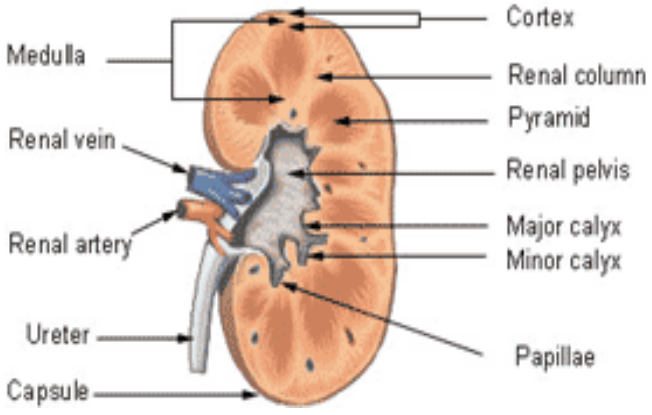
الجهاز الإبرازي Excretory System

يكون الجهازان البولي والتناسلي لأغلب الفقريات البالغة منفصلان عن بعضهما، ولكن تاريخ نموهما مرتبط ارتباطاً وثيقاً بحيث يؤلفان معاً الجهاز البولي التناسلي Urogenital system .

تُعد الكليتان Kidneys مرشحا جهاز الدوران، فهما يحافظان على تركيب بلازما الدم ثابتاً بطرح اليوريا Urea وغيرها من النفايات النيتروجينية، الأملاح اللاعضوية، المواد الغريبة غير المتطايرة والماء. ولجميع الفقريات أثناء النمو المبكر على الأقل كلية أولية Pronephros ، وفي الأنواع البالغة توجد هذه في الأسماك الرخوة وفي بعض الأسماك الغضروفية العظمية والطرفية التعظم والرئوية فقط . ليرقات الجلكي (الأموسيت) والدعاميص كلى أولية فعّالة كبيرة تضمحل أثناء التحول . أما النوع الثاني من الكلى هي الكلية المتوسطة Mesonephros، وتوجد في أغلب دائرية الفم البالغة وجميع الأسماك غير والبرمائيات تقريباً. وجميع هذه الحيوانات تقتني أولاً كلى أولية فعالة تضمحل عندما تتمايز الكلى المتوسطة. والكلية المتوسطة تكون إنتقالية في السلويات. ولجميع السلويات البالغة كلية بعدية (أخيرة) Metanephros تنمو خلف الكلية المتوسطة. وتتألف جميع الأنواع الثلاثة من الكلى من أنيبيبات ذوات تركيب ووظيفة أساسيين متشابهين .



أن الوحدة التشريحية والوظيفية للكلية هي الأنيبيب البولي أو النفرون (الوحدة الكلوية Nephron) . وتعرف الوحدة الكلوية بأنها أنيبيب وحيد يرتبط إرتباطاً وثيقاً بخصلة من الأوعية الشريانية تدعى الكُبيبة Glomeruli . تترشح المواد من الكُبيبة إلى محفظة بومان

Bowman’s capsule الرقيقة الجدران وتنتقل خلال الأنيبيب إذ يُعاد امتصاص المواد المفيدة انتخابيا" لتعود ثانيةً إلى الدورة الدموية ثم تطرح النفايات التي تدعى مجتمعة بالبول Urine .

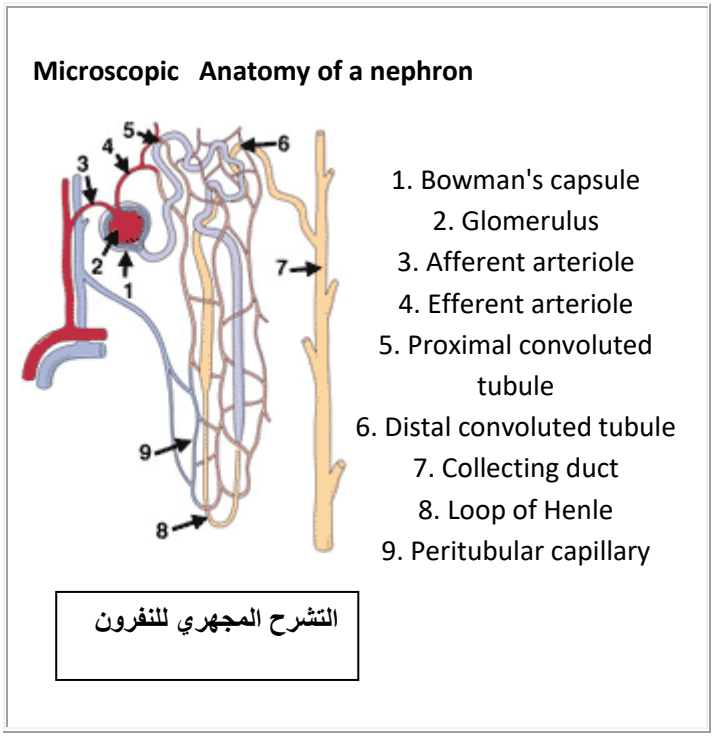
للأنيبيبات البولية في الكلية الأولية نمط وعائي بسيط نسبياً, لكن الأنماط الوعائية للكليتين المتوسطة والبعدية تزداد تعقيداً. تدعى القنوات الإبرازية للكلى الأولية والمتوسطة بالقنوات الكلوية الأولية Pronephric ducts ، والقنوات الكلوية المتوسطة Mesonephric ducts ، بينما تدعى قناتا الكلية البعدية بالحالبين Ureters . وفي كثير من الفقريات يتجمع البول في مثانة بولية Urinary bladder قبل طرحه خارجاً.

تكون نفرونات (وحدات) الكلية الأولية قصيرة وملتوية قليلاً وتفتح في الجوف الجسمي بواسطة فم النفرون (الفم الكلوي) Nephrostome المبطن بخلايا تحمل أهداباً. تسبب حركة الأهداب تياراً يوجه السائل من التجويف البريتوني إلى الأنيبيبات إذ يتصل الطرف الآخر للنبيب بالقناة الكلوية الأولية.

تُشكل الشرايين القصيرة من الابهر الظهري كُبيبات بالقرب من الأفواه النفرونية، وتنضح بعض نفايات الدم المترشحة من الكُبيبات في التجويف البريتوني وتدخل نبيبات الكلية الأولية عبر الأفواه النفرونية، وتطرح من خلال القنوات الكلوية الأولية. إن وجود الكبيبات الخارجية External glomeruli والأفواه النفرونية (الكلوية) هي خصائص مميزة للكلية الأولية، فليس لأنيبيبات الكلية المتوسطة عموماً فم نفروني وهي أطول وأكثر أتساعا من نبيبات الكلية الأولية.

تغلق الكبيبة بأحد طرفي النبيب، بينما يفتح الطرف الآخر بالقناة الكلوية المتوسطة ولا يختلف نفرون الكلية المتوسطة اختلافا بيّناً عنه في الكلية البعدية. تفتح كليتا اللبائن البيضويتان في المنطقة القطنية Lumber region، وهما تُغَطّيان بمحفظة كلوية من نسيج رابط متين. يُظهر المقطع الظهري البطني الوسطي وجود حزمة خارجية داكنة هي القشرة Cortex، ومنطقة وسطية أخف لوناً منها ومخططة طولياً هي اللب (النخاع) Medulla. ترتبط القشرة باللب بأشعة لبية Medullary rays تخترق القشرة، ويترتب اللب في مساحة واحدة أو أكثر مثلثة الشكل تدعى الأهرامات الكلوية Pyramids ، والتي تؤلف قممها الحليمات الكلوية Renal papillae. وهناك شق عميق في منطقة التقعر الكلوي (السُرة Hilum) يدعى الجيب الكلوي

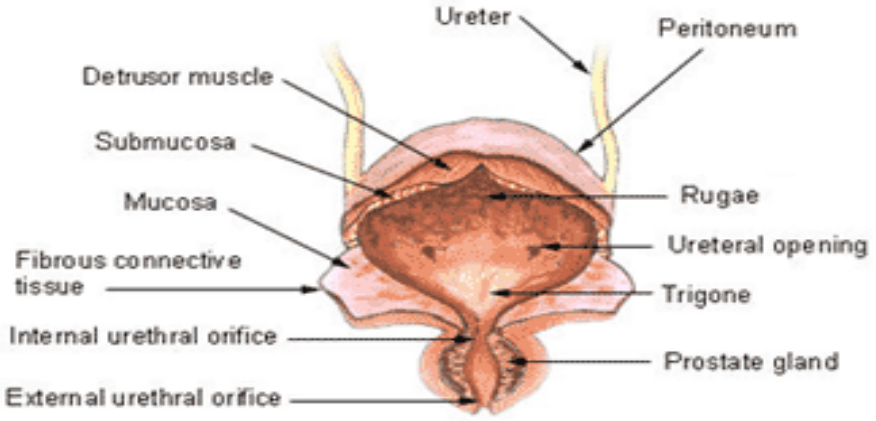
Renal sinus يحوي نسيجاً رابطاً مفككاً ويحيط بالشرايين والأوردة والأعصاب الكلوية ويسندها .



يشغل الحوض الكلوي Renal pelvis ، وهو الجزء المتسع القريب من الحالب الجزء الرئيس من الجيب الكلوي. يتسع حوض الكلية إلى سويق أمامي وآخر خلفي يدعى كلاً منهما بالكأس الكبير Major calyx الذي ينقسم بدوره إلى ثلاث كؤوس صغيرة Minor calyces أو أكثر. ينقلب جدار الكؤوس الثانوية فوق حلمة أو حلمتين كلويتين وهو مثقب ليسمح بمرور البول من الأهرامات. ويمتد الحالبان خلفاً تحت البريتون الجداري ويفرغان في المثانة البولية مباشرةً، وهناك قناة مفردة هي الأحليل البولي Urethra تصرّف محتويات المثانة البولية Gall bladder الى الخارج.

البول هو الراشح المرّكز للكبيبات الدموية. ويترشح الماء وكثير من مكونات البلازما القابلة للنفاذ من الدم الكبيبي إلى محفظة بومان. ولا يوجد بروتين عادةً لأن جزيئات البروتين الموجودة في الدم كبيرة جداً إذ يتعذر مرورها عبر الأغشية الخلوية. وأثناء سير الراشح عبر النبيب الكلوي وبفعل عملية إعادة الامتصاص الانتخابية للكلوكوز والماء والذوائب يصبح الراشح الفضلاتي

أكثر تركيزاً. ورغم أن حوالي (25) غالون من السائل يمر عبر كبيبات كليتي الإنسان يومياً، غير أن التفريغ اليومي من البول أكثر قليلاً من ربع غالون .



((المظهر التشريحي للمثانة البولية في اللبائن))

النمو The growth :

للجهازين البولي والتناسلي تأريخ جنيني وثيق إذ تنشأ أعضاء الإبراز بصورة مبكرة في الجنين، كما تظهر الغدد التناسلية بعد ذلك بكثير ثم تحوَّل لاستعمالاتها الخاصة تراكيب كانت تعود في السابق للجهاز الأبرازي . تنشأ نبيبات الكلية الأولية من الأديم المتوسط الوسطي للبدينات العنقية إذ ينشأ نبيب واحد من كل بدينة وتتكون النبيبات الأمامية أولاً. وفي الوقت الذي تتمايز فيه النبيبات الخلفية تبدأ النبيبات الأمامية بالاضمحلال .

يرسل كل نبيب كلوي أولي إمتداداً ظهرياً ليلتقي بالنبيب الواقع خلفه ثم يلتحم معه ويشكل قناة مستمرة. وتستمر القناتان بالنمو خلفياً وراء النبيبات الكلوية الأولية الأخيرة شاقين طريقهما بين الأديم الظاهر والأديم المتوسط الوسطي للبدينات الأخرى حتى تصلا به إلى التوسع الخلفي للمعي. وهنا تخترق كل قناة أحد جانبي المعي الأخير ليصبح مجمعاً، بعدها تختفي الكلية الأولية في السلويات وتبقى قناتها كتركيب أساس. تدعى القناتين العائدتين لكل كلية من كل جانب بقناتي وولف Wolffian ducts وهما تعتبرا قناتا الكلية المتوسطة .

ينمو من كل من قناتي الكلية المتوسطة برعم كلوي بعدي Metanephric bud ويمتد هذا ظهرياً إلى الأديم المتوسط الوسطي غير المتمايز والواقع خلف الكلية المتوسطة الذي يدعى الجرثومة الكلوية البعدية. يتسع الطرف المسدود من هذا البرعم الذي يكون بتماس مع الجرثومة

إلى حوض الكلية البدائي. أما الجرثومة الكلوية فتتمايز إلى نفرونات. فلذلك يكون للكلية البعدية آلية ناقلة تتضمن الحالب، الحوض الكلوي الذي يُشكل الكؤوس الصغيرة والكبيرة، النبيبات الجامعة التي تنشأ من القناة الكلوية. أما النفرونات فتنشأ من الجرثومة الكلوية البعدية مباشرةً . تبدأ الكلية البعدية بتكوين أخدود موازي تقريباً لقناة وولف يظهر على سطح الكلية المتوسطة ثم تنطوي حافتا الأخدود فوقه جانبياً وتلتحمان لتكونا قناة مولر Mullerian ducts (قناة بيض) التي يبقى الجزء الأمامي منها مفتوحاً. تتقارب قناتا مولر خلفياً لتفتحا في المجمع بفتحتين متقاربتين جداً.

ويمكن فصل المجمع الآن إلى جيب بولي تناسلي في الجهة البطنية يستلم القنوات الكلوية المتوسطة والكلوية البعدية وقناتي مولر، وإلى مستقيم في الجهة الظهرية. وقناتا مولر هما تركيبان أوليان لقناتي الجهاز التناسلي الأنثوي، بينما تكون قناتا وولف تراكيب أولية للجهاز التناسلي الذكري .

التشريح المقارن للجهاز الإبرازي :

- **الرميح :**

يكون الجهاز البولي في الرميح بدائي جداً بحيث أنه قريب الشبه من الجهاز البولي لبعض الديدان الحلقية .

- **دائرية الفم :**

يمكن فصل رتيبة الأسماك الرخوة عن رتيبة الجلكيات اعتمادا على الكليتين فيهما. ففي الأسماك الرخوة توجد كلية أولية كبيرة محورة تقع بعيداً إلى الأمام بحيث تبرز على جانبي المريء وتفتح أفواه النفرونات في التجويف التاموري. أما الكلية المتوسطة فتقع وراء الكلية الأولية وتمتد على طول التجويف البريتوني ، وهي بدائية جدآ بحيث أنها أحتفظت بتعقيلها الأصلي. ليس للجلكيات البالغة كلية أولية، والكليتان المتوسطتان فيها طويلتان وضيقتان. وتتحد القناتان الكلويتان المتوسطتان خلفياً قبل أن تفتحا في الجيب البولي التناسلي تماماً، ويفتح الأخير إلى الخارج بالحلمة البولية التناسلية .

- **الأسماك :**

لقليل من الأسماك كلى أولية ولكن لأغلبها كلى متوسطة. للكواسج كليتان متوسطتان وضيقتان، بينما لكثير من الأسماك طرفية التعظم كلى قصيرة ممتلئة تقع في الجزء الخلفي من التجويف البريتوني. تتصل بعض النبيبات الكلوية المتوسطة بالخصيتين لتصبح قنوات صادرة. وفي كثير من الأسماك تفتح النبيبات الكلوية المتوسطة والقنوات الصادرة في القناتين الكلويتين المتوسطتين اللتين يكون لهما وظائف مزدوجة كقناتين للإبراز والجنس . تتحد القناتان الكلويتان المتوسطتان لتكوّنا الجيب البولي التناسلي في الذكر، والجيب البولي في الأنثى ويفتح الجيبان في المجمع عبر الحلمة البولية التناسلية .

- **البرمائيات :**

لجميع البرمائيات البالغة كليتان متوسطتان، وفي الذنبيات يكون للكليتين المتوسطتين امتداد أمامي ضيق تصبح بعض نبيباته مرتبطة بالخصيتين في الذكور لتشكل القنوات الصادرة. تفتح القنوات الجامعة من النبيبات الكلوية المتوسطة على مسافات متباعدة في القناتين الكلويتين المتوسطتين. تلتقي القنوات الجامعة من الجزء الخلفي من الكلية لتكوّن قناة مستقلة في الذكر، كما تنقل القناتان المتوسطتان في الذكر البول والحيامن إلى المجمع .

- **الزواحف :**

للزواحف البالغة كلية بعدية (خلفية) وبقايا متنوعة من الكلى المتوسطة. يختلف مظهر الكليتين في الزواحف باختلاف أشكال الجسم في رتب الصنف ورتيباته. تقع الكليتان في مؤخرة التجويف البريتوني، وهما طويلتان ومفصصتان بصورة واضحة وتلتحمان ببعضهما أحياناً في الحيات والسحالي. تكون كليتا التماسيح والسلاحف قصيرتين وتقعان في الحوض. أما الحالبان فطويلان في الحيات والسحالي وقصيران في التماسيح والسلاحف ويفتحان بصورة منفصلة في المجمع. للسحالي والسلاحف دون الحيات والتماسيح مثانة بولية تنشأ جزئياً من المجمع الجنيني وجزئياً من اللقانقي وهي تبدو كعضو تنفسي مساعد. لإناث السلاحف مثانات مساعدة تُملأ بالماء لترطيب الأرض عندما تحفر حفراً لوضع البيض .تمتلك الزواحف عروة هنلي طويلة جداً تسهل عملية أعادة الأمتصاص لمقاومة الجفاف.

- **الطيور :**

تكون الكليتان في الطيور مستطيلتان وعميقتا التفصص وتقعان في العجز المتحد. يتصل الحالبان بالجزء الوسطي البطني لكل كلية ويمتدان مباشرة إلى المعبر البولي Urodeum للمجمع. أن أحد تكيفات الطيران هو انعدام المثانة البولية .

- **اللبائن :**

تُثبت الكليتان بشدّة في فراغها البريتوني بواسطة وسادة دهنية وهما مغطاتان بمحفظة كلوية من النسيج الرابط القوي. يكون سطح الكلية أما أملس ناعم أو مفصص باختلاف أنواع الحيوانات اللبونة. يتجمع البول في أحادية المسلك في الحوض الكلوي ومنه ينتقل بواسطة الحالبين إلى المجمع. في اللبائن البعدية والحقيقية يتجمع البول في المثانة البولية ويُغادر البول بواسطة إحليل بولي يكون قصيراً في الإناث وطويلاً في الذكر إلى خارج الجسم . يتكون البول من ماء، أملاح ومواد أيضية مختلفة ويعد البول خالي من الجراثيم.

كل كلية لها أكثر من مليون نفرون. وتعمل الكلية حتى لو فقدت 75% من نفروناتها، وبالأمكان العيش حتى بكلية واحدة.