Morphological Study of the Kidney in the Fowl

I. Arterial System

Shozo KURIHARA

*Laboratory of Zootechny, Faculty of Agriculture,
Ehime University, Matsuyama-shi, Ehime 790*

Mikio YASUDA

*Laboratory of Veterinary Anatomy, Faculty of Agriculture,
Nagoya University, Nagoya-shi, Aichi 464*

(Received for publication April 23, 1974)

Abstract. Resin and neoprene cast preparations of the kidney of 56 fowls were examined. The arterial supply to the lobus and lobulus is described. Relationships among the renal artery, the portal and venous circulation, and the ureteral system are investigated.

The A. renalis cranialis distributed in the Divisio renalis cranialis of the kidney is divided into three or four primary branches after arising from the Aorta abdominalis. The A. renalis media supplying the Divisio renalis media arises from the A. iliaca interna with the A. renalis caudalis at almost the same site. The A. renalis caudalis running to the caudal direction supplies four or five branches to the dorsal and caudal part of the Divisio renalis caudalis.

The branches of the A. renalis which extend to the renal parenchyma are named A. interlobaris, A. intralobaris and A. intralobularis in relation to the lobus and lobulus.

The glomerular capillaries are classified into three types on the basis of vascular anastomosis and ramification.

The Vas efferens is longer than the Vas afferens. It runs toward the periphery of the lobulus and gives off two to five branches which communicate with the renal portal vessels.

The extraglomerular arterial circulation is classified into two types: (1) Ludwig's vessel and (2) the direct glomerular bypass, which arises from the intralobular artery in close relation to the Vas afferens and anastomoses with the renal portal circulation.

The vascular system and the ureteral system are arranged in the lobulus of two types with the hard and fast rule.

鶏における腎臓の形態学的研究

I. 動脈系

栗原昭三

愛媛大学農学部畜産学研究室

保田幹男

名古屋大学農学部家畜解剖学教室

鳥類の長く延びた分葉の腎臓が、一連の多数の動脈を腹大動脈より受けることを指摘したのは Grau [13] である。このことは、哺乳類の腎臓が1本の動脈

を受けることと比較して、鳥類の特徴といえる。鳥類における腎臓の葉および小葉の形態は、哺乳類のものに比して異なっていて、それに分布する動脈系も、き

わめて特徴的である。動脈系についての報告 [1, 4, 30, 37] はすでに出されているが、動脈系と葉・小葉との関係、静脈系・門脈系との関係および尿管系との関係について、総合的に検討した論文はみられない。

鳥類の葉に関しては、1973年米国 Omaha で開かれた国際鳥類解剖学名委員会の夏季会議における結論に基づき、区 *Divisio* の用語を採用し、それより小さい単位を葉 *Lobus* および小葉 *Lobulus* と定義して記述を進めた。

上述の定義により、腎臓は頭方より前腎区 *Divisio renalis cranialis*, 中腎区 *Divisio renalis media* および後腎区 *Divisio renalis caudalis* に分けられる。

これらの区に分布する動脈の中で、前腎区に分布するものについては、研究者の見解が最も多く分かっている。それらの見解を著者らは4群に分けた。

腎臓の実質内に分布する動脈の走行については、Sperber [39] が24種の鳥類で、松本 [27] と Siller and Hindle [37] が鶏について報告した。

著者らは10年来腎動脈の分布、腎動脈と葉・小葉との関係、静脈系・門脈系との関係、尿管系との関係について検討を続け、ここに一連の研究を終了した。本論文は動脈系についての結果をとりまとめたものである。

材料および方法

白色レグホン種雌20例とブロイラー品種雄36例を用いた。注入剤として着色アクリル樹脂とネオブレン・ラテックス 601A を用いた。血液凝固を防止するため、断頭前に翼下静脈よりヘパリン (Novo 社製) を注射した。注入前に腹腔動脈、前腸門膜動脈を腹大動脈の分岐部で、また坐骨動脈を腎臓の外側縁で、それぞれ結紮した。腹大動脈より1羽当たり約5mlの注入剤を注入し、数時間放置した。さらに濃塩酸液中に2日間浸漬して軟組織を溶かした後、水洗して標本を作成した。

成 績

A. 局所解剖学的観察

前腎区に前腎動脈 *A. renalis cranialis*, 中腎区に中腎動脈 *A. renalis media*, 後腎区に後腎動脈 *A. renalis caudalis* が分布する。

1. 前腎動脈

この動脈は腹大動脈の腹外側または外側より、直角

または斜尾方に向かって鋭角をなし、対になって出されるか、または頭尾方向に多少ずれて左右に分枝される。これは、前腎区、精巣、副腎および精管と尿管の一部に分布する。

a. 雄: 腹大動脈精巣に対して独立の精巣動脈が分枝される例と、腹大動脈から出された共通の幹の遠位が分かれて前腎区と精巣に分布する例に大別される (Fig. 1)。西田 [32] の記載した5型のほかに、あらたにVI型からX型までの5型を追加した。その出現頻度は、I型 3/33, II型 4/33, III型 3/33, IV型 18/33, V型はみられず、VI型からX型までは各1例であった。最も多くみられたのはIV型である。良好な標本を作ることができたI型の標本により、観察結果をとりまとめた。

この標本 (Fig. 2) では、腹大動脈から前腎動脈が対に出され、これから副腎動脈 *A. suprarenalis* (Fig. 4, As) が分枝される。その他、精巣動脈 *A. testicularis* と前尿管動脈 *Aa. uretero-deferentiales craniales* (Figs. 2, 3, 4, Auda) が出される。

前腎動脈は腎臓実質に入り、「腎臓の動脈」となる。これは3~4枝に分かれるが、ここでは4枝の例について詳述する。

第1枝 (Fig. 2, Ara 1) は前腎動脈の主幹より出て外側頭方に向かい、背頭方に枝を出して、前腎区の頭背側部に分布する。前腎動脈が頭方寄りに腹大動脈から分枝する例では、これは弱小となり、尾方寄りになる例では強大となる。まれに前腎区頭側端で出される例では、この第1枝から副腎動脈と精巣動脈が出され、小枝が前腎区の頭側端から実質内に進入する (Fig. 6, 矢印)。

第2枝 (Fig. 2, Ara 2) は外側方に走り、主として前腎区の中央部背外側に分布する。

第3枝 (Fig. 2, Ara 3) は前腎区の腹側表層を尾方へ走り、その尾外側部に分布する。

第4枝 (Fig. 2, Ara 4) は前腎区の腹側の表層を腹大動脈とほぼ平行に尾方へ走り、前腎区の尾側部に分布する。その遠位がさらに尾方に延びて、中腎区の頭側部に分布する例もみられる。

b. 雌: 前腎動脈は対に出されるが、卵巣は左側にのみ分化するので、左前腎動脈からのみ卵巣動脈 *A. ovarica* (Fig. 3, Ao) が出される。

第1枝 (Fig. 3, Ara 1) は左右でやや分布領域を異にする。第2枝と第3枝は独立している例と合併枝

(Fig. 3, Ara 2+3) をなす例がある。第4枝 (Fig. 3, Ara 4) は雄の例と異なり、第1枝より近位で分枝し、第1枝と合併枝との間から、前部卵管に対する前卵管動脈 *A. oviductus cranialis* (Fig. 3, Aoa) が出る。

2. 中腎動脈

内腸骨動脈 (Figs. 2, 3, Aii) は腹大動脈より起こり、中腎区と後腎区との境界を外側に向かって走る。その経路で、頭側より中腎区に向かい中腎動脈を出す。この分岐点の近くで後腎区に後腎動脈、卵管に対して中卵管動脈 *A. oviductus media* (Fig. 3, Aom) と後卵管動脈 *A. oviductus caudalis* (Fig. 3, Aoc) を分枝する。これらを出した後、内腸骨動脈はその遠位で坐骨動脈 *A. ischiadica* (Figs. 2, 3, Ai) に移行する。

a. 雄：中腎動脈は内腸骨動脈より出て、ただちに第1枝 (Fig. 2, Arm 1) を出し、これが中腎区の尾外側に常在する小隆起に分布する。この隆起は鶏の中腎区において外側に常在するので、外側隆起 *Eminentia lateralis* (Fig. 2, El) と仮称する。

第2枝 (Fig. 2, Arm 2) は、腹大動脈とほぼ平行して中腎区の腹側を頭方に向かい、その背側に4~5枝を分布する。

b. 雌：第1枝 (Fig. 3, Arm 1) の分布は、雄における場合とほぼ同じ形態をとる。第2枝 (Fig. 3, Arm 2) は、中腎区の実質内に進入し、これに分布する。ふたたび腎実質外に出て、前卵管動脈 (Fig. 3, Aoa) と吻合する例もある。中腎動脈の基部から尿管に対して尿管動脈 *A. ureterica* (Fig. 3, Au) を分枝することは、雄・雌とも同様である。

3. 後腎動脈

内腸骨動脈より起こり、後腎区の腹側表層を後走し、その背側に向かってほぼ4枝を出す。

a. 雄：第1枝 (Fig. 2, Arc 1) は背側に進み、頭方または尾方に分枝する。第2枝 (Fig. 2, Arc 2) は外側に走り、背側に曲がり、頭・尾方へ分枝する。第3枝 (Fig. 2, Arc 3) は背尾側方に分枝する。第4枝 (Fig. 2, Arc 4) は後腎区の尾側部に分布する。

b. 雌：第1~4枝 (Fig. 3, Arc 1~4) の分枝形態は、雄におけるものとほぼ同様である。

B. 葉および小葉の定義

葉および小葉の定義については、静脈系および尿管系についての続報で述べるので、ここでは記述を進めるのに必要な範囲内で、この問題を取りあげる。

葉はいくつかの小葉から成る。小葉から出た尿細管

が集合して尿管枝を作る。1尿管枝の流域にある小葉の集合体を葉とする。小葉はさらに皮質小葉と髓質小葉とから成る。小葉はまた次の2型に区分される。

扇型小葉：皮質小葉が横位に連なり、その集合管が集まり髓質小葉を形成する。全体は日本扇を広げた形を示す (Fig. 20)。

無花果型小葉：皮質小葉が無花果 (いちじく) の果実の部分で、髓質小葉がその果梗の部分で成す型である。前者に比して少ない。この型は扇型小葉の基部または末端で、小葉間にできる間隙を埋める形で出現する (Fig. 21)。

C. 腎臓の動脈

1. 葉間動脈 *A. interlobaris*

前述の第1~4枝の動脈は葉間を走り、葉間動脈となる (Fig. 19, Arl)。

2. 葉内動脈 *A. intralobaris*

葉間動脈は葉内に進入して葉内動脈となる。扇型小葉内では、これは弧を描いて皮質小葉の基部を貫き、小葉の末端に向かって走る。 (Figs. 19, 20, Aal)。その形は哺乳類の弓形動脈に似る。

3. 小葉内動脈 *A. intralobularis*

扇型小葉においては、葉内動脈が皮質小葉の基部を貫いて走る経路で、皮質小葉の先端に向かって小葉内動脈を分枝する (Figs. 5, 19, 20, Aial)。

無花果型小葉においては、それが扇型小葉の末端に位置する場合には、葉内動脈が皮質小葉の基部から進入して小葉内動脈となる。無花果型小葉が扇型小葉の基部に位置する場合には、葉内動脈を欠き、葉間動脈からの枝が直接、無花果型小葉の基部に達し、ここで小葉内に進入して小葉内動脈となる (Figs. 7, 21, Aial)。これは集合管と1対1の関係を持ち、これと平行して中心静脈を楕円形の弧を描いてとり囲み、皮質小葉の先端に向かって走り、先端が内側に曲がり盲端に終わる (Figs. 7, 13, 21, Aial, Dcc)。小葉内動脈は、皮質集合管に向かって多数の輸入管を交互に出す (Fig. 9, Va)。輸入管と結合細管とは1対1の関係であり (Figs. 17, 18, 20, Va, jt)、また1小葉内動脈は、隣接する2結合細管によって挟まれている (Fig. 17, jt, Aial)。

4. 輸入管 *Vas afferens*

皮質小葉の内帯で、小葉内動脈の近位から出る輸入管と、外帯でその遠位から出る輸入管は、その長さを異にし、それぞれ100個の平均値で、前者は144.0 μ 、後者は76.9 μ である。管径はそれぞれ13.5 μ と8.1 μ

Table 1. Measurements of Glomeruli, Vas afferens and Vas efferens in resin cast*

	Zona externa		Zona interna	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Glomeruli				
Longer axis	51.6 μ	8.0 μ	105.1 μ	29.9 μ
Shorter axis	40.6 μ	6.6 μ	86.7 μ	26.0 μ
Vas afferens				
Length	76.9 μ	21.8 μ	144.0 μ	18.6 μ
Thickness	8.1 μ	1.6 μ	13.5 μ	2.5 μ
Vas efferens				
Thickness	7.3 μ	1.6 μ	11.1 μ	2.5 μ

Remarks.

*: One hundred structures were counted.

で、その計測値を表示した (Table 1).

皮質小葉の外帯で、小葉内動脈の比較的遠位では、輸入管は規則正しく交互に出される (Figs. 9, 14, 17), 内帯でその近位から出るものは不規則に配列する (Figs. 10, 12).

5. 糸球体外細動脈

小葉内動脈より出た枝が、輸入管となり糸球体を形成することなく、門脈系毛細血管と直接吻合する場合には、この枝を糸球体外細動脈と名付ける。これは I 型と II 型とに区分される。I 型は、小葉内動脈から出た輸入管が、糸球体を迂回して、糸球体を形成することなく、門脈系毛細血管に吻合するもので、哺乳類にみられる Ludwig's vessel に相当する (Fig. 10, Lv). II 型は、輸入管の起始部の近くで、小葉内動脈より出て、糸球体と関係なく門脈系毛細血管と吻合するもので、小葉内動脈の遠位でみられる (Fig. 14, 矢印).

これらの 2 型のほかに、小葉内動脈から出て、直接髄質小葉に向かって走り、哺乳類にみられる真直細動脈に相当する毛細血管が存在するか否かは、明らかにできなかった。例外的に輸入管が短枝を出して、連なった糸球体を作る例 (Fig. 16, Va) がみられた。これは、江口 [9] の球接髄直達血管とほぼ同様の形態を示す。

6. 糸球体 Glomerulus

糸球体は、これを形成する輸入管の形態により、3 型に区別される。I 型: 単一毛細血管糸球体 single capillary glomerule で、これは輸入管が糸球体囊内で分枝することなく、迂曲するのみで糸球体を作る (Fig. 14, sg). II 型: 重複毛細血管糸球体 double

capillary glomerule で、これは輸入管が糸球体囊内で 2 枝に分かれ、迂曲して糸球体を作る (Figs. 13, 14, dg). III 型: 大型重複毛細血管糸球体 large double capillary glomerule は、II 型がより複雑となり大型化したもので、皮質小葉の内帯で、小葉内動脈の分岐部に出現する (Fig. 12, ldg). この型の糸球体では迂曲の経路で分枝するが (Fig. 11, gc), 毛細血管の間に橋を形成するか否かは明らかにできなかった。

糸球体の大きさの計測値では、内帯のものは、外帯のものの約倍の大きさを示す (Table 1).

7. 輸出管 Vas efferens

鳥類の輸出管は、哺乳類においてみられる網目構造を作らない。その網目構造は門脈系毛細血管が作るもので、糸球体毛細血管が血管極を出て、門脈系毛細血管と吻合するまでの血管を輸出管と定義づける。輸出管は結合細管に対して、これと平行に、集合管の位置する方向に向かう (Figs. 17, 18, 22). その遠位で 2~5 枝に分かれて、門脈系毛細血管と吻合する (Fig. 15, 矢印). 吻合の際、輸出管は門脈系毛細血管内の血流と逆の方向に、これと吻合するのが特徴である (Fig. 22).

輸出管の径は、内帯のもので 11.1 μ , 外帯のもので 7.3 μ である (Table 1). 皮質小葉の内帯にある輸出管は、外帯のものに比して長い走行を示し、髄質小葉に達する (Fig. 8, Ve).

考 察

前腎区に分布する前腎動脈の学名について文献にみられる考え方を要約すると、4 群にまとめることができる。

1 群: 前腎区に分布する動脈を A. renalis とし、その分枝が生殖器官に分布するとするもの。Barkow [3] は鶏において A. renalis anterior が A. mesometrii anterior を出し、これが生殖器官に分布するとした。Bhaduri et al. [4] は鳩で、anterior renal artery が腹大動脈から直接起こり、これより出た枝が A. testicularis となるとした。Paik [36] は家鴨で、A. renalis cranialis が腹大動脈から分枝され、それより A. testicularis が分枝される例と、A. testicularis が直接腹大動脈から起こる例とを記載している。Mauger [28], Ede [8], Siller and Hindle [37] は、鶏でほぼ同様の記載を行なった。Fitzgerald [10] はウズラで、testicular artery は、cranial renal artery と近接して腹大動脈から起こり、各精巣は、2~3 本の

動脈を受け、その内の1本は cranial renal artery より来るとした。

2群: 腹大動脈から Aa. spermaticae internae が生まれ、その分枝が前腎区に分布するとするもの。Gadow u. Selenka [11] は雌の鳥類で、Aa. spermaticae が腎臓の頭側端を通る際に、若干の枝を腎臓に送ると記載した。この考えに従って Westpfahl [43] は鶏で、A. spermaticae internae が A. suprarenalis, A. testicularis および A. renalis superior に分かれるとした。Lucas and Stettenheim [24] は鶏で、internal spermatic artery の枝が、cranial superior renal artery と caudal superior renal artery に分かれることを第 1・14 図で示した。

3群: 腹大動脈から出された共通幹から、前腎動脈と精巣動脈が分かれるとするもの。Nalbandov and James [31] は、この共通幹を renolumbar artery と名付け、その遠位が renal artery と ovarian artery になるとした。西田 [32] は腹大動脈より直接出された動脈幹が、A. renalis anterior と A. testicularis になるとした。Dang-quan-Dien [7] は雌鶏で、共通幹を gonadorenal artery とし、その遠位が renal artery と ovario-oviducal artery になると記載した。

この共通幹とは別に、腹大動脈から直接出て精巣に分布する動脈を、西田 [32] は副精巣動脈 A. testicularis accessorius (正しい学名は accessoria) と名付け、これが共通幹の頭側にみられるとした。今回の観察例では、その尾側にもみられる。これらの共通幹から、頭側あるいは尾側で腹大動脈から精巣に分布する動脈に、4群で述べる Stresemann [40] の解釈に従えば、精巣動脈と名付けるべきものも含まれる可能性が考えられるが、ここではこれらを副精巣動脈とした。

西田 [32] は前腎動脈と精巣動脈との関係を詳細に検討し、両動脈が腹大動脈から分枝される形態より、この関係を第 I から V 型に区分した。それによれば、出現頻度は I 型 3/17, II 型 5/17, III 型 3/17, IV 型 5/17, V 型 1/17 である。今回の観察結果では、西田の 5 型のほかに、あらたに 5 型を追加したが、その出現頻度は、I 型 3/33, II 型 4/33, III 型 3/33, IV 型 18/33, V 型 0/33, また VI 型から X 型までは各 1 例であった。両結果を合わせると、I 型 6/50, II 型 9/50, III 型 6/50, IV 型 23/50, V 型から X 型まで各 1 例となる。この結果で、最も多く出現するのは IV 型である。しかしこの型が標準型であるとは必ずしも言えない。

4群: 前腎動脈と精巣動脈が独立して腹大動脈より起こるとするもの。Stresemann [40] は鳥類の胎児で、動脈が原腎系球体に分節的に進入し、原節の退化とともに 2 対の動脈が残り、その中の 1 対は A. renalis となり、他は A. spermatica となるとした。岡村 [34] は本文で明確にしていないが、その第 38 図版において、中腎区・後腎区に分布するもののほかに、前腎区に分布するものも腎動脈とし、生殖器官に分布するものを生殖器動脈 A. genitalis とした。

以上の 4 群の見解を参照し、今回の観察結果により、次のように整理した。

前腎区に分布する腹大動脈より起こる動脈を前腎動脈とする。雄の場合には、この動脈から左右の精巣に精巣動脈を、雌の場合には、左側でのみ分化する卵巣に卵巣動脈を分枝する。上述の精巣動脈のほかに、直接精巣に対して腹大動脈より分枝されるものを副精巣動脈とした。

中腎区と後腎区に分布する動脈については、見解が一致している。古くは Jourdain [16] が鳩で、A. rénale moyenne と A. rénale postérieure を記載し、これらが A. ischiatique の枝であることを明確にした。Watson [42] は Spheniscidae において、3 本の Aa. renales が直接大動脈より起こることを図示した。Kolda et Komarek [18] は、A. renalis cranialis と Aa. renales caudales の名称を用いている。Marshall [26] は腹大動脈からの分枝として A. renalis superior と、坐骨動脈からの分枝として A. renalis media et inferior を記載した。Koch [17] は A. renalis superior と A. renalis inferior cranialis, A. renalis inferior caudalis を用いている。

以上の文献を参照の上、中腎区に分布するものを中腎動脈 A. renalis media とし、後腎区に分布するものを後腎動脈 A. renalis caudalis とした。なおこの両動脈が内腸骨動脈から起こることについては、Hafferl [14] を参照した。それによると、*Lacerta ocellata* において、Iliaca externa の遠位が Femoralis となり、Iliaca interna の遠位が Obturatoria と Ischiadica になる。従って内腸骨動脈から中腎動脈と後腎動脈が出され、その分岐部より遠位が坐骨動脈であると考えられている。Akester [1] はその第 3 図において、external iliac artery から中腎動脈と後腎動脈が分枝されることを示しているが、これは Hafferl [14] の考え方と異なる。また Sturkie [41] は femoral artery が中腎区と前腎区の尾部に分枝を送るとしてい

るのは、誤りであろう。

卵管に対しては、Westpfahl [43] は *A. oviductus media* が分布するとした。本結果では、前腎動脈から前卵管動脈が、中腎動脈と後腎動脈の起始部で中卵管動脈と後卵管動脈が分枝する。また中腎動脈が腎臓実質より出て前卵管動脈に吻合する例も観察された。

「腎臓の動脈」については、本論文で葉と小葉との関係を考へて、学名の整理を行なった。腎動脈は葉間を走り葉間動脈となる。葉間動脈については、これまでの文献に記載はない。この動脈が、葉内に進入して葉内動脈となる。

Ohta and Tajiri [33] は哺乳類において、葉間動脈からの分枝を *arcuate artery* とすることが不適当であると、これを *A. intercorticomedullaris* とすべきことを提唱した。この学名を鳥類で用いることは、なお検討の余地があるので、葉内動脈の学名を用いた。

葉内動脈、またはこれを欠く場合に、葉間動脈から直接に出されて皮質小葉の先端に向かって走る動脈を小葉内動脈とする。この動脈は、Spanner [38] の *A. intralobularis*, Siller and Hindle [37] の *intralobular artery* に相当する。Sperber [39] はこれを *A. centralis* としたが、今回は中心動脈の用語を用いず、小葉内動脈の学名を採った。

小葉内動脈と中心静脈との位置的關係については、Sperber [39] も Spanner [38] もともに両者が接近して走る模式図を示している。本結果ではこの結論と異なり、小葉内動脈はむしろ中心静脈より離れて位置し、小葉間静脈と中心静脈とのほぼ中間点を、この両者に対して平行に走ることを明らかにした。Mouchette et Cuypers [30] はその第2図で、*A. glomérulaire* が *V. afférente* と *V. efférente* との中間に位置することを示している。この点は本結果と一致する。しかしその第2図では、小葉内動脈に当たる *A. glomérulaire* は、小葉間静脈に当たる *V. afférente* と中心静脈に当たる *V. efférente* に対して、直角に位置するように描かれているのは、誤りであろう。

輸入管の定義については、文献上2つの考え方があ

(1) 小葉内動脈から分枝して、糸球体に進入するまでの脈管を輸入管とするもの。More and Duff [29] は第22図版、第11図の人類の腎臓において、1本の *afferent arteriole* が5個の糸球体に枝を送ることを示し、本文中でも *afferent arteriole* の一部のものは、

2またはそれ以上の数の糸球体に分枝すると記述した。Allen [2] もこれを引用している。

(2) Sperber [39] は鳥類で、小葉内動脈 (Sperber の *A. centralis*) が皮質小葉の周縁に向かって小動脈枝 (*small arteries*) を分枝し、その遠位が1~5枝に分岐し、それぞれ糸球体に進入すると記述し、この分枝の部分のみを *Vasa afferentia glomeruli* とし、分枝するまでの小動脈枝に対しては、特別の学名を与えていない。このことをその第5図と434頁で説明している。

鶏において、皮質小葉外帯では、輸入管、糸球体、輸出管が1対1の關係を保つが (Figs. 14, 17), 内帯では、1本の輸入管の遠位が分かれて多くの糸球体に進入する例 (Fig. 10, 矢印) も認められた。

小葉内動脈から糸球体までの間を、小動脈枝も含めて輸入管とする More and Duff [29] の考え方をとるか、または小動脈枝の遠位で分枝したものだけを輸入管とする Sperber [39] の考え方をとるかは、なお検討を必要とする。今回は More and Duff [29] の説に従って、観察結果を整理した。

輸入管の長さや径については、Spanner [38] は *Wespenbussard* では長く、*Star* では短いとした。Okano et al. [35] は猿で、輸入管の径は、*cortex corticis*, *cortex* および *corticomedulla* ではほぼ同一であるが、輸入管の長さは *corticomedulla* のものが最長であるとした。Ohta and Tajiri [33] は人類と哺乳類で測定し、牛と豚では長く直線的であり、人類、猫、兎およびモルモットでは、少し彎曲しているとした。Allen [2] は人類の皮質外帯では、輸入管は輸出管より長く、その径は約2倍であるとした。鶏については、松本 [27] が径の平均値を $7.7 \pm 1.8 \mu$ とした。本観察結果では、輸出管は輸入管よりも長く、径の直径については外帯のものは松本 [27] の結果と近似する。

Bialestock [5] は人類で、Siller and Hindle [37] は鶏で、いずれも *extraglomerular arterial circulation* について記述した。文献に見られる考え方を本結果にあてはめると、鳥類では、哺乳類にみられる *Ludwig's vessel* と、Siller and Hindle [37] の *glomerular bypass* とに区別することが妥当であろう。これらの迂回路を、江口 [9] の哺乳類における真直細動脈、またはその一部に当たるものと考えてよいかどうかについては、ただちに結論を出すことは困難である。

糸球体については、van den Broek et al. [6] が鳥類では小さいとし、鶏では、皮質小葉外帯のものは小

形で、構造も簡単であり、内帯のものは大形で、複雑な毛細血管糸球体であることを明らかにした [15, 20, 21, 37]. 糸球体の長径と短径の計測値を表1に示した. その数値と Kudo et al. [19] の数値を比較すると、短径のものはほぼ一致するが、長径のものは一致しない. Lange [21] の品種間における糸球体の大きさの差異についての記載を参照すると、今回の観察結果と Kudo et al. [19] の数値との不一致は、用いた材料の差によるのかも知れない.

Kudo et al. [19] は哺乳類、鳥類および爬虫類の糸球体を観察し、これを3型に区分した. 鶏のものは、その *die einfache Vaskulärlamelle* に属す. さらに鶏の糸球体を3型に区分し、その形態を第25図に示した. 今回の観察も上述の結果と一致する. なお、Siller and Hindle [37] の糸球体内の *interconnecting bridge* の存在については、今回の観察では十分に明らかにできなかった.

Marshall and Smith [25] は鳥類の糸球体の小さい原因を、その毛細血管の乏しいことに求め、これは退化型を示すものとした. Ljungqvist [23] も人類の糸球体が、腎臓の部位により構造を異にすることを観察し、その形態の差異は、糸球体退化の程度を示すものと考えた. 鶏における糸球体も、部位により大小の差、あるいは構造の差を示すけれども、小形の簡単な構造の糸球体を退化型と断定するには、本観察結果のみでは不十分である.

輸出管について、Lee-Brown [22] は人類において、*subcapsular type*, *cortical type* および *corticomedullary type* に区分した. この分類をただちに鶏の輸出管に用いることはできない. 哺乳類では輸出管は尿細管にからみつき、網目状に分布するが、鶏では輸出管は単にその遠位端が2~5枝に分岐し、門脈系毛細血管に吻合するに過ぎない. したがって鳥類には、哺乳類にみられる輸出管より成る網目構造は存在せず、門脈系毛細血管網がその機能を代行する形態をとる.

鶏の輸出管と門脈系毛細血管との吻合形態については、文献上2つの考え方がある.

Sperber [39] はその第5図で、輸出管は1本あり、それは皮質小葉の周縁に向かい、門脈系毛細血管の血流と逆の方向にこれと吻合することを示した. Mouchette et Cuypers [30] はその第2図で、輸出管が皮質小葉の周縁に向かい、数本の分枝を出し、これらがそれぞれ門脈系毛細血管と吻合することを示した. 今回の観察は後者の図に一致した.

結 論

1. 前腎動脈、中腎動脈および後腎動脈の前腎区、中腎区および後腎区における分布を詳細に観察した. 特に前腎動脈については、精巣動脈、卵巣動脈および卵管動脈との関係を明らかにし、学名を整理した (Figs. 1, 2, 3).

2. 腎動脈が「腎臓の動脈」となり、それは葉間動脈、葉内動脈および小葉内動脈となる. これらの走行形態を観察し図示した (Figs. 5, 17, 18, 19, 20, 21).

3. 皮質小葉内帯にある輸入管は、外帯のものに比して長く太い (Table 1).

4. 糸球体の大きさは、皮質小葉内帯のものが外帯のものに比して大きい (Table 1). また形態により3型にこれを区分した. これらは単純なものから、複雑なものに及ぶ (Figs. 12, 13, 14).

5. 輸出管は輸入管より細長く、その遠位で2~5枝に分かれている. これらの分枝は皮質小葉の周縁に向かい、門脈系毛細血管の血流と逆の方向で、これと吻合する (Figs. 15, 22).

6. 糸球体外細動脈を2型に区分した. I型は Ludwig's vessel (Fig. 10) に当たる. II型は、輸入管の起始部と近接して小葉内動脈より起こり、糸球体を形成することなく直接門脈系毛細管と吻合するもの (Fig. 14) である.

7. 皮質小葉においては、外側より中心に向かい小葉間静脈、集合管、小葉内動脈および中心静脈の順にこれら4者はほぼ平行して走る. これらの脈管と輸入管、糸球体および輸出管との形態学的相互関係を模式図 (Fig. 22) で示した.

8. 葉および小葉を形態学的に定義づけた. 小葉を扇型小葉と無花果型小葉に区分し、これを図示した (Figs. 20, 21). 扇型小葉は葉の大部分を占める. 扇型小葉の末端または基部にできる間隙を埋める形で、無花果型小葉が出現する.

謝辞: 本研究のため援助を与えられた名古屋大学農学部生体機構学教室の渡辺徹博士および藤岡俊健博士に感謝し、論文作成に援助をいただいた同教室向本千恵子嬢に感謝する.

文 献

- [1] Akester, A. R. (1971). The blood vascular system. In *Physiology and Biochemistry of the*

- Domestic Fowl, Bell, D. J., and Freeman, B. M., editors, Academic Press, London and New York, 783-839.
- [2] Allen, A. C. (1962). In *The Kidney, Medical and Surgical Diseases*. Grune & Stratton, New York, 47-48.
- [3] Barkow, H. (1829). Anatomisch-physiologische Untersuchungen, vorzüglich über das Schlagadersystem der Vögel. *Meckels Arch. Anat. Physiol.*, 305-496.
- [4] Bhaduri, J. L., Biswas, B., and Das, S. K. (1957). The arterial system of the domestic pigeon (*Columba livia Gmelin*). *Anat. Anz.*, 104, 1-14.
- [5] Bialestock, D. (1957). The extra-glomerular arterial circulation of the renal tubules. *Anat. Res.*, 129, 53-63.
- [6] van den Broek, A. J. P., van Oordt, G. J., und Hirsch, G. C. (1938). Urogenitalsystem. In *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere*, 5. Bd., Bolk, L., Göppert, E., Kallius, E., und Lubosch, W., die Herausgeber, Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien, 683-854.
- [7] Dang-quan-Dien (1951). Thesis, Faculty of Medicine and Pharmacology, University of Lyon. Cited from Gilbert [12].
- [8] Ede, D. A. (1964). In *Bird Structure*, Hutchinson Educational Ltd., London, 90.
- [9] 江口季雄 (1958). 臓器内血管構成の立体病理学的研究. *日病会誌*, 47, 323-344.
- [10] Fitzgerald, T. C. (1969). In *The Coturnix Quail, Anatomy and Histology*, Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 65-66.
- [11] Gadow, H., und Selenka, E. (1891). Vögel. I. Anatomischer Theil. In Dr. H. G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs, 6. Bd., 4 Abt. C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig, 782-783.
- [12] Gilbert, A. B. (1971). The Ovary. In *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*, Bell, D. J. and Freeman, B. M., editors, Academic Press, London and New York, 1166.
- [13] Grau, H. (1943). Die Harnorgane. Anatomie der Hausvögel. In *Ellenberger-Baum Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*, bearbeitet von Zietzschmann, O., Ackerknecht, E., und Grau, H., Springer-Verlag, Berlin, 1103-1104 und 1109.
- [14] Hafferl, A. (1933). Das Arteriensystem. In *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere*, 6. Bd., Bolk, L., Göppert, E., Kallius, E., und Lubosch, W., die Herausgeber, Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien, 563-684.
- [15] Huber, G. C. (1917). On the morphology of the renal tubules of vertebrates. *Anat. Rec.*, 13, 305-339.
- [16] Jourdain, M. S. (1859). Recherches sur la veine rénale. *Ann. Sci. nat., 4. Ser., Zool.*, 12, 134-188 et 321-369.
- [17] Koch, T. (1973). In *Anatomy of the Chicken and Domestic Birds*, Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 110.
- [18] Kolda, J., et Komarek, V. (1958). In *Anatomie Domácích Ptáků*, Vydala Československá Akademie Zemědělských věd ve Spolapráci se Státním Zemědělským Nakladatelstvím, Praha, 234-235.
- [19] Kudo, N., Takahata, K., und Sugimura, M. (1971). Das Blutgefäßsystem der Nierenkörperchen in den Metanephren. *Jap. J. vet. Res.*, 19, 43-63.
- [20] 栗原昭三・保田幹男 (1973). 鶏の比較解剖学的並びに局所解剖学的研究. LXXIII. 腎小体の大きさとその分布. *日獣誌*, 35, 311-318.
- [21] Lange, W. (1965). Über die Glomerulumgröße in der Niere bei Hühnern und Kaninchen von Rassen unterschiedlicher Körpergröße. *Anat. Anz.*, 117, 483-490.
- [22] Lee-Brown, R. K. (1924). The renal circulation. *Arch. Surg.*, 8, 831-852.
- [23] Ljungqvist, A. (1964). Structure of the arteriole-glomerular units in different zones of the kidney. *Nephron*, 1, 329-337.
- [24] Lucas, A. M., and Stettenheim, P. R. (1965). Avian Anatomy. In *Diseases of Poultry*, 5th ed., Biester, H. E., and Schwarte, L. H., editors, Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 1-59.
- [25] Marshall, E. K., Jr., and Smith, H. W. (1930). The glomerular development of the vertebrate kidney in relation to habitat. *Biol. Bull.*, 59, 135-153.
- [26] Marshall, W. (1895). In *Der Bau der Vögel*, Verlag von J. J. Weber, Leipzig, 388.
- [27] 松本菊雄 (1959). 鶏腎臓の微細血管分布. *広島医学別刊号*, 12, 1540-1543.
- [28] Mauger, H. M., Jr. (1941). The autonomic innervation of the female genitalia in the domestic fowl and its correlation with the aortic branchings. *Amer. J. vet. Res.*, 2, 447-452.
- [29] More, R. H., and Duff, G. L. (1951). The renal arterial vasculature in man. *Amer. J. Path.*, 27, 95-108.
- [30] Mouchette, R., et Cuypers, Y. (1958). Étude de la vascularisation du rein de coq. *Arch. Biol.*, 69, 577-590.
- [31] Nalbandov, A. V., and James, M. F. (1949). The blood-vascular system of the chicken

- ovary. *Amer. J. Anat.*, **85**, 347-367.
- [32] 西田隆雄 (1964). 鶏の比較解剖学的並びに局所解剖学的研究. XLII. 雄の生殖器官の血管分布. 日獣誌, **26**, 211-221.
- [33] Ohta, Y., and Tajiri, S. (1954). Cubical anatomy of several ducts and vessels by injection method of acrylic resin. 1. On the arterial system of the kidney in some mammals. *Okajimas Folia anat. jap.*, **26**, 131-145.
- [34] 岡村周諦 (1956). ニワトリ (家鶏), 動物実験解剖の指針. 風間書房, 東京, 776-785.
- [35] Okano, H., Ohta, Y., Fujimoto, T., and Ohtani, Y. (1959). Cubical anatomy of several ducts and vessels by injection method of acrylic resin. VI. On the vascular system of the kidney in *Macacus cynomolgus*. *Okajimas Folia anat. jap.*, **34**, 183-192.
- [36] Paik, Y. K. (1963). Anatomical studies on the arterial system in the duck. I. Branches of the aorta. 全北大学校論文集, **5**, 345-356.
- [37] Siller, W. G., and Hindle, R. M. (1969). The arterial blood supply to the kidney of the fowl. *J. Anat. (Lond.)*, **104**, 117-135.
- [38] Spanner, R. (1925). Der Pfortaderkreislauf in der Vogelniere. *Gegenbaurs Morph. Jb.*, **54**, 560-632.
- [39] Sperber, I. (1948). Investigations on the circulatory system of the avian kidney. *Zool. Bidrag. Uppsala*, **27**, 429-448.
- [40] Stresemann, E. (1934). Sauropsida: Aves. In *Handbuch der Zoologie*, 7. Bd., Kükenthal, W., und Krumbach, T., die Herausgeber, Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig, 207 und 213-214.
- [41] Sturkie, P. D. (1965). In *Avian Physiology*, Cornell Univ. Press, New York, 372-405.
- [42] Watson, M. (1883). Report on the anatomy of the Sphenisciae collected during the voyage of H.M.S. Challenger. Challenger Report. *Zoology*, **7**, 1-244.
- [43] Westpfahl, U. (1961). Das Arteriensystem des Haushuhnes (*Gallus domesticus*). *Wiss. Z. Humboldt-Univ., Math.-Nat., Berlin*, **5**, 93-124.

Explanation of Figures

- Fig. 1. Variation of arteries supplying kidney and testis.
- Fig. 2. Photograph on the left side shows a resin cast preparation of blood vessels in male kidney. Schematic drawing on the right side. $\times 1.4$.
- Fig. 3. Photograph on the left side shows a resin cast preparation of blood vessels in female kidney. Schematic drawing on the right side. $\times 1.4$.
- Fig. 4. Resin cast of A. renalis cranialis in Divisio renalis cranialis of male kidney. $\times 3.6$.
- Fig. 5. Resin cast of blood vessels of a Japanese-fan-shaped lobule. $\times 30$.
- Fig. 6. Resin cast showing the ramification (arrow) of A. renalis cranialis entering the cranial part of Divisio renalis cranialis. $\times 6.3$.
- Fig. 7. Resin cast of a fig-shaped lobule. $\times 40$.
- Fig. 8. Resin cast of A. intralobularis, Glomerulus, and Vas efferens. $\times 25$.
- Fig. 9. Resin cast of A. intralobularis and Glomeruli in Zona externa of Lobulus corticalis. A Vas afferens arises from A. intralobularis showing a certain interval and reciprocal arrangement and facing Ductuli colligentes corticales. $\times 110$.
- Fig. 10. A long Vas afferens leading to Glomerulus with a Ludwig's vessel (Lv) and Vas afferens supplying many glomeruli (arrow) in Zona interna of Lobulus corticalis. $\times 130$.
- Fig. 11. Glomerular capillary in Zona interna of Lobulus corticalis. Ramifications of glomerular capillary (gc) of large glomerulus are indicated.
- Fig. 12. Resin cast of A. intralobularis. Glomeruli arising from the ramifying part of A. intralobularis are larger than those from the straight course. $\times 120$.
- Fig. 13. Resin cast of apex of A. intralobularis in Zona externa of Lobulus corticalis. The apex terminates in blind. $\times 700$.
- Fig. 14. Resin cast of A. intralobularis, glomerular capillary, and extraglomerular arterial circulation of type II (arrow). $\times 150$.
- Fig. 15. Resin cast of Vas efferens divided into 7 branches (arrows). $\times 370$.
- Fig. 16. Glomerular bypass between two glomeruli in Zona interna of Lobulus corticalis. $\times 110$.
- Fig. 17. Dual injected cast of resin and neoprene latex.
Red: Resin cast of A. intralobularis, Vas afferens, Glomeruli and Vas efferens.
White: Neoprene cast of Ductuli colligentes corticales and junctional tubules. $\times 340$.
- Fig. 18. Schematic drawing of Fig. 17.
- Fig. 19. Schematic drawing of relationship between vascular and ureteral systems in Divisio renalis caudalis.
- Fig. 20. Schematic drawing of a Japanese-fan-shaped lobule.
- Fig. 21. Schematic drawing of a fig-shaped lobule.
- Fig. 22. Schematic drawing of relationship between blood vessels and nephron.

Abbreviations

Aal:	A. intralobaris	Drm:	Divisio renalis media
Ai:	A. ischiadica	Dt:	distal tubule
Aial:	A. intralobularis	El:	Eminentia lateralis
Aie:	A. iliaca externa	G:	Glomerulus
Aii:	A. iliaca interna	gc:	glomerular capillary
Ao:	A. ovarica	It:	intermediate tubule
Aoa:	A. oviductus cranialis	jt:	junctional tubule
Aoab:	Aorta abdominalis	Lc:	Lobulus corticalis
Aoc:	A. oviductus caudalis	ldg:	large double capillary glomerulus
Aom:	A. oviductus media	Lm:	Lobulus medullaris
Ar:	A. renalis	Lv:	Ludwig's vessel
Ara:	A. renalis cranialis	ov:	ovary
Arc:	A. renalis caudalis	Pt:	proximal tubule
Arl:	A. interlobaris	Rut:	Rami ureterici tertii
Arm:	A. renalis media	sg:	single capillary glomerulus
As:	A. suprarenalis	Va:	Vas afferens
At:	A. testicularis	Val:	V. intralobaris
Ata:	A. testicularis accessoria	Vc:	V. centralis
Au:	A. ureterica	Ve:	Vas efferens
Auda:	Aa. uretero-deferentiales craniales	Vica:	V. intercalata
c:	capillary	Virl:	V. interlobularis
Dcc:	Ductuli colligentes corticales	Vra:	V. renalis afferens
Dcm:	Ductuli colligentes medullares	Vre:	V. renalis efferens
dg:	double capillary glomerulus	Vrl:	V. interlobaris
Dra:	Divisio renalis cranialis	Ze:	Zona externa
Drc:	Divisio renalis caudalis	Zi:	Zona interna

Erratum

Running head of pp. 41, 43 and 45: Change to
 "MORPHOLOGICAL STUDY OF THE KIDNEY IN THE FOWL. I"

①

②

18

19

20

21