鶏の上部尿路及び總排泄腔に關する研究 (第2報) (尿の一般性狀, 尿管蠕動數及び腎機能に就て)

新潟大學醫學部皮膚泌尿器科教室 助手 井上彦八郎
(泌尿器科主任 楠隆光教授)

(本研究は文部省科學研究費の補助に依るものである)

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE URINARY TRACT AND THE CLOACA IN THE FOWL; (THE 2nd. REPORT) A PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STUDY.

by Hikohachiro Inoue.

From Department of Urology, School of Medicine, Niigata University.
(Director: Prof. T. Kusunoki)

Continued from the 1st report of histological study, I will describe in this paper, about physiological and biochemical findings, hydrodynamic mechanism of urine and ureter and bacteriological significance of cloaca.

Physiological and biochemical findings.

a. Characters of the fowl's urine.

The appearance of normal urine of the fowl taken from ureter is waterclear. The specific gravity of normal urine is 1015 to 1018. The pH of the urine is 5.6 to 5.8, showing considerable acidity.

b. Measurement shows that the volume of clear urine taken from the upper urinary tract is 2.07 cc per a minute, or 2,980.8 cc per 24 hours.

c. Peristalsis of the ureter is 4 to 5 times per a minute, and more frequent than that of other few higher mammals.

d. Renal function.

(1) Concentration and dilution test of urine.

Specific gravity of urine reaches 1024 to 1029, with an average of 1026 in concentration test, and it reaches 1010 to 1012, with an average of 1010.7 in dilution test. And it does not fall below 1010 even after the intake of a great amount of water.

(2) Excretory function-test of the dye in the fowl's kidney.

Excretion of indigocarmine and phenol red begins within two minutes.

(3) Clearance test.

Measurement of RPF, RBF, GFR and FF was performed by charging of sodium para-amino-hippurate and sodium thiosulfate and the results were as follows: RPF is 53.14, RBF 74.55, GFR 8.53 and FF 0.35.

From these results I can have following conclusions :

1. About structure of nephron.

The result of my physiological and biochemical examination teaches us that the absorption of fluid in the kidney of fowl is very little. And this result corresponds wholly to the histological observation that in fowl the development of Henle's loop is very bad.

2. Hydrodynamic mechanism of upper urinary tract.

The fact that volume of urine of fowl per a minute is plenty, indicates that the upper urinary tract is always being cleared by urinary stream, and that inner pressure of the ureter is relatively high and therefore the ascending bacterial infection is prevented.

3. Effect of pH of urine upon the bacteria in the cloaca.

From the fact that the urine of fowl shows considerable acidity, we may suppose that among the common type urinary infections in clinical case that in alkali-medium is not able to come out.

Summary.

The histological, physiological and biochemical study of mine upon the urinary tract and the cloaca of fowl has proved that the urinary tract of fowl has congenitally many defences against ascending bacterial infection from the cloaca. We are not able to create these defending conditions in human being by the ureteroenterostomy and the clinical ureteroenterostomy, however it may be improved, can not have the physiological conditions as these of the cloaca of fowl.

余は既に第1報として上部尿路及び總排泄腔の組織解剖的構造を研究し、之等動物が上部尿路感染を防ぐ構造上の特徴に就て強調した。余は引き続き同じく雞を用い、尿の一般性状、尿管の蠕動數及び腎機能等と生理化學的方面から研究を進め、この方面でも雞に於ける上部尿路感染を防ぐ要約を發見し得た。茲に第2報としてその實驗成績を述べると共に、之等を人體及び他の哺乳動物に於けるそれと比較し、その差異に就て検討して見た。

A. 實驗方法

- (1) 實驗材料：1.2~2.2 kg の雌雞を用いた。
- (2) 術式：全て全身麻酔の下に實驗を行つた。麻酔は10%ウレタンを10~12 cc/kgの割で腹部皮下に注射し、完全に効果を現した後(約45乃至60分後)雞を固定し、實驗を開始した。術式は大部分に於て總排泄腔の背側部皮膚(總排泄腔と尾部との間の皮膚)切開により腹膜外的に尿管下端部に達する方法を用いているが、實驗の目的に應じて

少數は腹部皮膚切開で、經腹膜的に尿管の中央部又は下端部に達する方法を用いた。液體注入は全て左右何れかの頸靜脈より行つた。採血は注入側とは反對の頸靜脈より行つた。採尿は糞路を遮斷した後總排泄腔から行う方法と、尿管下端を切斷しその斷端に硝子製カニューレを挿入、固定して直接尿管尿を採取する方法とを用いた。術式は大體以上の如くであるが、實驗の目的により多少異つた術式を採用したものもあり、これに就ては各項で述べる事にする。

B. 豫備實驗

雞の尿は人體及び他の哺乳動物と異なり、總排泄腔より排泄される時は液狀ではなく、糞便に混じた白色又は黄白色の泥狀物に變化している。d'Errico (1917), Mayrs (1923), Hester, Essex and Mann (1939), Hart (1941)によると、生理的狀態に於ける雞の尿は腎實質外に排泄された場合、初め清澄な液體であるにも拘わらず、腎盂及び尿管で極めて少量の、そして總排泄腔で殆んど

大部分の水分が再吸収される結果、總排泄腔に一定時間滯留されている間、尿は白色又は黄白色の泥狀物に變化すると述べている。

以上の如き尿の變化は、これからの余の實驗に關し影響する所が大であるので、氏等の述べる事實を追試及び補足するべく次の實驗を行い、爾後の余の實驗の規準とした。

(1) 總排泄腔に於ける尿中の水分再吸収に就て

(a) 経腹膜的に糞路を遮斷し、總排泄腔には尿のみを滯留させる様にした後、腔内をよく洗滌してから排泄される尿の性状を觀察すると、粘液を多量に混じた白色乃至黄白色の泥狀物に變化した尿が排泄された。約6時間に亘つて経過を見ていたが、大體同じ性状の尿が排泄されていた。

(b) 次いで總排泄腔内に尿を滯留させないで持続的に尿の流出をはかると、粘液を混じた清澄或は清澄に近い尿が採取出來た。而るにこの状態は時間を経るに従つて、持続的な採尿にも拘わらず次第に白色の濁濁が生じて來て、遂には總排泄腔に滯留させたと同様の性状となる。

要するに上部尿路を流れて來た尿は、總排泄腔に一定時間滯留すると白色の泥狀物に變化する。他方尿を腔内に滯留させない様にすると、最初液狀として排泄されるが、時を経るに従つてこれも又白色泥狀物に變化する。以上の事から(1)第1の實驗成績から總排泄腔に流れて來た尿は一定時間滯留している間に、同部で水分の再吸収が行われる結果尿は白色泥狀物になる。(2)第2の實驗成績から尿が總排泄腔より上部の尿路を流れて來る間に、その部でも水分の再吸収が行われているのではないかと考えられ、それで次の實驗を行った。

(2) 上部尿路に於ける尿中の水分再吸収に就て

(a) 尿が總排泄腔を通らない様にする爲に、直接尿管から採尿する方法を採つた。術直後の尿は水様透明の液體に僅かの粘液が混じている状態であつたが、15~20分後になると透明尿に白色乃至黄白色の沈澱物を混じ、軽度の濁濁を來す様になる。更に放置しておき30分後になると、尿全體が濁濁して來て、次第に泥狀物に變化した尿が排泄

される様になり、遂には濁濁が高度となり尿管を閉塞して尿管よりの尿排泄は全く見ない様になる(第1表)。この状態で剖検を行うと、尿管内腔は勿論腎盂も肉眼的に白色乃至黄白色の白墨狀物質で滿され、その爲に之等内腔は完全に閉塞されてしまつている。以上この事は上部尿路尿でも時間的な経過に伴つて、清澄尿から次第に濁濁尿に變化してゆく事が判り、即ち上部尿路で尿中の水分が再吸収される事を示している。かゝる上部尿路尿の時間的な外觀の變化に就ては特別に述べている論文はない様である。唯 d'Errico(1917)は鳥類の尿に關する物理化學的研究を發表して、その成績中に明らかに同様な時間的な推移が記録されている。氏も腎盂及び尿管に於ける尿中の水分再吸収が存在する事を認めている様である。

(b) 以上の實驗に引續き、次に濁濁が軽度の時に生理的食鹽水を経靜脈的に與え、液體の補給を行うと、濁濁尿は再び清澄尿に戻る。又術前より豫め同様に液體の補給を行いつゝ尿管尿を採取すると、決して尿に濁濁は生じて來ない。

(3) 尿の外觀から見た爾後の實驗に就ての検討及びその方針

豫備實驗の成績から検討すると次の如くである。即ち上部尿路に清澄な尿が流れている事は尿路が正常である事を示しており、それに反して濁濁尿が流れている事は體内の水分缺乏を來している事を示していて、かゝる状態は病的状態と云わざるを得ない。余の實驗は全て正常におかれた状態に就て行くを原則とする爲に、上部尿路を流れる尿を常に清澄に保たせて行く方針を採つた。従つて余は原則として液體の補給を行いつゝ實驗を施行した。但し液體の補給量は常に尿量と比較し注意深く加減した。

C. 本實驗

(I) 尿量(第1表)

既に述べた如く、總排泄腔で尿中の水分が再吸収される爲に、眞の尿量を知るには尿管より直接採取した尿量を測定する必要がある。又尿管より直接得た尿でもそれが濁濁尿であつては病的状態を意味しているので、従つて眞の尿量として計算

出来るのは清澄尿に就てである。測定方法は5分間に兩腎より排泄された量を正確に小数第1位迄測定、更にその1分間の平均値を求めた。

(1) 最初に排泄された尿量(清澄尿)に就て：術後より5分間に排泄された尿量は7.4~15.0 cc, 平均10.33 ccで、1分間の平均尿量は2.07 ccであつた。

(2) 清澄尿に軽度の濁濁が加わつて來た時の尿量(軽度濁濁尿)に就て：大體術後15分を境として白色の沈澱物が混じて來る。術後15分から20分迄の5分間に得た量は6.0~12.3cc, 平均8.66ccで、1分間の平均尿量は1.73ccであり、最初の5分間のそれよりも僅かに減量している。

(3) 濁濁が高度になつて來た時の尿量(高度濁濁尿)に就て：大體術後30分を境として均等性に高度の濁濁が生じて來る。術後30分から35分迄の5分間に得た量は2.8~5.2 cc, 平均3.7ccで、1分間の平均尿量は0.74ccであつて最初の5分間に比して約 $\frac{1}{3}$ の尿量になつて來ている。

雞の尿量に關し文献を見ると、これに關し特別に發表してある論文は見られなかつた。唯雞の尿に關する論文の中で尿量の記載のあるものに就て見ると、d'Erricoの論文で清澄を記載されてある尿量は5分間に13~21cc, 軽度濁濁尿で5分間に9~11 cc, 濁濁尿で5分間に5~7 ccとなつてゐる。Mayrsの論文中尿量の記載はある。但し尿の外観が明示されていないので比較にはならないと思うが、1分間尿量として0.14~1.7ccが記されている。

(II) 尿の比重(第1表)

尿の比重測定には一般に比重計を用いるのであるが、前述の如く尿量が極めて少ないのでこの測定法はこの場合應用し得ないので次の方法を用いた。即ちキシロールとクロロフォルムとの混和液を作製、その液の比重が1005の間隔で1000~1030になる様、互に量を加減して混和、7種類の標準比重液を調製した。それに尿を滴下しその水滴が中間位を保つた時の標準比重液の比重を以て尿比重とした。

成績：清澄尿では1015~1018, 平均1016であるが、濁濁が加わつて來るに従い比重は増し、軽度濁濁尿では1018~1021, 平均1019, 高度濁濁尿では1020~1029, 平均1024であつた。正常状態に於ける尿比重は1018を超える事は殆んどなく、それ以上になれば病的状態と見做してよい事となる。

(III) 尿の pH(第1表)

余は尿のpHを先ずリトマス試験紙を用いてその大體を知り、更に東洋濾紙製pH試験紙に依つてより詳しい處迄測定した。

成績：清澄尿、濁濁尿に就て測定した所、尿のpHはその外観及び量に左右される事なく、常に5.6~5.8であつて可成りの酸性尿であつた。

(IV) 尿管蠕動數に就て

余は尿管蠕動數の測定にあつて、最も簡單で確實と思われる生體實驗法を行い、次の3方法を施行した。

第1法：開腹し腸管を上内側に寄せてから後腹膜を開き、後腹膜腔を走る尿管の腎と總排泄腔の

第1表 尿の外観、量、比重、pH

No.	量	外 観 時 間	清 澄.....輕度濁濁.....高度濁濁								
			 5 分 後			 15 分 後			 30 分 後		
			尿量(0/〜5')	比重	pH	尿量(15/〜20')	比重	pH	尿量(30/〜35')	比重	pH
1	2.2	15.0	1015	5.6	11.5	1018	5.8	5.2	1020	5.8	
2	1.9	8.6	1015	5.6	8.1	1018	5.8	3.6	1029	5.6	
3	1.6	8.4	1017	5.8	7.6	1021	5.6	2.8	1028	5.6	
4	1.2	7.4	1018	5.6	6.0	1019	5.8	3.0	1022	5.8	
5	1.5	9.0	1015	5.8	6.5	1022	5.8	3.6	1022	5.8	
6	2.1	13.6	1018	5.8	12.3	1020	5.6	4.0	1025	5.8	
平 均		10.33			8.66			3.70			
cc/min.		2.07			1.73			0.74			

略と中央部を露出し、尿管が十分に見られる様にした後、Indigocarminの皮下注射を行い、青色に着色した尿柱が尿管内を走る数を数えた。

第2法：第1法と同様に尿管を露出し、その蠕動が尿管の収縮弛緩であると云う事から、それをKymographionを用いて煤煙紙上に直接描劃せしめ1分間数を計算した。

第3法：採尿の時と同様に尿管下端を露出切断し、Indigocarminの皮下注射を行い、その断端より青色尿が排泄される回数を数えた。

殆んど全ての例に於て蠕動数は手術直後には一時的に不定であるが、暫時放置して置くと大體規則的になつて来るので、測定はこの規則的になつて来てから後の5分間(A)、15分後に於ける5分間(B)、30分後に於ける5分間(C)の各々を実測し、それを1分間の回数として平均値をとる様にした。

次に尿管蠕動数は尿の溷濁の程度即ち尿量に依り影響される事が大であるので、前記3方法に更に次の様な方法を併用した。

第1群：術後から観察期間全てを通じて、液體を補給する事なく續行した例。

第2群：術後より尿の溷濁が起らない様に生理的食鹽水を經靜脈的に與えた例。但し注入量は過量に互る事なく常に尿量と對比して加減した。

第 1 圖

症例 1：術後10分で開始。成績：1分間に4回

症例 2：術後20分で開始。成績：1分間に5回

成績：第1法・第1群

第1法・第1群(第2表)：(A)では3～6回、平均4.3回、(B)では3～5回、平均4回、(C)では3～4回、平均3.3回である。

第1法・第2群(第2表)：この第1法では體外への水分喪失は殆んどないので、第2群の如き實驗を行う必要がなかつたかも知れないが對照の意味で施行して見た。その結果は(A)では4～6回平均5回、(B)では4～6回、平均5.3回、(C)では4～5回、平均4.6回で時間的に殆んど回数に差のない事になつている。これは尿量が一定している爲である。

第2法・第1群：施行せず。

第2法・第2群：第1圖に示す如く各例を見ると4～6回で、平均5回であつた(第3表)。

第2表 尿管蠕動數 第1法に依るもの

	第 1 群			第 2 群		
	清澄(A)	清澄(B)	僅かに溷濁(C)	清澄(A)	清澄(B)	清澄(C)
1	4	4	4	4	6	5
2	6	5	3	6	6	5
3	3	3	3	5	4	4
平均	4.3	4.0	3.3	5.0	5.3	4.6

第3表 尿管蠕動數 第2法に依るもの(第2群のみ)

	5分後	10分後	15分後	20分後
1		4		
2				5
3				5
4			6	

第3法・第1群(第4表)：(A)では3～6回、平均4.2回であるのに、次の(B)では1～5回、平均2.5回で、更に(C)では1～1.5回、平均1.1回であつた。

第3法・第2群(第4表)：液體の補給により尿を常に清澄に保ちつゝ蠕動數を実測すると、第1群に見られるが如き回数の減少は殆んど見られず、常に一定であつた。即ち(A)では3～6回、平均5回、(B)では3～6回、平均4.7回、(C)では、4～8回、平均5.5回

第4表 尿管蠕動數 第3法に依るもの

	第 1 群			第 2 群		
	清澄 (A)	軽度濁濁 (B)	高度濁濁 (C)	清澄 (A)	清澄 (B)	清澄 (C)
1	3	1	1	3	3	4
2	4	2	1	6	5	5
3	4	2	1.5	6	6	8
4	6	5	1	5	5	5
平均	4.2	2.5	1.1	5.0	4.7	5.5

であつた。

要するに第1法の實驗は上部尿路尿が總排泄腔に潑溜されるので體内の水分喪失は起らず、上部尿路は常に清澄な尿が流れている状態にある。従つて第1群では殆んど時間的回數の減少は見られなかつた。然し(C)の場合に見られた僅か回數の減少は上部尿路に僅かに濁濁した尿が流れている事が、尿量の減少に依るものと考えられる。第2群では液體補給を行つた爲に回數の減少は見られなかつた。第2法も第1法と同様總排泄腔に尿を潑溜させた實驗であるので尿量の減少は殆んどないと見てよく、Kymographion上に描かれた回數は略々一定していた。第3法は尿を體外に排泄してしまう實驗であるので尿量の減少は當然考えられる。即ち第1群に於ける如く(A)の清澄尿、(B)の軽度濁濁尿、(C)の高度濁濁尿とそれぞれ漸次減少して來ている。第2群は尿を常に清澄に保たせ、尿量を一定にする爲液體補給を行いつゝ施行した實驗で、蠕動數は時間的経過にも拘わらず常に一定であつた。即ち尿管蠕動數は尿の清澄、従つて尿量に左右される。尿の濁濁が高度である程回數は少なく、清澄に近い程回數は多い。前述の如く尿が清澄であると云う事は生理的狀態を意味し、従つてこの時の蠕動數も又正常の回數であると云える。全ての實驗に於て清澄尿排泄時の回數を平均すると4.7回となる。即ち雞に於ける尿管蠕動數は正常時1分間に4~5回である事が判つた。

尿管運動に關する研究は古くから各種動物に對して行われて來ているが、雞の尿管蠕動數に關してはたゞ高木滿來氏(1933)の記載があるのみである。彼は剔出尿管に就ての實驗であるが、2~6

回と述べている。この値は余の値より稍と少ない様であるが、平均して見ると大體近い値を示している。更に彼は海狸2~6回、犬4~8回、豚1~3回、牛1~2回であると述べている。

(V) 腎機能検査

(1) 水分濃縮及び稀釋試驗

この實驗成績は全て比重で表わす事とする。

(a) 濃縮試驗：直接尿管尿を採取する方法を用いた。水分を與えないでよくと尿は次第に濁濁し遂には全くその排泄を見ない様になる。本實驗に於ては高度濁濁を來してから全く排尿を見なくなる迄數回に亙り採尿し、排尿の停止する直前の尿の比重を以て最高の濃縮機能とした。

成績：第5表其の1の如くである。第4例では1020で既に排尿を見なくなつてゐるが、大體に於て1024~1029を示し、平均1026であつた。

(b) 稀釋試驗：先ず何等操作を行わずして得た清澄尿に就ての比重は1012~1018なる値を示した。次に經靜脈的に液體を補給してゆき注入量と尿量とが殆んど同量になつて來た時の比重を測定し、これを稀釋の最高機能とした。

成績：第5表其の1の如くで1010~1012、平均1010.7であつた。そしてこの場合考えられる事は液體の補給量と尿量以上にした場合更に比重が低くなるのではないかと云う事で、この考えの下に補給量を増量して見たが、尿量は僅かにしか増量せず、比重も1010以下には決してならなかつた。更に増量してゆくと遂には死に至る結果となつた。即ち雞の尿の比重は如何に水分を與えても腎から出される時は1010以下になる事がない結果となつた。

(2) 色素排泄試驗

(a) Indigocarmin 排泄試驗

採尿と同様の操作で尿管下部斷端より尿の流出を見ながら、0.5% Indigocarmin 溶液1.0ccを頸靜脈へ注射し、その排泄時間及び濃度を觀察した(第5表其1)。これには次の2方法を用いた。

第1群：水分を持続的に與える事により尿を常に清澄に保たせて置いた例。

第2群：水分を與えないで次第に濁濁尿に至ら

しめた例.

(i) 初發時間：1分25秒乃至2分10秒で排泄が初まつており，第1群，第2群共に清澄尿の排泄されている間にそれを見ているので各群の間の差は見られなかつた。

(ii) 中等度青色になる時間：6分30秒乃至8分10秒であり，これも各群の間に特別な差は認められなかつた。この場合の尿の外観は極めて僅かではあるが濁濁が生じ初めて來ていた。

(iii) 濃青色になる時間：これは第2群にのみ見られていて，11分40秒乃至13分20秒であつて，尿に中等度の濁濁が現われて來た頃であつた。

(iv) 淡青色に戻る時間：第1群にのみ見られる事で，即ち極めて僅かの濁濁が現われて來た頃經靜脈的に液體を與えて清澄にすると，中等度青色から次第に淡青色に戻つてゆく。その時間は10分乃至11分25秒であつた。

次に尿量と液體補給量とが略々等しくなる様にして尿を清澄に保たせておいた上でIndigocarminを注射すると，初發時間は大體の(a)場合と同様に1分10秒乃至2分であつたが，その後は幾分青色調を加えて來るのみで，大體淡青色の状態を保ち乍ら約25分前後の間に完全に排泄され，再び水様透明となる。

(b) PSP 排泄試験

0.6% PSP 溶液を1.0 cc 頸靜脈内へ注射し，その初發時間と注射後15分及び30分間に於ける排泄

量を測定した(第5表其1)。本試験は全て尿を清澄に保たしめつゝ行つた。

(i) 初發時間：1分45秒乃至4分25秒で排泄が初まつていた。即ちその排尿は Indigocarmin よりも多少遅延していた。

(ii) 排尿量：PSP 注射後15分間に於ける總排泄量は5~8%であり，30分間に於ける總排泄量は9~13%であつた。

(3) Clearance Test に依る腎機能検査

余は先に鶏に於ける1分間尿量の實測値に就ての成績を述べたが，次に各種藥劑の clearance test に依りその腎血漿流量(RPF)，腎血流量(RBF)，糸絨體濾過量(GFR)，糸絨體濾過率(FF)を知り，之等の關係から得た成績と前述の尿量の實測値とを比較検討した(第5表其2)。更に之等藥劑の clearance test により nephron 各部位の機能を知り得る事から，前述の腎機能検査と綜合し，nephron の解剖學的構造を或程度察知する事が出來たので，之等に對し再検討を加えて見た。

(a) 實施方法

前述の如く麻醉下に先ず尿管下部斷端にカニューレを挿入して採尿に便ならしめ，尿が清澄を保つ様，且つ注入量と尿量とが略々同量になる様に經靜脈的に液體を與えた後，パラアミノ馬尿酸(PAH)及びチオ硫酸ソーダ(Ts)の一定量を注入した。

(i) 使用藥劑の量及び注入方法：PAH は鶏の

第 5 表 腎 機 能 検 査 其 1

濃縮及び稀釋試験(比重)		Indigocarmin 排 泄 試 験				P S P 排 泄 試 験		
濃縮(濁濁)	稀釋(清澄)	初發時間 (淡青色)	中等度青色	淡 青 色	濃 青 色	初發時間	排 泄 量	
							15分(%)	30分(%)
		分 秒	分 秒	分 秒	分 秒	分 秒		
1	1029	1010	1分 30秒	8分 00秒	10分 10秒			
2	1025	1012	2 05	7 50	11 25			
3	1028	1010	1 50	6 30	10 00			
4	1020	1010	1 48	8 10		11 40		
5								
6						2 50	6	15
7						1 45	8	20
8			1 25	8 05				
9	1024	1012				13 20		
10						2 15	6	15
11						4 25	6	15
12			2 10	7 55	10 05			
13	1024	1010				2 00	8	15

血漿濃度を2~5 mg/dl に保たしめる様豫備實驗により定めた結果、大體體重1 kgに付き10% PAH を0.25~0.5cc, 即ち0.025~0.05 gm の割に注入する事とした。Ts も血漿濃度5~10 mg/dl に保たしめる様豫備實驗により定めた結果、大體體重1 kg に付き10% Ts を3~6 cc, 即ち0.3~0.6 gm の割に注入する事とした。之等は100 cc の生理的食鹽水中に混和、點滴注入法により注入し、注入時間は40分乃至60分に互つた。

(ii) 採血及び採尿：盲驗及びヘマトクリット値測定の爲採血した後 PAH, Ts 混入生理的食鹽水を注入した。採血は藥劑注入側とは反對側の頸靜脈から行い、時期は各採尿の終らんとする時出来る丈迅速に行つた。血液凝固阻止劑として二重蔞酸鹽を用いた。採尿はカニューレに試験管をあてゝ行つた。採尿時間は體內へ藥劑が入つたと思われた時から10分後に5分乃至10分間尿を、それが終つて約10分後に再び5分乃至10分間尿を採取した。

(iii) 定量法：PAH に就て：血液は15% 鹽化醋酸溶液に依る除蛋白濾液、尿は適宜稀釋した後、共にジアゾ化してから津田氏液を以て發色せしめ、Filter S₅₇ を用い、Pulfrich の Stufen-Photometer により比色定量した。Ts に就て：血

液は10% タングステン酸ソーダ溶液を以てした除蛋白濾液、尿は適宜稀釋した後、共にヨード溶液で滴定々量した。

(b) 成績

(i) RPF：これは1分間に活動している腎を通過した血漿量を現わして、右腎は6.68~59.57 cc, 平均21.00 cc, であり、左腎は12.77~67.17 cc, 平均32.12 cc, である。左右の RPF を比較すると大體に於て右腎の方が少ない。尙兩腎を通過した量は30.65~126.74 cc, 平均53.14 cc である。

(ii) ヘマトクリット値：これは27~31で、人體に比較して低い値を示している。

(iii) RBF：これは RPF とヘマトクリット値から求められるもので、1分間に活動している腎を通過した血液量を現わしている。右腎は9.68~83.90cc, 平均29.41cc であり、左腎は17.49~94.60 cc, 平均45.14 cc である。尙兩腎を通過した血液量は41.98~178.50 cc, 平均74.55 cc である。

(iv) GFR：これは1分間に於ける糸絨體からの濾液量を現わしているもので、右腎は1.2~6.1 cc, 平均3.07cc であり、左腎は1.8~8.3cc で、平均8.53cc である。

(v) FF：これは1 cc の血漿から作られる濾液量

第 5 表 腎機能検査 其2

No.	重 量	體 表 面 積	5分或は 10分間に 於ける 尿量 上：右腎 下：左腎	1分間に於ける尿量		R P F		ヘ リ マ ッ ト ク リ ット	R B F		G F R		F F	
				右腎	左腎	右腎	左腎		右腎	左腎	右腎	左腎	右腎	左腎
1	2.0	0.0600	6.25cc 10.75	1.25cc 2.15	3.40cc	15.19 43.85	59.04	28	21.10 60.90	82.00	3.5 8.2	11.70	0.23 0.19	0.42
2	2.0	0.0600	3.50 7.00	0.70 1.40	2.10	12.88 22.12	35.00	30	18.40 31.60	50.00	2.1 4.5	6.60	0.16 0.20	0.36
3	1.9	0.0570	4.50 25.00	0.45 2.50	2.95	6.68 29.73	36.41	31	9.68 43.09	52.77	1.2 8.3	9.50	0.18 0.28	0.46
4	2.2	0.0661	20.60 25.00	2.06 2.50	4.56	59.57 67.17	126.74	29	83.90 94.60	178.50	6.1 7.8	13.90	0.10 0.12	0.22
5	2.16	0.0633	5.50 12.50	0.55 1.25	1.80	17.21 31.97	49.18	28	23.90 44.40	68.30	1.7 4.1	5.80	0.10 0.13	0.23
6	1.9	0.0610	8.50 8.00	1.70 1.60	3.30	17.57 17.21	34.78	28	24.40 23.90	48.30	3.7 3.5	7.20	0.21 0.20	0.41
7	2.1	0.0630	5.00 3.00	1.00 0.60	1.60	17.88 12.77	30.65	27	24.49 17.49	41.98	3.2 1.8	5.00	0.18 0.14	0.32
平均		0.0615			2.82	21.00 32.12	53.14		29.41 45.14	74.55	3.07 5.46	8.53	0.17 0.18	0.35

を現わしているもので、右腎では0.10~0.21cc、平均0.17ccであり、左腎では0.12~0.28ccである。兩腎のFFは0.22~0.42cc、平均0.35ccである。

D. 腎機能より見た家雞腎 Nephron の構造に關する考察

(1) 色素排泄試験の成績より見た腎機能に就て

(a) Indigocarmin 排泄試験の結果に依れば、初發時間は人體及び他の哺乳動物のそれと大差はないが、正常状態に於ける濃縮作用は極めて悪いのである。なおこの濃縮作用は反つて病的状態、即ち體内の水分缺乏と云う状態か、又は正常状態に於て尿が總排泄腔に一定時間潑溜された場合に初めて見られるのである。

(b) PSP 排泄試験の結果によれば、初發時間は Indigocarmin より稍と遅れるが、人體及び他の哺乳動物に比べて略と同値である。しかしその排泄量に至つては極めて少量であつた。

元來體内に負荷された色素の排泄は nephron 中の主として細尿管によると云われており、殊に PSP は人體に於てその94%が細尿管から、残りの6%のみが糸絨體より排泄されると云われている。従つて人體では細尿管の機能障碍は結局之等色素の排泄量の減少を起して来る。この事から鶏に於ける色素排泄機能を見ると丁度人體及び他の哺乳動物では明らかに高度の腎機能障碍、主として細尿管機能障碍と斷定せざるを得ない状態に當るのである。しかるに本實驗に於ては全く健康と思われる尿を使用し、可及的正常に保たしめて行つている關係上、細尿管機能障碍とは云い得ない。生理的状态にある鶏と人體との間に如何にしてこの様な腎機能の差があるのであろうか？余は鶏の腎の最小單位たる nephron の解剖學的構造に關し、人體のそれとの間に差

異があるのではないかと考え、文献に基づいて検討を加えて見た。

鶏の nephron に關する解剖學的研究は Huber (1917), Krause(1922), Gregersen(1947)等が行つてゐるが、その結果は次の如くである。鶏の nephron は人體及び他の哺乳動物の nephron に比べて細尿管が全體として短い。この短い原因として彼等はヘンレ氏蹄系の短い事、又は全く缺如している爲である事を強調している(第2圖)。

翻つて細尿管を生理學的見地から検討して見ると、ヘンレ氏蹄系は糸絨體から濾過された濾液中の水分を再吸収してそれを高調尿とする機能を有すると云われている。この事から考えると鶏に於ては糸絨體から濾過された液體は、細尿管の解剖的構造から僅かしか水分の再吸収を受けていない事になり、従つて糸絨體濾液は人體及び他の哺乳動物に比べて濃縮されない結果となる。この事は

第2圖 各種動物の Nephron の構造

余の色素排泄試験の結果と全く一致する事である。要するに余の鶏の腎機能検査の結果は Huber, Krause, Gregersen 等の述べている鶏の nephron の解剖的構造を生理學的に裏書きしているのである。

E. 尿量及び尿管蠕動數より見た尿及び尿管の水力學的考察

(1) 尿量：1分間に糸絨體から濾過された濾液量を GFR より求めるると8.53ccとなり、1日量に換算すると12,283.2ccとなる。同様の觀點から人體に就て見ると GFR は80~120cc, 平均100ccとなり、これを1日量に換算すると144,000 ccとなる。次に鶏と人體との GFR を比較する爲に人體の體表面積を鶏の體表面積に補正して同條件とすると、人體の GFR は4.38cc, 1日量に換算すると6,315.7 ccとなる。即ち鶏に於て1分間に作られる濾液量は人體のそれに比較して約2倍に相當する。

次に尿量を實測した結果によると、鶏に於ては豫備實驗及び nephron の構造から、腎内で少量の、腎外主として總排泄腔で大部分の水分が再吸收される爲に、その量の測定は尿管尿で而も清澄尿である事が必要である。その量は1分間に2.07 cc, 1日量に換算すると2,980.8 ccとなる。一方人體に於ては nephron の構造から腎外尿路での水分再吸収は殆んど行われていないと考えてよく、膀胱尿を以て測定にあてた。即ちその1日量は1,000~1,500 ccで、1分間尿量に換算すると0.69~1.04ccで、これ丈の尿が1分間に上部尿路と流れている事になる。鶏の尿量と人體のそれとの比を見ると、鶏では人體の約2~3倍の尿が上部尿路を流れている。

GFR と尿量との比較：1分間に於ける糸絨體濾液量と實際に上部尿路を流れる尿量とを検討した。即ちこの事は糸絨體濾液の幾%が nephron で再吸収を受けているかを知るもので、これからも nephron の構造の裏付けが出来る。鶏に於ては GFR 8.53cc, 1分間尿量は2.07ccとなり、従つて GFR 8.53ccの内6.46cc即ち75.7%が水分の再吸収を受ける事になる。而るに人體に於ては GFR 100cc, 1分間尿量平均0.86ccである事から、糸絨

體濾液100ccの内99.14cc即ち99.14%が再吸収を受けている事になる。換言すれば鶏に於ては糸絨體濾液の24.3%が、人體に於ては0.86%が尿として上部尿路を流れている事になる。

以上の事から次の事が結論される。即ち1分間に糸絨體から濾過されて来る量は鶏では人體の約2倍であるのに反し、細尿管での水分再吸収は極めて悪い。その結果鶏では上部尿路を流れる尿量が非常に多くなるのである。鶏に於て水分再吸収機能が悪いと云う事は決して病的状態ではなく、前項で述べた様に nephron の構造によつて當然考えられる事である。

(2) 尿管蠕動數に就て：實驗の結果尿管蠕動數は1分間に4~5回となつていて、この値は人體及び或る種の哺乳動物より多少増している。又1蠕動毎に排泄される尿量は0.4 ccであつてこれも比較的多量である。

(3) 尿及び尿管の水力學的作用：尿量と尿管蠕動數とから、尿及び尿管の水力學的作用を考えると、先ず單位時間に於ける尿量が多いと云う事は上部尿路が常に尿流により清淨化され、更に一定の管腔を多量の尿が流れる爲に尿管内壓が比較的高く、又それが大體一定している結果總排泄腔内の細菌の上行性管腔感染が防がれる事に役立つ。又尿量が多ければ自ら尿管運動が活潑となり、數も増し、従つて腎盂、尿管内の尿は常に動いていて静止している間隔が短く、所謂尿の停滯による感染も起り難くなり、又腎盂から總排泄腔へと送られる頻回の蠕動により細菌の逆流も起り難くなる。

F. 尿の pH による抗菌性作用に就ての考察

鶏の尿の pH は常に5.6~5.8の間にあつて可成りの酸性度を示している。

細菌の發育には細菌學的に見てその發育環境に於ける至適酸度が影響する事は勿論である。細菌の種類によつてはアルカリ性環境でよく發育するものがあり、又酸性の環境でよく發育するものもある。鶏の尿が酸性であると云う事はアルカリ性環境を至適酸度とする細菌には不適當で、發育阻止を受けるか又は殺菌的に作用する意味を有する。従つて總排泄腔内に於ける細菌の種類も、自

ら制限を受け、その数も少ないのではないかと考えられ、この點上部尿路への感染の可能性も少なくなるのではないかと考えられる。1940年 Weyrauch and Hinman は總排泄腔内容の培養を行っている。その結果 *Bacillus welchii*, *Nonhemolytic escherichia coli*, *Proteolytic flora*, *Bacillus paracoli*, *Staphylococcus albus* 等を發見している。この總排泄腔内の細菌に關する研究は高野成夫が後程發表する豫定であるから、こゝではその説明を割愛する。

G. 結 論

鶏では尿と糞を總排泄腔に蓄えているにも拘わらず上部尿路感染を起さないと云う事實に就て、余は第1報の組織學的研究に引續き、尿の一般性狀、尿管蠕動數及び腎機能検査を行い、之等の諸點に對して水力學的考察を加え、次の結論を得た。

(I) 實驗成績

(1) 尿の外観：正常狀態に於て上部尿路を流れる尿は清澄である。

(2) 尿の比重：清澄尿の比重は1015~1018の間にあり、溷濁を生じて來ると比重は高くなる。

(3) 尿の pH：常に 5.6~5.8 の間にあつて可成りの酸性度を示している。

(4) 尿管蠕動數：1分間に4~5回で、人體及び2, 3の哺乳動物より稍々多い。

(5) 腎機能

(a) 水分濃縮及び稀釋試驗：比重を標準にして試驗を施行した。即ち濃縮試驗では1024~1029, 平均1026であり、稀釋試驗では1010~1012, 平均1010.7であつた。而して更に多量の液體を與えても1010以下にはならなかつた。

(b) 色素排泄試驗：Indigocarmin, PSP 共に初發時間は大體人體及び他の哺乳動物と大差はないが、その排泄量に至つては極めて少量であつた。

(c) Clearance Test: PAH, Ts を用いその clearance により RPF, RBF, GFR, 及び FF を測定した。RPF は平均 53.14 cc, RBF は平均 74.55cc, GFR は平均 8.53 cc, 及び FF は平均 0.35cc なる結果を得た。

(6) 尿量：尿管より直接採取した清澄尿に就て實測した所、1分間に 2.07cc であり、上部尿路を流れる尿量が多い。

(II) Nephron の構造：尿の一般性狀及び腎機

能検査の結果から nephron の構造を機能的に見ると、鶏の nephron は細尿管の機能、殊にヘンレ氏蹄系の機能が悪い結果となつた。この事は nephron の構造上の所見であるヘンレ氏蹄系の短縮又は缺如と云う事實を機能的に裏付けしている。

(III) 尿量及び尿管蠕動數より見た尿及び尿管の水力學的作用：1分間の尿量が多い事、上部尿路が常に尿流により清淨化されている事、尿管内壓が比較的高く細菌の上行性逆流が妨げられている事、尿量の多いために尿管の蠕動數が増し、從つて尿管内の尿は絶えず動いていて感染が起り難い事、尿管蠕動數が多い事が機械的に細菌の逆流を妨げている事、等が鶏に於ける上部尿路感染の可能性を少くしている。

(IV) 尿の pH より見た細菌發育に對する抑制的作用：尿の pH が可成りの酸性度を有している事は、總排泄腔及び尿管内の細菌に對してその發育の阻止、更に殺菌的作用のある事が考えられる。從つて細菌の種類及び數に制限を與えている。

(V) 第1報の組織學的研究及び第2報の生理並びに生化學的研究の結果、鶏の尿路には總排泄腔からの上行性細菌感染の起り難い先天性の要約がある事が尿路の構造及び生理上から共に證明された。そしてこれ等の要約は全く人類には應用不可能な鶏の先天性の特性である。從つて我々の今日施行している尿管腸吻合術は如何に工夫しても非生理的處置である域からは一步も脱し得ない事を物語つてゐる。

稿を終るに當り、終始御懇篤なる御指導並に御校閱を賜つた恩師楠教授に衷心より深謝す。

文 獻

- 1) d'Errico, G.: Beiträge zur Chmischen Physiologie und Pathologie, 9, 453, 1907. — 2) Gibbs, O. S.: J. Pharm. & Experim. Therapeut., 35, 49, 1925. — 3) Gregersen, M.T.: Macleod's Physiology in Modern Medicine. 9th Edition pp. 1096-1098, St. Louis, The C.V. Mosby Company. 1947. — 4) Hart, W.M.: Am. J. Physiol., 133, 320, 1941. — 5) Hester, H. R., Essex, H.E. & Mann, F.C.: Am. J. Physiol., 128, 529, 1940. — 6) Huber, G.C.: Anat. Record, 13, 305, 1917. — 7) Krause, R.: Mikroskopische Anatomie der Wirbeltier II, Berlin & Leipzig, 1922. — 8) Marshall, E.K.: Am. J. Physiol., 70, 465, 1924. — 9) Mayrs, E.B.: Am. J. Physiol., 58, 276, 1924. — 10) 高木滿來: 醫學研究, 7, 831, 1933. — 11) Weyrauch, H.M. & Hinman, E.: Surg. etc., 70, 170, 1940.