Morphological Study on Nephronum and Ureteral System in the Fowl

Shozo KURIHARA

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

Mikio YASUDA

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

(Received for publication October 24, 1977)

Abstract. The nephron and ureteral system in the fowl were investigated by the anatomical and histological observation. The nephron was classified into Nephronum corticale and medullare according to their location in the lobule. The collecting duct system carrying urine from nephron to ureter was also divided into the cortical and medullary parts, i.e., Ductulus colligens perilobularis and Ductulus colligens medullaris. Ductulus colligens perilobularis was classified in five types according to the branching modes of the Tubulus colligens. The Ductulus colligens medullaris gathering many Ductulus colligens perilobularis becomes the ureteral branch and drains into the ureter. In the cross section of the Lobulus medullaris, the histological feature of the Ductulus colligens medullaris was rosette or clump in outline. These features are shown in Table 3. The ureteral branches ramifying from the proximity of the ureter to the terminal were named the Rami ureterici primarii, secundarii, and tertiarrii, in regular order. The average numbers of the Rami ureterici primarii in the Divisio renalis cranialis, media and caudalis were 9.93, 5.14 and 1.43, respectively, and total average number was 16.50. The branching interval of the Rami ureterici primarii in the Divisio renalis media was wider than that in the Divisio renalis cranialis, and in the Divisio renalis caudalis it was variable.

鶏における腎単位及び尿管系の形態学的研究

栗原 昭三

(愛媛大学農学部畜産学研究室)

保田 幹男

(名古屋大学農学部生体機構学教室)

Lindgren [9] は、鶏と鳩において尿細管の走行とそれが尿管に移行するまでの経路並びに 1 個の髓質小葉が、多くの皮質小葉と連なって腎錐体を形成することを鳥類で初めて記述した。Feldotto [3] は、鶏において皮質尿細管と髓質尿細管を区分し、1 次尿管枝につ

いて記述した。Huber [5] は、鶏の腎単位を観察し、他の脊椎動物のそれとの比較を試みた。Liu [10] は、鶏と鳩及び家鴨で 1 次尿管枝の数値を明らかにし、2 次尿管枝の名称を初めて用いた。Poulson [12] は、陸生の鳥類において尿からの水分再吸収と Henle's loop

の数と長さとの関係を記述し, Johnson and Mugas [6, 7] は, 髓質小葉の構成について記載した.

本論文において, これまでに記載されていない3次尿管枝, 集合管の分枝形態, 腎単位の各部位の形態及び尿管系の組織学的構造を明らかにした.

材料及び方法

材料として, 名古屋大学農学部生体機構学教室の「家鶏・野鶏の系統保存」及びその他の成鶏を用いた. それらは, 白色レグホーン種34, 褐色レグホーン種1, 横斑プリマスロック種2, 名古屋種9, ロードアイランドレッド種11, 台湾地鶏7, トカラ地鶏2及びプロイラー用品種7の計73羽である.

注入剤として, ネオプレナテックス 601A, ネオプレナテックス 601A とリュウバリゾールA (丸石製薬) との当量混液並びにアクリル樹脂を用いた. リュウバリゾールAの混液注入材料については, ソフテックス (日本ソフテックスKK, EM型) によりX線写真の撮影を行った. ネオプレナテックス及びアクリル樹脂注入材料は, 濃塩酸に浸漬処理し鑄型標本を作成し, 肉眼及び双眼実体顕微鏡により観察した. 尿細管をとり出すためには, ほぼ Huber [4] の哺乳類に対する原法を鶏に適用し, 次の順によった. (1) 比重1.124の塩酸液を腹大動脈より注入し, 糸球体を経て尿細管内に進入させる. (2) 10ないし15分間静置した後, 腎臓をシャーレーに取り出し, 同濃度の塩酸液に1晩浸漬して結合組織をこわす. (3) 塩酸液を蒸留水で置き換え, 0.5%のアンモニア溶液を数滴加え, 実体顕微鏡下で針により静かに束状の腎単位をにり出し, 尿細管の各部を分離する. (4) スライドガラス上にのせてグリセリンで封入する. 組織標本は, 10%ホルマリン液で固定し, パラフィン包埋, 10 μ 横断, 又は矢状断連続切片とし, H-E染色, 過沃素酸シッフ染色 (PAS), PAS染色とヘマトキシリン染色の二重染色, トリクローム染色及び鉄ヘマトキシリン染色により作製した.

成 績

解剖学的観察

I. 尿管系

1. 尿管 Ureter

尿洞 Urodeum の背側部に開口する尿管口 Ostium ureteris から, 前腎区実質内において最頭側端で尿管

枝 Rami ureterici を分枝するまでの管を尿管と定義した. この内, 尿管口から後腎区の最尾側端で尿管枝を分枝するまでを骨盤部 Pars pelvina, その部位から頭側にあつて前腎区頭側端で尿管枝を分枝する点までを腎部 Pars renalis とした. 腎部は後腎区, 中腎区においては, 腎臓の腹側を, 前腎区では, 腎臓の実質内をやや腹側よりに貫き, その間でほぼ一定数の尿管枝を分枝する. これは, 更に1ないし3回分枝する. これらを遠位に向かって1次, 2次及び3次尿管枝とし, それより遠位のことを集合管と名付けた.

(1) 1次尿管枝 Rami ureterici primarii

尿管より最初に出された分枝を1次尿管枝とする. 各腎区でその太さ, 長さ, 分枝方向, 枝数, 各枝の間隔を異にする (Figs. 2, 5-8, Rup). 後腎区においては, 背側に向う1本の大きい1次尿管枝が全領域に分布する例と, その他に小さい1本の1次尿管枝を伴う例が見られた. この小さい1次尿管枝の分布は, 後腎区尾側端の狭い領域に限られる. 中腎区においては, 後腎区におけるものと同様に尿管が腎臓の腹側表面を走るため, 背側に向かう長いものと, 斜め側方に向かう短い走行のもの2種類が見られる (Fig. 6, Rup). 前腎区においては, 尿管が腎臓の実質内を貫くため, 分枝はすべての方向に出され, これらは短くその分布領域も狭い.

各腎区において出現する分枝数を, 14例で算定した結果, 後腎区で1ないし2本, 平均1.43本, 中腎区で4ないし7本, 平均5.14本, 前腎区で6ないし12本, 平均9.93本であり, その総平均値は16.50であった (Table 1).

各分枝の相互の間隔を14例で算定した結果, 後腎区で2本の1次尿管枝をもつものが, 14例中6例で, その間隔は, 1.10ないし5.90 mm, 平均3.20 mmである. 中腎区で2.83ないし5.35 mm, 平均4.23 mm, 前腎区で1.07ないし2.51 mm, 平均1.68 mmである (Table 2).

(2) 2次尿管枝 Rami ureterici secundarii

1次尿管枝から更に分枝するものを2次尿管枝とする. その数は, それが分枝する1次尿管枝の太さにより多少異なるが, 後腎区で2ないし5本, 中腎区で2ないし6本, 前腎区で2ないし5本である.

(3) 3次尿管枝 Rami ureterici tertiarrii

2次尿管枝から更に分枝するものを3次尿管枝とする. しかし常に3次尿管枝があるのではなく, 2次尿管枝から直ちに髓質集合管に移行する例もみられる.

Table 1. Number of Rami ureterici primarii in each division

Sample No.	Divisio renalis cranialis	Divisio renalis media	Divisio renalis caudalis	Total
1	8	7	2	17
2	8	5	1	14
3	10	5	1	16
4	6	5	1	12
5	11	4	2	17
6	11	5	1	17
7	8	5	1	14
8	11	6	2	19
9	10	5	2	17
10	9	5	2	16
11	12	4	2	18
12	12	6	1	19
13	11	5	1	17
14	12	5	1	18
Mean	9.93	5.14	1.43	16.50

Table 2. Length of Pars renalis in Ureter and interval of Rami ureterici primarii in each division

Sample No.	Length	Interval (mm)		
		Divisio renalis cranialis	Divisio renalis media	Divisio renalis caudalis
1	55.20	1.50	3.10	4.60
2	47.60	1.07	4.75	—
3	61.30	1.87	5.35	—
4	48.80	2.14	3.48	—
5	52.40	1.74	4.40	1.10
6	51.80	1.25	4.35	—
7	52.10	1.89	5.28	—
8	63.10	1.55	3.96	5.90
9	58.00	2.51	2.83	3.60
10	50.50	1.66	4.13	1.60
11	55.80	1.29	4.10	2.40
12	53.40	1.64	3.60	—
13	50.30	1.42	4.95	—
14	57.50	1.95	4.95	—
Mean	54.13	1.68	4.23	3.20

通常、3次尿管枝は、更に1ないし4回分枝した後髄質集合管に移行する。

(4) 集合管 Ductulus colligens

(i) 髄質集合管 Ductulus colligens medullaris

2次又は3次尿管枝、稀に小さい1次尿管枝の遠位から髄質集合管に移行し、それらは集まって集合管束を形成する (Fig. 8, 矢印, Fig. 9). 髄質集合管の周囲にネフロンループの細い下行部と太い上行部が集まり

髄質小葉を形成する (Figs. 18, 19).

1個の集合管束を形成する髄質集合管の数は、その髄質小葉に接続する皮質小葉の大きさと数により左右されるが、髄質小葉の基部で3ないし4本、皮質小葉の近くで10ないし16本である。

(ii) 皮質集合管 Ductulus colligens perilobularis

皮質小葉の基部で、髄質集合管から移行し、遠位で広がり、皮質小葉を形成する部分を皮質集合管とした (Figs. 8, 9, 10). この管は、小葉内動脈と平行し、その外側を弧状に走り、小葉遠位端で小葉の内側に向かって弯曲して終るが、腎単位に移行する場合もある。

1個の皮質小葉を形成する皮質集合管の数は、扇型小葉で30ないし40本、無花果型小葉で20ないし30本である。

2. 尿管から皮質集合管までの分枝数

1次尿管枝から皮質集合管までの分枝数は、1次尿管枝の大きさにより異なるが、後・中腎区のもので8ないし12回、前腎区のもので5ないし7回である (Fig. 1).

3. 皮質集合管の分類

皮質集合管は、更に1ないし2回分枝すること、及び皮質集合管から分枝する結合細管の分枝形態により5型に区分される。

I型. 皮質集合管が、2叉に分かれ、その枝から結合細管が出るものをI型とした。1例で集合管から出る結合細管の数は、1側で33本、他側で34本である (Fig. 3, I).

II型. 皮質集合管が2叉に分岐する部位より近位の皮質集合管からも結合細管が出されるものをII型とした。1例で、結合細管の数は、分岐前では11本、分岐後の1側で25本と、他側で26本である (Fig. 3, II).

III型. 2叉に分かれた中の1枝の遠位が更に1回分岐するのをIII型とした。1回目の分岐点より近位の皮質集合管からも結合細管が出される。1例で、1本の皮質集合管から出た結合細管の数は、図に示す如くそれぞれ7本、9本、7本、7本と15本である (Fig. 3, III).

IV型. 2叉に分岐した各枝の遠位が、更に1回分岐をくりかえしたものをIV型とした。それぞれの枝から出る結合細管の本数は、12本、5本、5本、16本、11本と12本である (Fig. 3, IV).

V型. IV型の1回目の分岐点より近位で皮質集合管からも結合細管が出るものをV型とした。1例で、それぞれの枝から出る結合細管の本数は、5本、12本、5本、5本、16本、11本と12本である (Fig. 3,

V).

これら各型の中、I, II型は、扇型小葉に、III, IV, V型は、無花果型小葉に多く現われる傾向が見られた。

II. 腎単位系

腎単位 Nephronum は、腎小体 Corpusculum renalis 及び尿細管 Tubulus uriniferus からなる。

腎単位は、2種類に区別される。皮質小葉の外帯に分布するものは、比較的単純な形態で、これを皮質腎単位 Nephronum corticale とし、皮質小葉の内帯と髄質小葉に分布し、複雑な形態を示すものを髄質腎単位 Nephronum medullare とする。前者は爬虫類型、後者は哺乳類型とよばれている。

1. 皮質腎単位 Nephronum corticale

近位尿細管は、皮質集合管側で2回、中心静脈側で1回、遠位曲細管が中心静脈側で1回U字型彎曲を示す (Fig. 4)。中間部は、細く短く、髄質腎単位にみられるネフロンループを作らず、この部に彎曲はみられない (Figs. 11, 14, Si)。中心静脈側では、近位曲細管の彎曲よりも遠位曲細管のものがより中心静脈の近くまで進んで彎曲する。また近位曲細管の彎曲の中、腎小体に近位側の彎曲は、皮質集合管の内側部にあるのに対し、遠位側の彎曲は、皮質集合管よりも外側部に出て皮質小葉の表面近くに達している。1個の腎単位は、これらの彎曲により、その走行中で互に密着し、束状となり、他の腎単位は介入しない (Fig. 13)。

2. 髄質腎単位 Nephronum medullare

近位曲細管は、皮質集合管側で2回、中心静脈側で1ないし2回、遠位曲細管は、中心静脈側で1回の彎曲を示すことは、皮質腎単位における形とはほぼ同一であるが、近位及び遠位曲細管の移行部には、発達したネフロンループを持つことが、皮質腎単位と異なる (Fig. 4)。

(1) 近位曲細管 Tubulus contortus proximalis

腎小体からの尿細管が、中間部に移行するまでを近位曲細管とする。この部は屈曲し、管径は、遠位曲細管より太い。King [8] は、この部分を更に「太い部分」Pars crassa, 「細い部分」Pars tenuis に区分しているが、これを確めることはできなかった。浸溶標本 (図11) によると、管径は近位が遠位より太くみえるが、他の例では必ずしも区別はつけ難い。管は全行程で蛇行するが、最初のU字型彎曲 (Fig. 12, 矢印) までの長さは短い。

(2) 中間部 Segmentum intermedium

皮質腎単位においては、近位曲細管が急に細い中間部に移行し、この部は極めて短い (Fig. 14, Si)。髄質腎単位においては、中間部は、哺乳類に見られるものとはほぼ同様のネフロンループ Ansa nephroni を作り、ループ下行部 Pars descendens ansae とループ上行部 Pars ascendens ansae の区別がみられる。

(3) 遠位曲細管 Tubulus contortus distalis

中間部より遠位が太くなり、遠位曲細管に移行する。腎小体と接する部分は、糸球体旁部複合体 (Complexus juxtaglomerularis) を作る (Fig. 16, Cj)。この部は近位曲細管より細い。

(4) 結合細管 Tubulus colligens

遠位曲細管から皮質集合管までの間を結合細管とする。組織学的に遠位曲細管とは明らかな差異を示すが、浸溶標本では肉眼的に区別することができない。

1本の皮質集合管に付着する結合細管の本数は、皮質集合管の型により差異があるが、観察した限りでは、5ないし37本である。付着の形態は、皮質腎単位では規則正しく、皮質集合管が中心静脈に相対する面のやや外側よりから互生的に出され (Figs. 9, 10, Dcp, Tc), 互生した枝列の間に小葉内動脈を挟む。皮質集合管に結合細管の付着している間隔の測定値は、50ないし120 μ , 平均76 μ である。髄質腎単位においては、この間隔は、皮質腎単位におけるよりも広く、また不規則となる。

組織学的観察

I. 腎単位系

1. 近位曲細管

腎小体から明らかな頸部を作らずに近位曲細管に移行する。円柱上皮細胞からなり、細胞質はトリクロム染色で赤紫色に、鉄ヘマトキシリン染色で藍色に染色される。核は円形でやや基底膜側に偏在する。細胞膜は明瞭で厚く、その内腔側に刷子縁を持ち、いずれもPAS染色に陽性である。管の内腔は他の管のものより狭い (Figs. 15, 16, Tcp)。

管径の測定結果は、23.4ないし70.2 μ である。この数値の幅及び浸溶標本による所見から、近位曲細管は、一見細い部分と太い部分から成るように見えるが、実際には、皮質腎単位と髄質腎単位により管径が著しく異なる。管を構成する細胞数は、5ないし19個である (Table 3)。

2. 中間部

皮質腎単位における中間部は、皮質小葉内にある (Fig. 17, Si)。切片標本では容易に見だし難い。立

Table 3. Microscopical features of cell in Tubulus uriniferus and Ductulus colligens

Segment of canal	Appearance of sections	Epithelial cell types	Cell number	Cell diameter (μ)	Cell membrane	Cytoplasm*	Nucleus
Tubulus contortus proximalis		cuboidal (high)	5-19	23.4-70.2	brush border	bluish red	spheroidal
Segmentum intermedium		cuboidal (low)	3-6	12.0-21.0	flat	reddish blue	spheroidal, elliptic
Ansa nephroni Pars descendens ansae		cuboidal (low)	4-10	12.0-25.0	flat indistinct	light blue	spheroidal, elliptic
Pars ascendens ansae		cuboidal (medium)	5-15	20.0-38.0	flat indistinct	light blue	spheroidal, elliptic
Tubulus contortus distalis		cuboidal (high)	6-19	25.0-54.6	flat	pale blue	spheroidal
Tubulus colligens		columnar (low)	9-15	20.0-37.5	flat or convex	pale blue	spheroidal
Ductulus colligens perilobularis		columnar (high)	15-24	25.0-50.0	convex clear	pale blue	spheroidal
Ductulus colligens medullaris		columnar (high)	19-33	50.0-100.0	convex clear	light blue	spheroidal

Remarks. *: Trichrome stain.

方上皮細胞からなり、核は円形又は楕円形で、細胞体の大きさに比して大きい。細胞膜は不明瞭で、基底膜と共にその内腔側はわずかに PAS 染色に陽性反応を示す (Fig. 17, Si)。43個の管径の測定値は、12.0 ないし 21.0 μ 、管を構成する細胞数は、3 ないし 6 個である (Table 3)。

3. ネフロンループ

ネフロンループは、髄質小葉内で髄質集合管と平行して走りこれに介在する。切片標本では同一視野に髄質集合管と共に現われ (Figs. 18, 19)。ループ下行部は低い立方上皮細胞からなり、細胞質は弱染色性で、

細胞膜が不明瞭である。核は球形、又は楕円形で比較的大きい (Fig. 19, Pd)。42個の管径の測定値は、12.0 ないし 25.0 μ 、構成細胞数は 4 ないし 10 個である (Table 3)。ループ上行部は立方上皮細胞で、その高さは、ループ下行部のものより高く、細胞質も多い (Figs. 19, 20, Pa)。40個の管径の測定値は 20.0 ないし 38.0 μ 、構成細胞数は 5 ないし 15 個である (Table 3)。

4. 遠位曲細管

立方上皮細胞で近位曲細管と比較して背が低く、細胞質は明るく、刷子縁を持たない。核は円形で、近位曲細管のものよりやや濃染する。41個の管径の測定値

は25.0ないし 54.6 μ ，構成細胞数は6ないし19個である。

5. 結合細管

円柱上皮細胞からなり遠位曲細管のものよりも背が高く，遠位曲細管のものより皮質集合管のものに近似する。細胞質は内腔側でPAS染色に弱陽性を示し，核は，円形で基底膜の近くに位置する (Fig. 16, Tc)。43個の管径の測定値は20.0ないし37.5 μ ，構成細胞数は，32個の測定値で9ないし15個，近位曲細管に比して管径が小さい (Table 3)。

II. 尿管系

1. 皮質集合管

高い円柱上皮細胞からなり，細胞質は淡明に染色され，核は球形で基底膜よりに位置する。細胞膜は明瞭で，基底膜は発達し，内腔側の細胞質と共にPAS染色に陽性である (Fig. 15, Dcp)。管径の測定値は25ないし50 μ である (Table 3)。

2. 髓質集合管

髓質小葉の切片標本によれば，無花果型小葉の髓質集合管はロゼット状配列を示し，扇型小葉では不規則に配列するが，2列性がほぼ保たれている (Fig. 18)。これらの髓質集合管のロゼットの内部及び外部は，ループ下行部及びループ上行部の断面が混在して現われ，これらの全体を結合組織がとり囲む (Fig. 18, 矢印)。円柱上皮細胞は，皮質集合管のそれより背が高く，細胞膜は明瞭で，核は円形で基底膜よりに位置する (Figs. 18, 19, 20, Dcm)。内腔側の細胞質は，PAS染色に陽性である。髓質集合管の管径は，皮質集合管のそれより大で，50ないし100 μ である (Table 3)。

3. 3次尿管枝

単層又は重層円柱上皮細胞からなり，粘膜面にごく低いひだを形成するか，又は形成しないことにより2次尿管枝と区別される。固有層と外膜を持つ。この先端が分岐して髓質集合管に移行する。組織学的には，髓質集合管が単層円柱上皮細胞からなること，及び固有層を持たないことと比較して明らかに区別される (Figs. 21, 22, Rut)。

4. 2次尿管枝

2ないし3層の重層円柱上皮細胞から成り (Fig. 24, E)，丸味のあるひだを形成する (Figs. 23, 24, E)，固有層は厚く (Figs. 23, 24, Tp)，筋層は，1次尿管枝の近くで認められるが，3次尿管枝の近くでは認められない。

5. 1次尿管枝

この部で見られるひだは，尿管のひだと比較して小さく，背も低いが，その数は多く，先端はやや丸味を帯びる (Fig. 25, E)。固有層は，2次尿管枝のものより薄い。筋層は不明瞭であるが内側縦走筋と外側輪走筋に区分される (Fig. 25, Tm)。

6. 尿管

尿管は，骨盤部及び腎部ともに管腔に粘膜上皮細胞をもつ突出した数個のひだをもつ (Fig. 26, E)。固有層は，ひだの内部に入り込み，時には，ここにリンパ様細胞の集団を認める。筋層はよく発達し，内側縦走筋と外側輪走筋に区別される (Fig. 26, Tm)。その外側に外膜がある (Fig. 26, Ts)。

考 察

鳥類においし近位曲細管に頸部が存在するか否かについて，Huber [5] は，鶏において頸部の存在を認め，Feldotto [3] も鶏で頸状狭窄があるとし，Marshall [11] は，爬虫類以下の脊椎動物で頸部が認められるとしているが，鳥類においては，頸部の存在を記述していない。Sperber [15] は，鳥類において頸部がしばしば存在するとした。本観察では，頸部を認めることができなかった。

近位曲細管の名称については，Huber [5]は，Proximal convoluted segment とし，King [8] は，Tubulus contortus proximalis の学名を用いた。哺乳類においては曲尿細管 Tubulus renalis contortus と直尿細管 Tubulus renalis rectus の区別をしているが，鳥類においては直と曲の区別は困難である。この学名は，King [8] に従った。

近位曲細管の太さについて，Feldotto [3] は，浸溶標本で62.9 μ とし，Siller [13] は，切片標本から35ないし45 μ の数値を得た。本結果の23.4ないし70.2 μ の数値は，切片標本から得たもので，上述の結果と比較してばらつきが大きい。Siller [13] は，近位曲細管の近位部は細く，遠位部は太いとし，King [8] は，これを引用し，両者にPars tenuis とPars amplaの学名を与えた。しかし浸溶標本 (図11) で見る限りでは，むしろ近位部は太く，遠位部は細く，また一方，近位も遠位もほぼ同一の管径である例も見られた。

中間部の名称をHuber [5]，Marshall [11] は，intermediate segment とし，Siller [13] は，cortical intermediate tubule とした。またHuber [5] は，この部分が哺乳類のネフロンループの「細い部分」に相当するとした。Sperber [15] は，典型的な皮質腎単位

でもこの部分は短く、時に欠くとした。本結果では、この部は、皮質腎単位においてのみ認められることを明らかにした。

髓質腎単位におけるネフロンループは、哺乳類のものに類似する。この部を Feldotto [3] は、der dünne Schleifenteil と der dicke Schleifenteil に区分し、Siller [13] も同様に thin segment of Henle's loop とし、Poulson [12] は、Henle's loop とした。King [8] は、Ansa nephroni, Pars descendens ansae, Pars ascendens ansae の学名を用いた。本結果は、King [8] の学名に従った。

鶏においては、髓質小葉の切片標本でこれらの両部分の断面は、ロゼット状又は不規則に配列した髓質集合管の断面の間に介在する。ループ下行部及びループ上行部の分布は、鶏のものでは不規則で、Poulson [12] の観察した *Carpodacus mexicanus* に見られる様な規則的配列は、認められなかった。またループ下行部は、ループ上行部より短い。この点は、Sperber [15] が「太い部分」により係蹄が作られるとし、Johnson and Mugaas [7] がこれを支持したこととも一致する。

遠位曲細管の名称については、Feldotto [3] は、Schaltstück を用い、他の研究者は、distal convoluted segment or tubule とした。本結果では、King [8] に従い Tubulus contortus distalis を用いた。

遠位曲細管の中に結合細管を含めるか否かについて2説がある。最も初期に Lindgren [9] は、das schleifenförmige Kanälchen を用いたが、その後 Huber [5], Ericson and Trump [2] は、connecting or junctional tubule を用い、Feldotto [3] も同様に das Verbindungsstück を用いた。Marshall [11] は、initial collecting tubule を、Siller [13] は、collecting tubule を用い、この部位が次の集合管の初めであるという印象を与えた。組織学的にこの結合細管は、背の高い円柱上皮細胞で、内腔側の細胞質が PAS 染色に弱陽性であることから、ここは皮質集合管に類似の構造であると考えられる。Siller [13] は、tubule を腎単位に、duct を集合管に用いていること、及び King [8] の学名に従い、腎小体から結合細管までを腎単位とし、この部に尿細管の用語を当て、皮質集合管から尿管口までを尿管系とした。

集合管の名称については、Feldotto [3] が、Rindensammelrohr を、Siller and Hindle [14] が peribular collecting duct と medullary tract を用いたことから、皮質集合管と髓質集合管の名称を用いた。

皮質集合管の分岐形態とこれに付着する結合細管の形態を組合わせて5型に分類したが、これらの分岐形態は、Huber [5], Sperber [15] の簡単な記述を一層詳細にしたものである。

1 個の皮質小葉内の皮質集合管の本数は、Lindgren [9] によれば30本とされ、Johnson and Mugaas [7] は、18種の鳥類における髓質小葉内の集合管の数を20ないし30本とした。本結果では、1 個の皮質小葉を構成する集合管の本数は、扇型小葉で30ないし40本、無花果型小葉で20ないし30本であった。髓質集合管の数は、10ないし16本であり、Johnson and Mugaas [7] の結果に比して少ない。

Liu [10] は、家鴨において集合管の円柱上皮細胞の一部に粘液分泌細胞を認めた。本結果では、特に粘液細胞は認められなかったが、内腔側の細胞質は PAS 染色に陽性で、そこに多糖類の存在を推定した。

Feldotto [3] は、尿管から出された初めの枝を primärer Ureterzweig と名付け、これが短い走行の後更に分岐するが、これを Sammelrohrbüschel と名付けた。Johnson and Mugaas [6, 7] 及び Poulson [12] は、これを ureteral branch とし、Liu [10] は、更に primary ureteric tributary, secondary ureteric tributary とし、King [8] は、Rami ureterici primarii, Rami ureterici secundarii とした。本論文では、King [8] の学名に従う他、3 次尿管枝 Rami ureterici tertiarii を加えた。3 次尿管枝は、髓質集合管と比較して管径は太く、組織学的差異により区別した。Feldotto [3] の Sammelrohrbüschel は、Liu [10] と King [8] の記述した2次尿管枝に相当し、本結果の集合管に一致しない。

Johnson and Mugaas [7] は、尿管枝の長さが腎臓の大きさに関係し、また小さい腎臓を持つ鳥類では、尿管枝の配列が単純で尿管枝も短いとした。Liu [10] は、1 次尿管枝は、2 次尿管枝の尿を導く管と考えた。

1 次尿管枝の全長は、後腎区の太い方の1次尿管枝が最も長く、中腎区、前腎区のは分布領に応じて短くなる。

1 次尿管枝の分岐方向は、前腎区では、すべての方向に出され、中腎区と後腎区で主に背側に向かう。この結果より、Bradley [1] の模式図の示す様に各腎区で1次尿管枝がすべての方向に出されたかのような記載は、正確とはいえない。

Liu [10] は、鳥類で尿管から1次尿管枝が分岐される本数を算定し、鶏については、前腎区8本、中腎区

2本, 後腎区3本とした。本結果では, 平均値で前腎区9.93本, 中腎区5.14本, 後腎区1.43本であり後腎区で3本を持つ例は観察されなかった。標準的な分岐型を図示した (Fig. 1)。1次尿管枝の分枝間隔については, 文献上記述が見られない。

2次尿管枝について, Liu [10] は, 詳細に記述していない。3次尿管枝は, Feldotto [3] の Sammelrohr の遠位部に相当する。3次尿管枝は, 髓質集合管より太く, 管壁は厚く, 単層又は重層の円柱上皮及び固有層を持ち, 低いひだを認めることもある。一方, 髓質集合管の上皮は, 単層でひだを作らない。これらの組織学的所見から3次尿管枝は, 尿管の遠位部であるが集合管と明らかに区別できる。

Liu [10] が述べたように, 鶏の腎臓には腎盂がなく, 尿細管から集合管, 3次, 2次, 1次尿管枝を経て尿管に移行する。Bradley [1] は, calix-like structure を介して尿管に開口するとしているのは, 誤である。

Liu [10] によると, 鶏の2次尿管枝は, 固有層に囲まれ, 尿管は, 内側縦走筋と外側輪走筋により囲まれるとし, 尿洞の近くでその外側に更に縦走筋が現われるとした。本結果では, 粘膜上皮の明瞭なひだの形成は2次尿管枝から初まり, その高さと数は, 尿洞に近づくにつれて増加する。筋層については, Liu [10] の記述にはほぼ一致するが, 尿洞の近くにおいても最外側の縦走筋層は認められなかった。

結 論

鶏における尿の排泄導管を腎単位系のものと尿管系のものに区分した。腎単位系のは, 更に皮質腎単位と髓質腎単位に区分され, 近位曲細管, 中間部, ネフロンループの下行部・上行部, 遠位曲細管及び結合細管からなる。尿管系は, 尿管の腎部と骨盤部に区分される。腎部は, 皮質集合管, 髓質集合管, 3次尿管枝, 2次尿管枝, 1次尿管枝からなり, 骨盤部に移行する。

腎単位系及び尿管系を組織標本並びに注入標本により, 形態学的に明らかにした。

文 献

- [1] Bradley, O. C. (1960). In *The Structure of the Fowl*, revised by Grahame, T., Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh and London, 56-58.
- [2] Ericson, J. E., and Trump, B. F. (1969). Electron microscopy of the uriniferous tubules. In *The Kidney*, Rouiller, C., and Muller, A. F., editors, Academic Press, New York and London, 351-447.
- [3] Feldotto, A. (1929). Die Harnkanälchen des Huhnes. *Z. mikr. anat. Forsch.*, **17**, 353-370.
- [4] Huber, G. C. (1911). A method for isolating the renal tubules of mammalia. *Anat. Rec.*, **5**, 187-194.
- [5] Huber, G. C. (1917). On the morphology of the renal tubules of vertebrates. *Anat. Rec.*, **13**, 305-339.
- [6] Johnson, O. W., and Mugaas, J. N. (1970). Quantitative and organizational features of the avian renal medulla. *Condor*, **72**, 288-292.
- [7] Johnson, O. W., and Mugaas, J. N. (1970). Some histological features of avian kidneys. *Amer. J. Anat.*, **127**, 423-436.
- [8] King, A. S. (1976). Tentative Final Lists of Terms, Organa uropoetica. International Committee on Avian Anatomical Nomenclature.
- [9] Lindgren, H. (1868). Ueber den Bau der Vogelnieren. *Z. rationelle Med.*, **33**, 15-35.
- [10] Liu, H. C. (1962). The comparative structure of the ureter. *Amer. J. Anat.*, **111**, 1-16.
- [11] Marshall, E. K., Jr. (1934). The comparative physiology of the kidney in relation to theories of renal secretion. *Physiol. Rev.*, **14**, 133-159.
- [12] Poulson, T. L. (1965). Countercurrent multipliers in the avian kidneys. *Science*, **148**, 389-391.
- [13] Siller, W. G. (1971). Structure of the kidney. In *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*, Bell, D. J., and Freeman, B. M., editors, Academic Press, London and New York, 197-231.
- [14] Siller, W. G., and Hindle, R. M. (1969). The arterial blood supply to the kidney of the fowl. *J. Anat.*, **104**, 117-135.
- [15] Sperber, I. (1960). Excretion. In *Biology and Comparative Physiology of Birds*, Marshall, A. J., editor, Academic Press, New York, 469-492.

Explanation of Figures

- Fig. 1. Semidiagrammatic scheme showing the courses of Ureter and Rami ureterici in each division. From Rami ureterici primarii to distal end of Ductulus colligens, the branches give the dendritic course. The numbers shown in the figure indicate the order of the dendritic branches.
- Fig. 2. Radiograph of the Ureter with ramification of Rami ureterici primarii and secundarii. Photograph with Softex film. $\times 2.5$.
- Fig. 3. Types of the ramification of Ductulus colligens perilobularis in Lobulus corticalis. Five types are given.
- Fig. 4. Diagrammatic scheme showing the courses of the Tubulus uriniferus, Ductulus colligens, Rami ureterici and Ureter. Tubulus uriniferus in Zona externa and interna of Lobulus corticalis is Nephronum corticale and medullare, respectively. The course of Nephronum corticale shorter than that of Nephronum medullare.
- Fig. 5. Neoplen latex cast of Rami ureterici primarii and of Divisio renalis caudalis. There are large and small Rami ureterici primarii. $\times 10$.
- Fig. 6. Neoplen latex cast of Rami ureterici primarii and of Divisio renalis media. Showing Rami ureterici spreading over to dorsal direction. $\times 10$.
- Fig. 7. Neoplen latex cast of Rami ureterici primarii and secundarii of Divisio renalis cranialis. Showing Rami ureterici spreading over to all directions. $\times 10$.
- Fig. 8. Neoplen latex cast showing the ramification from Rami ureterici primarii to Ductulus colligens perilobularis. $\times 10$.
- Fig. 9. Appearances of three Ductulus colligens perilobularis with Tubulus colligens. $\times 40$.
- Fig. 10. Appearances of the transition between Ductulus colligens perilobularis and Tubulus colligens. $\times 100$.
- Fig. 11. Nephronum corticale teased from Zona externa of Lobulus corticalis. All length was indicated. $\times Ca. 50$.
- Fig. 12. Appearances of Glomerulus and Tubulus contortus proximalis. Each is not jointed by a narrow neck. An arrow indicates the first ansa. $\times Ca. 100$.
- Fig. 13. Appearances of the course of Tubulus contortus proximalis and distalis of Nephronum corticale in Zona externa of Lobulus corticalis. Nephronum forms a bundle by ansa at periphery and axis. $\times Ca. 100$.
- Fig. 14. Appearances of Segmentum intermedium between Tubulus contortus proximalis and distalis. Diameter of Segmentum intermedium is smaller than that of Tubulus contortus distalis, and its length is short. $\times Ca. 400$.
- Fig. 15. Appearances of the horizontal section of Ductulus colligens perilobularis. The nucleus is basally situated and lumen is wide. Trichrome stain. $\times 400$.
- Fig. 16. Showing Glomerulus, Complexus juxtaglomerularis, and Tubulus uriniferus. Complexus juxtaglomerularis is closely contact with Glomerulus. Brush border of Tubulus contortus proximalis, and cytoplasm of the luminal side in Tubulus colligens are PAS positive. PAS. $\times 1,300$.
- Fig. 17. Cross section of Segmentum intermedium. Diameter of Segmentum intermedium is small, and nucleus is four to five in the number. PAS. $\times 3,400$.
- Fig. 18. Cross section of Lobulus medullaris. It is defined by membrane connective tissue ($\uparrow$). Ductulus colligens medullaris showing rosette-like or clump aggregation. HE. $\times 50$.
- Fig. 19. Showing the appearances of Ductulus colligens medullaris, Pars descendens ansae and Pars ascendens ansae. Pars descendens ansae and Pars ascendens ansae were scattered throughout Lobulus medullaris. HE. $\times 200$.
- Fig. 20. Longitudinal section of Ductulus colligens medullaris. Nucleus is observed nearby the basement membrane. HE. $\times 400$.
- Fig. 21. Showing the appearances of the cross section of Rami ureterici secundarii and the transition from Rami ureterici tertiarum to Ductulus colligens medullaris. Three large Ductulus colligens medullaris enter the apex of Rami ureterici tertiarum. HE. $\times 40$.
- Fig. 22. Cross section of Rami ureterici tertiarum. Epithelial cell is high columnar epithelium of one to two layers. There is Tunica propria and Tunica serosa in outside. Trichrome stain. $\times 400$.
- Fig. 23. Sagittal section of Rami ureterici secundarii. The number of Ruga of epithelial cell is a few, its apex is round. Ruga is surrounded by Tunica propria. HE. $\times 20$.
- Fig. 24. Cross section of epithelial cell of Rami ureterici secundarii. Epithelial cell consists of

stratified columnar epitherium of two to three layers. HE. $\times 400$.

Fig. 25. Cross section of Rami ureterici primarii. The large number of Ruga of epithelial cell is observed, its apex is round. Tunica propria consists of thin layer. HE. $\times 100$.

Fig. 26. Cross section of Pars pelvina of Ureter. Tunica muscularis is well developed, the inner longitudinal and outer circular layers are observed. HE. $\times 100$.

Abbreviations

An : Ansa nephroni
 c : Capillary
 Cg : Capsula glomeruli
 Cj : Complexus juxtaglomerularis
 Dcm : Ductulus colligens medullaris
 Dcp : Ductulus colligens perilobularis
 Dra : Divisio renalis cranialis
 Drc : Divisio renalis caudalis
 Drm : Divisio renalis media
 E : Epithelium
 G : Glomerulus
 L : Lumen
 Lm : Lobulus medullaris
 Nc : Nephronum corticale
 Nm : Nephronum medullare

Pa : Pars ascendens ansae
 Pd : Pars descendens ansae
 R : Ruga
 Rup : Rami ureterici primarii
 Rus : Rami ureterici secundarii
 Rut : Rami ureterici tertiarum
 Si : Segmentum intermedium
 Tc : Tubulus colligens
 Tcd : Tubulus contortus distalis
 Tcp : Tubulus contortus proximalis
 Tm : Tunica muscularis
 Tp : Tunica propria
 Ts : Tunica serosa
 U : Ureter
 Vc : V. centralis