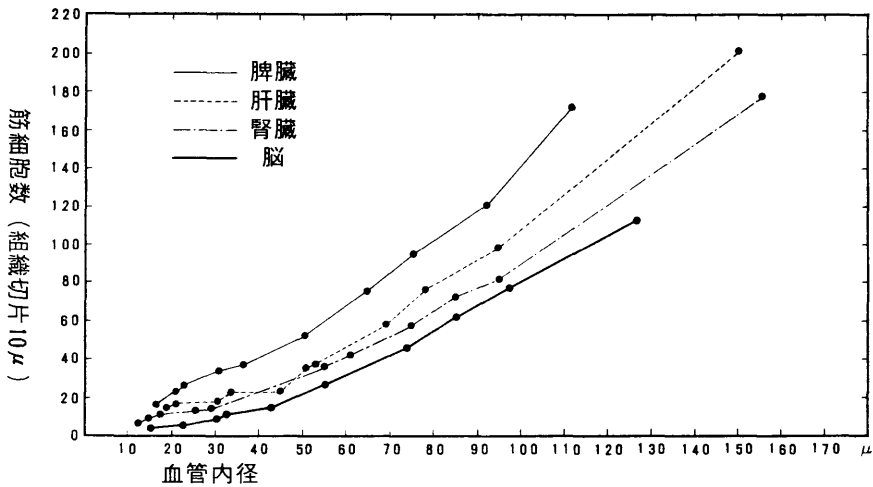
## ■ 腎臓の血管

### 1. 腎臓内の動脈筋量

動脈の収縮性には能動的収縮性と受動的収縮性があるが、受動的収縮性は壁全体の有する伸展性、張力によるもので、能動的収縮性は筋細胞によるものである。従ってその部の能動的収縮性は筋細胞数に比例するものと考えられる。

そこで今ネコの腎臓の小動脈について $10\mu$ の組織切片について筋細胞の核数を測定して見ると次の第1表となる。

第6図 臓器内小動脈の筋量 (ネコ)



第1表 腎動脈の組織切片 ( $10\mu$ )

内径 ( $\mu$ )	6.1	12.5	13.4	14.2	17.0	25.6	29.4	54.1	60.5	75	85	94.5	156.3
壁巾 ( $\mu$ )	4.4	6.9	7.2	7.4	7.8	7.9	9.2	15.9	16.5	19.1	22.7	27.9	39.7
細胞数	3	7.7	8.5	9.3	11	13.4	15.5	37	42	58.6	72	81	178

これを同一動物の他の器官脾、肝、脳内に於ける動脈と比較検討すると上の第6図の様になる。

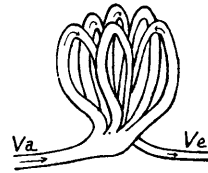
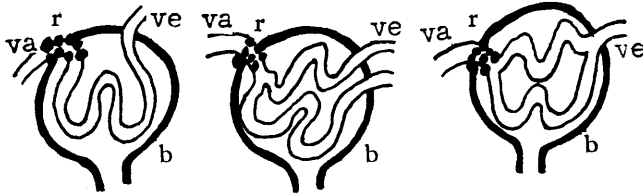
即ち腎動脈の能動的収縮性は脳動脈よりは大きく肝、脾の動脈より小であることが知られる。<sup>8)</sup>

### 2. 糸球体血管

糸球体の毛細血管は吻合して網を作らないと Vimtrup<sup>9)</sup>は述べたが、ホシザメ、コイ、ガマ、インガメ、ニワトリ、ウサギ、ヒトの糸球体においても輸入管が数本に分枝するがこれは吻合による網を作らない。<sup>10) 11)</sup>

第7図 腎糸球体内の毛細血管の走行  
A ガマの腎糸球体

B ヒトの腎糸球体



b……Bowman 囊 Va……輸入血管 Ve……輸出血管 r……筋細胞 b……ボーマン囊  
 ガマにおいてもヒトにおいても糸球体内の血管吻合は見られない

また輸入血管と輸出血管の口径は、生理的圧で墨ゲラチリンゲル液を流した固定標本ではホシザメ、ガマ、イシガメ、ニワトリでは輸入血管の方が輸出血管よりその口径が大であった。また糸球体数の割合も動物の進化が進むに従って大である(第2表)。

Bensley<sup>12)</sup>は輸出血管に良く収縮する部位があって糸球体内の血圧調節をするという。然しガマおよびイシガメの輸入および輸出血管についてその収縮性細胞を組織学的に追及すると輸出血管には内皮細胞のみが見られるが、輸入血管には多くの内皮細胞以外の細胞を見る。しかもこれにアドレナリンによって輸入血管は強い収縮を示す(第3表)。

表2表 糸球体比較表

動物名	体重 (g)	数 (1側腎)	大きさ (μ)	輸入管 (μ)	輸出管 (μ)
ホシザメ	500	1390	167 114	18	15
ガマ	250	6400	111 83	15	8
イシガメ	600	9160	92 78	11	6
ニワトリ	2500		78 64	8	4

第3表 糸球体輸入血管の収縮性細胞(ガマ)

糸球体№	1	2	3	4	5	6	7	8
	細胞数	17	11	12	10	15	11	11
$1/5 \times 10^{-5}$ アドレナリン滴下による輸入管の収縮(カエル)								
	前		1分後		3分後			
輸入管口径 (μ)	23		12		18			
毛細管口径 (μ)	15		15		15			
輸出管口径 (μ)	18		18		18			

即ち輸入血管は輸出血管に比して大であることは糸球体内圧を高めまた血液の滞留時間を延長し、ボーマン囊への透過を容易ならしめ、また輸入血管の能動的収縮性によって糸球体内血行が調節されると考えられる。<sup>13)</sup>

### 3. 糸球体の血行

糸球体の血行については先に述べたように Richards<sup>14) 15)</sup>は安静時には血行を休む糸球体があるといい、Tamura<sup>16)</sup>は安静時でも恒常流であると考えた。Richardsの結果は大脳破壊のカエルについてであるが、Tamuraのはウレクン麻酔カエルでの実験である。そこでいずれが生理的であるかという疑問である。

そこでこれらの実験を追試して見ると次の第4表のようになる。

これによると、実験方法の相違によることがよくわかると思う。

A. Krogh<sup>17)</sup>は安静時の筋肉には血行休止の毛細血管のあることを、モルモットの静脈に墨液を注入して証明した。この方法は無麻酔で、開腹のための出血もない。そこでカエルの腹静脈に墨リング液を注入して時間的に腎臓を剔出して腎系球体への墨粒子沈着を見た。この結果が次の第5表である。

これによるとウレタン麻酔カエルは18秒で全ての糸球体に墨が沈着するが、無麻酔カエルでは全ての糸球体に墨が沈着するには時間を要する。<sup>18)</sup>即ちこの結果は一応糸球体の血行は一時休止するものがあり、少なくとも恒常流ではないようである。

第4表 糸球体血行の観察(カエル)  
大脳破壊腎糸球体血行

視野 No.	1	2	3	4	5	6	7	合計
恒常流	0	0	0	0	0	0	0	0
不規則流	6	8	8	8	10	9	6	55
停止	1	0	1	0	0	1	2	5

10%ウレタン 0.5cc注入腎糸球体血行

視野 No.	1	2	3	4	5	6	7	合計
恒常流	7	8	8	8	10	9	6	56
不規則流	0	0	1	0	0	1	2	4
停止	0	0	0	0	0	0	0	0

第5表 無麻酔蛙糸球体血行  
墨リング液腹静脈注入後

注入後	墨沈着糸球体数%	
17 秒	5~ 77	4 例平均 25
18 "	13~ 97	8 例平均 80
22 "	86~ 98	3 例平均 94
25 "	93~ 98	5 例平均 96
30 "	97~ 100	4 例平均 99
60 "	100	3 例平均 100

ウレタン麻酔蛙糸球体血行  
墨リング液腹静脈注入後

注入後	墨沈着糸球体数%	
17 秒	100	2 例平均 100
18 "	100	6 例平均 100

然しこれが解決には糸球体の血行機転を明かにすることにあると考えられる。A. Kroghは安静時には筋肉内毛細血管に休止のものがあるが、運動時には全ての毛細血管に血流を生ずることについて報告したが、その機転については明らかにしなかった。自分等は毛細血管の分岐部には収縮性細胞集団があり、安静時にはこれが収縮、拡張して毛細血管内の血行を常にかえることを明らかにした。<sup>19)</sup>その上 J. Barcroft<sup>20) 21)</sup>は安静時には循環血量が著しく減少することを証明した。

これと同様、先に述べた様に糸球体輸入血管に収縮性細胞があって強い収縮性を有し、糸球体内の血行調節をすることから見ると、他部の毛細血管の様にその血行も恒常のものではなく、この部の収縮によって血行が調節され、殊に安静時にはこの部の収縮、拡張によって糸球体血行は恒常でないのが生理的であることが考えられる。

第8図 ミズガメの腎糸球体と輸入血管の筋細胞  
600× 600×



A……細小動脈 B……輸入血管 C……糸球体毛細血管 D……輸出血管 m……筋細胞 n……核

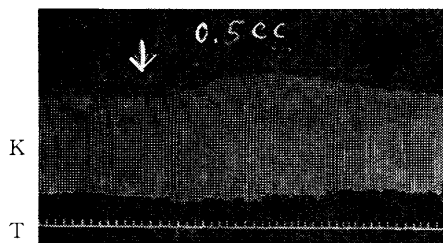
#### 4. 腎臓血管への神経分布

腎臓への脈管神経分布は、迷走神経と交感神経からの分布が考えられるが、これについては不明の点も多く特に血管拡張神経については、脊髄後根を通る副交感神経とするものと、交感神経とするものとあり。またこれは単なる人工的な刺激による antidromic action であるとする人々もある。

これらのことは全て後根のみを刺激した実験であり、また血流の増減測定の方法を用いたことによるものである。尙これらの方法では腎臓への血管拡張神経は証明されていない。

そこで自分等の血管拡張神経素および収縮素の検出法によって、ガマで実験を進めて見た。

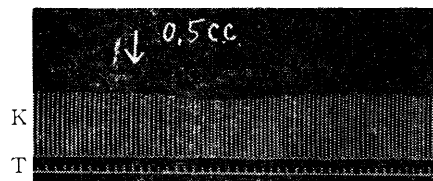
第9図 脊髄からの腎臓への血管運動神経分布 (ガマ)



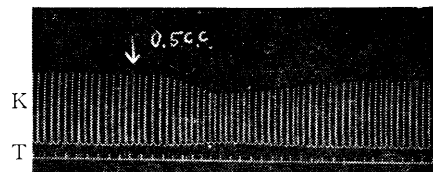
第5脊髄神経の前根刺激によって腎臓血管から血管収縮神経素の遊離したもの

K……ガマ洞房標本の機械曲線で、これは血管収縮神経素、またはアドレナリンにより振幅が大となり、血管拡張神経素、またはアセチルコリンによって、小となる。

T……6秒



第5脊髄神経の後根刺激によって腎臓血管から血管拡張神経素の遊離したもの



第3—6脊髄神経の後根を刺激によって腎臓血管から血管拡張神経素の遊離したもの

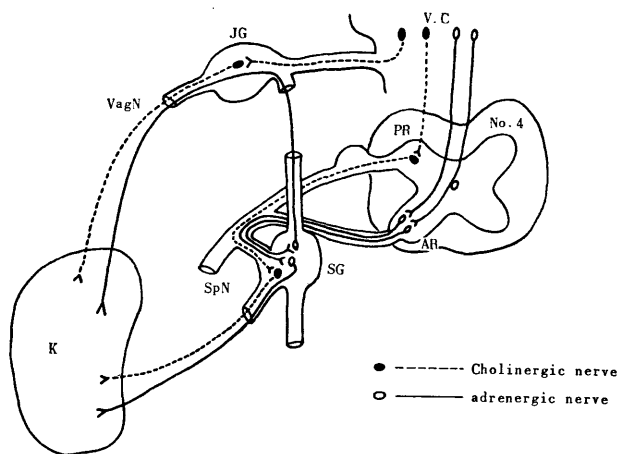


内臓神経および迷走神経の刺激により、血管収縮神経素（アドレナリン）と拡張神経素（アセチルコリン）が腎血管から遊離する。

また脊髄前根の刺激によって腎血管から血管収縮神経素の遊離するのが知られ、後根の刺激により血管拡張神経素の遊離するのが認められる。

これによって腎臓への血管収縮神経は脊髄の前根から出て1つは内臓神経、他は迷走神経を通じて腎血管に分布し、拡張神経は1つは迷走神経を通じて、他は脊髄後根を出て内臓神経を通じて腎血管に分布すると考えられる。これを図示すると次の第10図のようになる。<sup>22-26)</sup>

第10図 腎臓血管に分布する血管運動神経模図（ガンマ）



V.C. …… 脈管神経中枢 No. 4 …… 第4脊髄 PR …… 後根 AR …… 前根 SG …… 交感神経節 SpN …… 内臓神経 JG …… 迷走神経頸節  
VagN …… 迷走神経 K …… 腎臓

#### IV 腎臓のリンパ管とリンパ流

##### 1. ガマのリンパ管

ガマのリンパ管は腎動脈及び腎静脈にてんらくして存在するが実質内にはない。然し腎リンパ嚢から墨を注入すると、マルピギー小体の周囲、細尿管及び毛細血管の間を填める結合織にそって流入する。

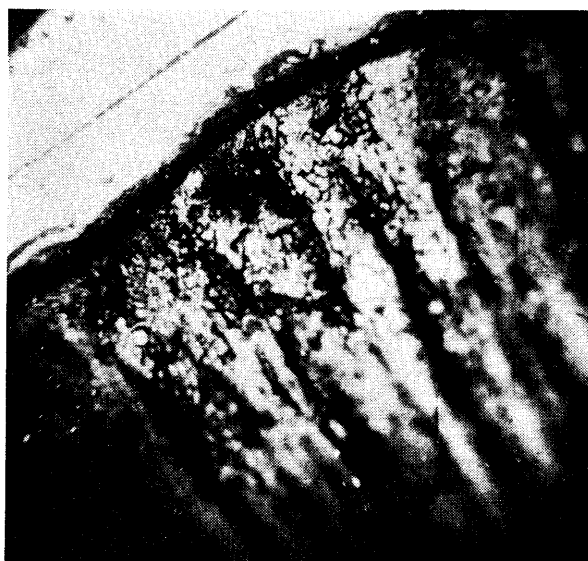
即ち実質内結合織を流れた組織液が動静脈をてんらくしているリンパ管内に入り、腎リンパ嚢に流入するものである。但し腎門脈に沿ってはリンパ管は認められない。<sup>27)</sup>

##### 2. イヌのリンパ管

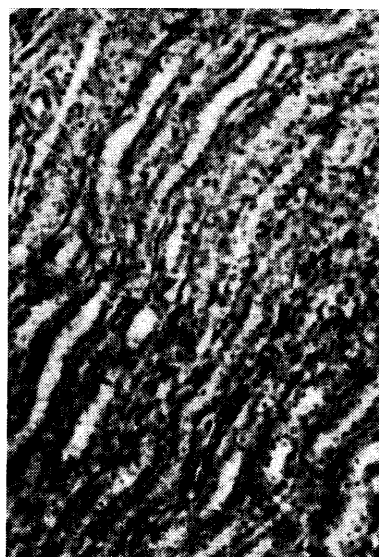
イヌの腎臓リンパ管は被膜リンパ管と深部リンパ管とを区別する。被膜リンパ管は漿膜下

に不規則な吻合を形成し網工をなして次第に大きなリンパ管に合し上、下両極の2方向に向い、この経過中に多数の弁が認められる。深部リンパ管は皮質部と髄質部に区別するが、髄質部のリンパ管の存在は不明である。皮質リンパ管は極めて豊富で尿細管および糸球体輸出入血管にてん絡し網状を形成する。これらは皮質小葉間動静脈周囲に至り1部は上行して被膜リンパ管に連絡するが、大部分は下行して弓動静脈に沿うリンパ管に合して腎内に至る。ここにも弁が存在する。被膜リンパ管も腎周囲脂肪体のリンパ管に至る。一部は腎門からの実質リンパ管と合して直接又は腎リンパ節を経て腰部リンパ管に入る。

第11図 腎臓内のリンパ毛細管(イヌ)



腎皮質には網状のリンパ毛細管の分布が著明に見られる



腎髄質では細尿管の間に結合織が見られるのみ

### 3. リンパ液およびリンパ流

腎臓のリンパ液は、糖の含有量が他部のリンパ液または血清よりも大である。

これは細尿管で逆吸収された糖が、リンパ管へ流入するためであろう。

またこの部のリンパ流は他部に比して多く、また血中に注入されたものが最も早く腎リンパ流中に出現する(第6表)。<sup>28-31)</sup>

第6表 腎リンパ液の蛋白質とブドウ糖量(イヌ)

腎リンパ液		頸リンパ液		血 清	
ブドウ糖	蛋白質	ブドウ糖	蛋白質	ブドウ糖	蛋白質
mg%	%	mg%	%	mg%	%
187.5	2.41	107.5	3.93	90	6.44

第7表 静脈内注入色素の腎リンパ管への出現時間(イヌ)

色素(股静脈)	腎リンパ	右頸リンパ	尿 中
バテント青 (1%, 7cc)	1'5"	5'25"	5'20"

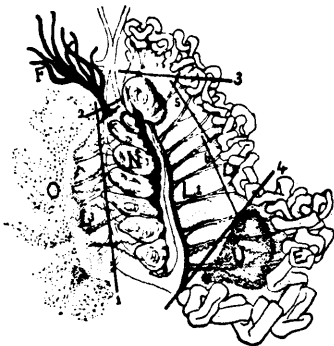
## V リンパ管を用いた腎臓機能検索への1つの方法

Nussbaum (1878) が両棲類の腎臓の Bowman 氏嚢と細尿管との血管分布が異なることから Bowman 氏嚢と細尿管の機能を分離実験し、更に Cullis (1978)<sup>32)</sup> が灌流実験法を考案して多くの研究が行なわれた。

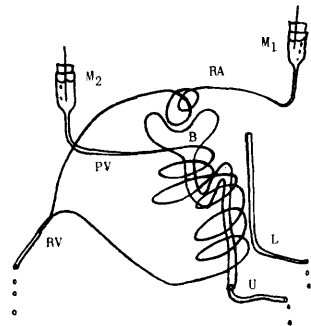
然しこれ迄は腎機能の研究に腎リンパ管を加えることが忘れられていたが、ガマにおいてリンパ管およびリンパ嚢が明らかとなったので、Cullis の方法に腎リンパ管を加えた実験方法、即ち Bowman 氏嚢および細尿管の機能に腎リンパ管への流れを加えて実験を進めることが出来るのでここに述べる。

第12図 腎臓機能検索法(ガマ)

A ガマの腎臓とリンパ嚢



B Cullis-Nishimoto-Kodama 標本模図



E…卵管 (EとNの間に張る膜は卵管網膜) F…脂肪体 L<sub>1</sub>…腎臓に所属するリンパ嚢 L<sub>2</sub>…卵管に所属するリンパ嚢 L<sub>3</sub>…卵管に所属するリンパ嚢 N…腎臓 (黒くぬりつぶされた部分は副腎) O…卵巣 (OとNの間に張る膜は卵巣網膜) U…子宮 (卵管網膜中にあり、外側は L<sub>2</sub> に接する)

1. 2. …糸で結紮する 3. 4. …ゴム管をはめたコソヘルで圧迫する 5, 6. …ゴム管をはめたクリップで圧迫する (L<sub>1</sub> を L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> より隔絶するための結紮場所)

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>…マリオット瓶、 RA…腎動脈、 PV…腎門脈、 B…Bowman 氏嚢、 RV…腎静脈、 U…尿管、 L…リンパ管

**実験方法** 雄性ガマは腎臓に附属するリンパ嚢が小さく実験に不便であるので実験動物は全て雌性ガマを用いる。

エーテル麻醉後、背位に固定し、可及的に広く開腹後腎臓灌流に差し支えない程度に胃、腸、脾、膵を剔出する。

腎臓灌流には Ringer-Sozi 液に<sup>33)</sup>O<sub>2</sub> を飽和せしめたものを、左大動脈弓および左右腎門脈から流入せしめたものを後部大静脈の肝門附近から流出せしめたが、この時の灌流圧はそれぞれ 250 mmH<sub>2</sub>O と 80 mmH<sub>2</sub>O を用いる。一方腎臓に所属するリンパ嚢は、腎臓の副腎の存在する側で、輸尿管および腎門脈の辺縁に沿い、細長い嚢状をなして存在する (黒色

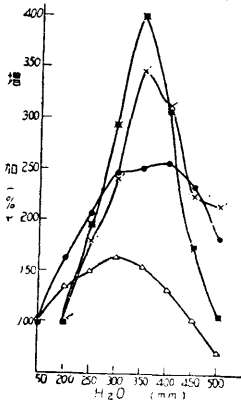
の紙を敷くと、白色半透明のリンパ囊を容易に見得る)が、リンパ液の採集はこれに小孔をあけ、ビニール管を挿入結紮する。尙副腎は剥離困難なため、そのままにする。かくして第12図Bのような実験用標本が出来る。

この際重要なことは腎臓の血行を止めることなく Ringer-Sozi 液に更えることであり、また灌流後1時間以内に所要の実験を終了することである。

以上の実験法を先ず用いて

1. 糸球体から Bowman 氏囊への透過

第13図 腎糸球体血管内圧とボーマン囊への水、色素の透過量との関係



ガマの腎臓について、Ringer-Sozi 液を腎動脈より灌流して、その灌流圧の増減を行い、コンゴ赤と水のボーマン囊への透過を見た。この灌流圧の増減が分子の大きなもの程に大きな影響することを知る。

X…透過色素量      X'…透過色素%  
●…血管灌流量      △…透過水量

糖の糸球体からの透過には閾があるとすものもある。Hamburger and Brinkman (1918)<sup>34)</sup>はカエルの腎臓灌流実験でその灌流液の糖量が0.05%以下では尿中に糖を見ないと報告した。しかし検出法が銀法では0.1%以上で、Hagedorn-Jengen の法では0.03%以上で証明される。従ってこれは尿中糖の検出法の精度さによるものであるのと、Richards が Bowman 氏囊に透過した糖は細尿管で再吸収されることを証明したことから、次の実験(第8表)を行なって見た。

即ち細尿管からの糖透過の閾下の0.3% Ringer-Sozi 液を腎門脈から灌流しつつある場合には糸球体から Bowman 氏囊への糖透過閾があるとは考えられない。即ち細尿管からの再吸収量による膀胱尿中への出現に閾があるとするのがよいのであろう。

第8表 腎糸球体糖透過閾 (5分間灌流)

腎動脈灌流液 (糖%)	腎門脈灌流液 (糖%)	尿 中 (糖mg)
0.02	0	0
0	0.3	0
0.02	0.3	0.136
0.01	0.3	0.042
0.005	0.3	0.018

第9表 腎血管系より(30分間0.1%灌流)腎リンパ管系への色素、糖の透過 (mg/dl)

色素名	腎動脈より (A)	腎門脈より (B)	(A)+(B)	腎動門脈より同時に
エバンス青	3.8	3.85	7.66	6.64
コンゴ赤	23.2	15.81	39.01	38.12
葡萄糖	46.88	36.46	83.34	77.79

尙、糖の糸球体から Bowman 氏嚢へ透過には酸化現象は関与しないが、細尿管からの再吸収には酸素が必要である。尙、糸球体血管内圧の増減は分子の大なるもの程その透過に影響する。

## 2. 細尿管への透過

色素の透過、Mitamura (1924)<sup>35)</sup> がドイツの Aschoff 教室で行なった *Rana temporaria esculenta* の腎臓でのリンゲル液灌流実験で、カルミン色素が Bowman 氏嚢からのみ透過するとしたが、ガマ (*Bufo bufo gaponicus*) ではカルミンは細尿管をも透過するのみならず、コンゴ赤も比色計では認められなかったが、然し尿を濾紙にとり水分を除く方法を用うれば、コンゴ赤の透過も証明し得るものである。

糖の透過、糖の細尿管への排泄についてはその腎門脈灌流液の糖の%が 1.0%以下では銀法では尿中に証明出来ないが、Hagedron-Jengen 法では 0.4%以上では尿中に証明される。

これらの細尿管への透過には酸化現象が関与する。

水の透過、次に水は糸球体から Bowman 氏嚢へ透過するが、細尿管からは透過したものが再吸収されるか、全く透過されないかである。次の実験は之を示すものとする。ガマ腎臓を Ringer-Sozi 液で腎動脈 (250 mmH<sub>2</sub>O) からと腎門脈 (80 mmH<sub>2</sub>O) から灌流すると、10分間に腎動脈から 68cc、右腎門脈から 8.4cc、左腎門脈から 9.9cc 流れて、その間の尿量は 1.3cc であった。この間 0.005% ロードミン Ringer-Sozi 液を、5分間左腎門脈から流すと尿中に  $18.8 \times 10^{-6}g$  のロードミンが排泄された。

次いで腎動脈からの灌流を21分間停止により尿の排泄が停止した後、再び 0.005% ロードミン Ringer-Sozi 液を5分間左腎門脈に流すも尿の排泄は依然停止する。これより約21分後腎動脈からの Ringer-Sozi 液の灌流を始めると約10分後にカヌーレに尿の出現を始めるがこの尿中のロードミン量は  $1.77 \times 10^{-6}g$  であった。

この事は腎門脈の分布区域即ち細尿管からロードミンは排泄されるが、水は一度排泄されるも再吸収されるか、またはロードミンのみが排泄されるかのいずれかであろう。

## 3. 腎血管からリンパ管への流れ

Ringer-Sozi 液を腎動脈、腎門脈から灌流しつつその30分間両方の灌流液を、0.1%葡萄糖 Ringer-Sozi 氏液に切り換えた、即ち5例の平均は、腎リンパ液中に 77.79 mg/dl、尿中に 28.5 mg/dl の糖が検出された。第9表が示すように、腎動脈からリンパ管へ透過して行く糖量は腎門脈よりのものよりも大である。<sup>26-41)</sup>

# VI 腎臓の周期的収縮性

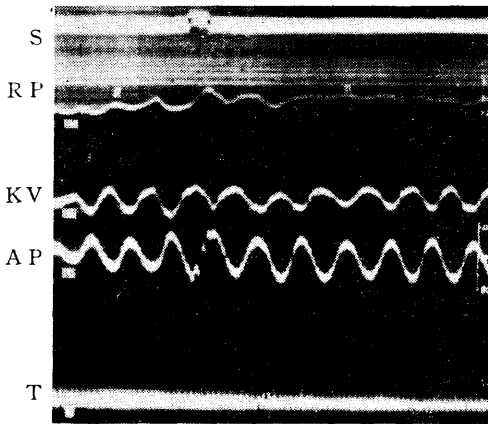
著者等は先に脾臓、腸管、動脈、静脈が周期的収縮をなして、動脈血圧及び静脈血圧の周

期的変動を与え、血流促進の上に1つの役割をなすことを報告した。

腎臓もこれをオンコメーターに入れてその容積変化を測定すると周期的変動をなし、動静脈血圧に周期的変動を与えるものであることを示す。

この周期的収縮も中枢性にもまた末梢性にも起り得るもので、イヌで20秒前後の周期を有し、これにより腎臓の体液流、利尿を促進するものと考えられる。<sup>42-44)</sup>

第14図 腎臓容積の周期的変動(イヌ)



3分前に10%クエン酸ソーダ0.25ccを静脈内注入した時に出現したもの  
 S…記号、RP…腎静脈圧、KV…腎容積、AP…頸動脈圧(88—118 mmHg)、T…3秒(頸動脈圧および腎静脈圧に第4級血圧変動を見る。)

## VII 結 語

腎臓の脈管について興味あると思われる2、3の研究を述べた。

### 比較生理学的考察

1～3門(アメーバ、海綿、水母)では、外界の水の出入によって老廃物を除去する。

4～8門(肝蛭、ミミズ、シャミセン貝、カニ、カキ)では腎管が出現して体液を清浄にする。マダコでは腎嚢に重層籠状血管網があり、尿分泌を考えしむる。

脊椎動物で、アンコウには糸球体は出現しないが、サメ、コイには糸球体が腎全体に出現し、カエル、カメでは腎動脈と門脈の分布を受ける。ニワトリでは、糸球体が皮質のみに出現するが、腎門脈は一部分に分布するのみとなり、哺乳動物では腎門脈は消失する。

尙、動物の進化につれて、糸球体数の割合が増す。

### 腎臓動脈系の筋量

動物の収縮性には能動的収縮性と受動的収縮性があるが、受動的収縮性は壁全体の有する伸展性、張力によるもので、能動的収縮性は筋細胞によるものである。従ってその部の能動的収縮性は筋細胞数に比例するものと考えられる。そこで今、腎臓動脈各部について10%の組織片を作成して筋細胞核数を測定したものによると、脳動脈より大であるが、肝、脾の

動脈より小である。

#### 糸球体血管と血行

従来、糸球体輸出血管に強い収縮性がある、糸球体内の血圧を調節すると考えられたが、筋細胞はむしろ輸入血管に存在するのみならず、アドレナリンによって強く収縮する。また糸球体血行については、安静時には休止するものもあるとするものと、しないとする説とあるが、これは実験方法の違いによるもので、方法を考慮した実験ならびに糸球体血行調節機構の究明で、安静時の糸球体血行は恒常流でないのがより生理的であろう。

#### 腎臓血管への脈管神経分布

腎臓への血管運動神経分布については、迷走神経と交感神経からの分布が考えられるが、特に血管拡張神経について不明な点が多い。そこで、血管拡張神経素および収縮素の検出法によってガマで実験して見ると、腎臓血管収縮神経は脊髓前根から出て1つは内臓神経により、他は迷走神経を通じて分布し、血管拡張神経は迷走神経によるものと、脊髓後根を出て内臓神経を通じて分布するものがあると考えられる。

#### リンパ管およびリンパ流

ガマのリンパ管は腎動静脈にてん絡して存在するが、実質には見られない。イヌでは皮質には毛細リンパ管は豊富であるが髄質には見られない。リンパ流は他の器官に比して多く、特に糖の含有量が大きい。

#### 腎臓灌流標本

Nussbaum (1878) の研究から Cullis (1906) のカエル腎血管の灌流実験により糸球体と細尿管の機能の研究方法としたが、これにリンパ流測定を加えた実験方法によって、糸球体の糖透過に閾がない、また糸球体血管内圧の増減により分子の大きいもの程その透過に影響される、カルミンは細尿管から透過するが、水は透過しないか、再吸収されるかであること。腎動脈からリンパ管への色素および糖の透過量が腎門脈からより大であることなどの実験証明ができた。

#### 腎臓の周期的容積変化

腎臓も脾臓、腸管と同様に周期的に容積変化をして、動脈、静脈に周期的血圧変動を与える。これによって体液流、利尿を促進するものと考えられる。<sup>45)</sup>

## 文 献

- 1) 西丸和義 (1966) 体液流の比較生理学的研究。広島医学 19, 585。
- 2) Marshall, E. K., J R. and A.L. Grafflin (1928) The structure and function of the kidney of *lophius piscatorius*. Bull. Johns Hopkins Hospital 43, 205.

- 3) Marshall, E. K., JR. (1929) The aglomerular kidney of the toadfish (OPSANUS TAU). Bull. Johns Hopkins Hospital 45, 95.
- 4) 松本菊雄 (1959) 腎臓に於ける微細血管分布構造の比較生理学的研究。広島医学 12、別刊号。
  - (1) マイマイの腎臓の微細血管分布構造について、1522。
  - (2) マダコの腎臓の微細血管分布構造について、1525。
  - (3) ホシザメの腎臓の微細血管分布構造について、1528。
  - (4) ガマ腎臓の微細血管分布構造について、1532。
  - (5) イシガメの腎臓の微細血管分布構造について、1536。
  - (6) ニワトリの腎臓の微細血管分布構造について、1540。
  - (7) 比較生理学的研究総括、1544。
- 5) 埂水尾泰馬 (1952) 鯉の腎臓の微細血管分布に就て。広島医学 5、原著号、595。
- 6) 林 盛夫 (1956) ハンザキの腎臓の微細血管分布。広島医学 9、原著号、793。
- 7) 山本 明 (1954) 腎臓の微細血管分布の研究。広島医学 7、原著号、362。
- 8) 山光次郎 (1958) 各種動脈系の各部位の筋量に就て。広島医学 11、別刊号、1739。
- 9) Vimtrup, Bj. (1928) On the number, shape, structure and surface area of the glomeruli in the kidneys of man and animals. Amer. J. Anat., 41, 123.
- 10) 幡谷 健 (1960) 腎小体内微細血管について。横浜医学 11、427。
- 11) 萩原 仁 (1948) 腎糸球体の血行調節機転に就て。広島医学 1、18。
- 12) Bensley, R. D. (1929) The efferent vessels of the renal glomeruli of mammals as a mechanism for the control of glomerular activity and pressure. Amer. J. Anat., 44, 141.
- 13) 土方頼巳 (1953) 水亀腎毛細血管壁筋細胞に就て。通信医学 5、255。
- 14) Richards, A. N. (1922) Kidney function. Amer. J. Med. Sci., 163, 1.
- 15) Richards, A. N. and C. F. Schmidt (1925) Glomerular circulation in the flog's Kidney. Amer. J. Physiol., 71, 178.
- 16) Tamura, K., et al (1927) Studies in the excretion of urine. Japanese J. Med. Sci., IV Pharmacology 1, 261, 275.
- 17) Krogh, A. (1930) The Anatomy and Physiology of Capillaries. Yale University Press. 64.
- 18) Kono, M. (1937) Studies on the glomerular circulation of the frog's kidney. Japanes J. Med. Sciences III, Biophysic 4, 403.
- 19) Nisimaru, Y. (1955) Studies concerning the physiological behavior of blood capillaries. Hiroshima J. Med. Sci., 4, 2-3.
- 20) Barcroft, J. and H. Barcroft (1923) Observation on the taking up of carbon monoxide by the hemoglobin in the spleen. J. Physiol, 58, 138.
- 21) Barcroft, J. (1926) Die Stellung der Milz in Kreislaufsystem. Ergebnisse der Pysiologie 25,



- 819.
- 22) 西丸和義 (1966) 脈管神経に関する研究。広島医学 19、1。
  - 23) 西丸和義 (1928) 胃、腸、脾臓及び腎臓に至る血管運動神経に関する研究。岡山医学会雑誌 40、2072。
  - 24) 飯塚恒治 (1952) 腎臓に至る迷走神経終末より遊離する物質に就て。日本生理学雑誌 14、501。
  - 25) 村上博孝、門橋悟 (1954) 蕁の所謂迷走神経を経て胃腸に至る血管収縮神経に就て。広島医学 7、原著号、420。
  - 26) 保田孝治 (1956) 腎臓血管に至る血管運動神経に関する研究。広島医学 9、
    - (1) 脊髄前根刺激の腎血管に及ぼす影響に就て、645。
    - (2) 脊髄後根刺激の腎血管に及ぼす影響に就て、649。
    - (3) 内臓神経刺激による血管灌流液中の Autonomic Neuro-Effector に就て、655。
  - 27) 西本和夫 (1957) ガマ内臓諸器官に於けるリンパ系に就ての研究、腎臓。広島医学 10、別刊号、297。
  - 28) 児玉 晋 (1957) ガマの腎臓に於ける好銀性線維に就て。広島医学 10、別刊号、733。
  - 29) 児玉 晋 (1959) 犬の腎リンパ液生成機序に就ての一考察。広島医学 12、別刊号、318。
  - 30) 児玉 晋 (1959) 腎臓リンパ液生成に関する研究総括。広島医学 12、別刊号329。
  - 31) 森田 聡 (1956) 腎リンパ液に就て。広島医学 9、別刊号5。
  - 32) Cullis, W. C. (1906) On secretion in the frog's kidney. J. of Physiology 34, 250.
  - 33) Sozi, T. (1941) Studies on perfusion fluid for circulatory system of poikilothermal animals. Japanese J. of Med. Sci., 111, 7, 295.
  - 34) Hamburger, H. J. and R. Brinkman (1918) Das Retentions vermögen der Nieren für Glucose. Eine Neue Physiologische Permeabilitätsform. Biochemische Zeitschrift 88, 97.
  - 35) Mitamura, T. (1924) Filtrations theorie der niere. Pflüger's Arch, f. d. ges. Physiol. 204, 561.
  - 36) 西丸和義 (1928) 腎臓よりする色素の排泄に就て、附糖の排泄。岡山医学雑誌 40、1383。
  - 37) 井上太郎 (1937) 腎臓 Bowman 氏囊透過性に関する研究。成医会雑誌 56。
    - (1) 各種利尿剤の水及び色素透過性に及ぼす影響、1866。
    - (2) 麻酔薬、粘稠度、滲透圧、水素イオン濃度、アドレナリン、ピツイトリン、ヒスタミン、温度等の水及び色素透過性に及ぼす影響、1888。
    - (3) イオンの水及び色素透過性に及ぼす影響、1907。
    - (4) 各種薬物に依る腎 Bowman 氏囊よりの葡萄糖透過性への影響、1928。
    - (5) 葡萄糖透過機転に就て、1952。
  - 38) 望月 清 (1939) 腎ボウマン氏囊透過性に及ぼす灌流圧の影響、成医会雑誌 58、325。
  - 39) 魚住浚平 (1942) 葡萄糖に対する腎細尿管壁の透過性に就て。日本生理学雑誌 7、550。
  - 40) 魚住浚平 (1943) コンゴ赤の腎細尿管壁透過に就て。成医会雑誌 62、491。

- 41) 児玉晋 (1959) ガマ腎臓のリンパ液生成機序に就て。広島医学 12、別刊号、321。
- 42) 尾形正治 (1936) 減圧神経刺激の腎臓血管に及ぼす影響。成医会雑誌 55、802。
- 43) 尾形正治 (1937) 腎臓の週期的収縮並に其の一般血圧に及ぼす影響。成医会雑誌 56、579。
- 44) 錢場武彦・岸良尚 (1951) 腎臓の週期的収縮と動静脈圧の変動に就て。日本生理学雑誌 13、471。
- 45) 西丸和義と共同研究者 (1922—1966) 脈管生理学論文集 1 卷—16 卷 (890 篇) 脈管学研究所、呉、  
(各論文については、1 卷からは東北大、東大、京大、慈大、九大、広大、脈研で、2 卷からは第  
2 次大戦前に創立されていた各大学医学部生理学教室図書室で参照を乞う)

[ABSTRACT]

Blood and Lymph Vessels and Body Fluid Flow in the Kidney

Yasuyosi Nisimaru

**Consideration from the viewpoint of comparative physiology**

In the 1st to 3rd phylum (ameba, sponge and jellyfish), wastes are removed by the influx and efflux of external water. In the 4th to 7th phylum (liver fluke, earthworm, *lingula jaspidea* and crab), the renal duct appears to clean the fluid in the body cavity. In *Octopus vulgaris*, stratified basket-like vascular plexuses are noted in the renal capsule, suggesting urine secretion.

In the vertebrata, no glomerulus appear in sea devils but in sharks and carp, glomeruli appear all over the kidney with distribution of renal arteries and portal veins. In the fowl, glomeruli appear only in the cortex with portal veins distributed in some. In the mammalia, the portal veins disappear. With the evolution of animals, the number of glomeruli increases proportionately.

**Amount of muscles of the renal arterial system**

There is active contractility and passive contractility in the contractility of artery. Passive contractility is due to extensibility and tension of the entire wall and active contractility is due to muscular cells. Therefore, active contractility of a certain portion may be considered to be in proportion to the number of muscular cells. Tissue sections measuring  $10\mu$  were made from various parts of the renal artery to determine the number of muscular cell nuclei and it was found that the number of muscular cell

nuclei in the renal artery was larger than that in the cerebral artery but smaller than that in the hepatic or splenic arteries.

#### **Glomerular blood vessels and blood flow**

It has so far been considered that the glomerular efferent blood vessel has strong contractility which adjusts blood pressure within the glomerulus. However, muscular cells exist in greater number in the afferent blood vessel and contract strongly by adrenalin.

As to glomerular blood flow, some hold that blood flow stops at the time of rest and others take the view that it does not. This discrepancy is due to difference in the method of experiment. In light of experiments made with due consideration of the method, and clarification of the mechanism by which glomerular blood flow is adjusted, it will be more physiological to consider that glomerular blood flow at the time of rest is not constant.

#### **Distribution of vasomotor nerves to the renal blood vessel**

As to distribution of vasomotor nerves to the kidney, distribution of vagus nerve and sympathetic nerve can be considered. Especially as to the vasodilator nerve, there are many points yet to be clarified, so experiment was made on *Bufo bufo japonicus* using the vasodilator and vasoconstrictor agent detecting method. As a result it was considered that the renal vasoconstrictor nerves are distributed from the anterior root of the spinal cord; one through the splanchnic nerve and the other through the vagus nerve, and that in the distribution of vasodilator nerves, one is distributed through the vagus nerve and the other coming from the posterior root of the spiral cord is distributed through the splanchnic nerve.

#### **Lymph vessel and lymph flow**

Lymph vessels of *Bufo bufo japonicus* exist in circumvolution around the renal arteries and veins, but are not found within the parenchyma. Although lymph capillaries abound in the cortex of dog, they are not present in the medulla. More lymph flow is noted than in other organs and the sugar content is especially large.

#### **Renal perfusion model**

The author's study was made by a method in which experiments to determine lymph flow were combined with the method devised by Cullis (1906) on the basis of Nussbaum's experiments (1878) to study the functions of the glomerulus and the

nephritic duct by means of perfusion experiments on the renal blood vessels of the frog.

As a result, the following findings were demonstrated. There is no threshold in sugar permeation in the glomerulus. The larger the molecules the more permeation is affected by change of pressure in the glomerular blood vessel. Carmine permeates from the renal tubules but water either does not permeate or is reabsorbed through the tubules. The amount of sugar and dyes permeated from the renal artery to the lymph vessel is larger than that from the portal vein.

### **Rhythmical change of kidney**

Like the spleen and the intestinal tract, the kidney undergoes rhythmical voluminal change which causes rhythmical changes in arterial and venous blood pressure. This is considered to accelerate blood and lymph flow and diuresis.