الفصل العاشر

الجهاز البولى

Urinary System

الفصـــل العاشـــر
الجهـــاز البـــولى
Urinary System

يتكون الجهاز البولي من كليتين وحالبين ومثانة بولية وقناة مجرى البول.

توجد كل كلية في المنطقة الظهرية العليا من تجويف البطن خلف الغشاء البريتوني يغطيها عادة طبقة واقية من النسيج الدهني الذي يقوم أيضاً بتثبيتها في مكانها. وتكون الكلية اليمنى أخفض قليلاً من الكلية اليسرى لوجود الكبد فوقها.

وتشبه الكلية حبة الفاصوليا حيث تكون حافتها الجانبية محدبة بينما تكون حافتها الوسطية ذات ندبة تمثل السرة. وهي التي يدخل منها الشريان الكلوي ويخرج منها الحالب والوريد الكلوي. وتحيط بالكلية محفظة ليفية تسمك في منطقة السرة وتخرج منها ألياف بيض تتخلل نسيج الكلية، الا ان ارضية الكلية تتكون من نسيج شبكي.

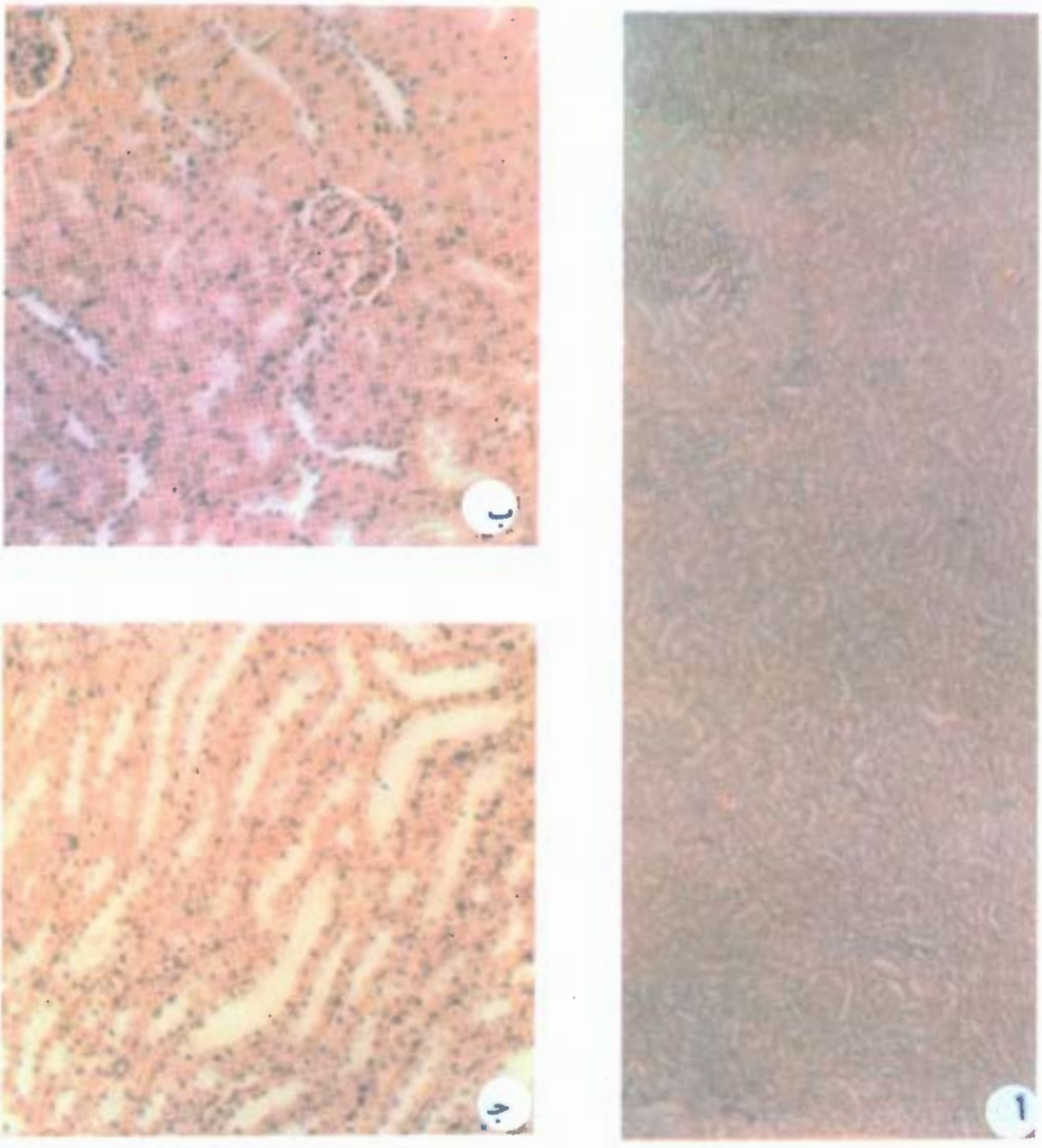
التركـيب المجهـري للكليـة

تظهر الكلية في المقطع الرأسي للعين المجردة منقسمة الى طبقة خارجية داكنة وهي القشرة Cortex وأخرى داخلية باهتة هي اللب Medulla ، ويتكون لب الكلية من عدد من الاهرامات، لكل منها قمة مثقبة تحاط بكأس صغير Minor calyx وتتحد الكئوس الصغيرة هذه مكونة كأسين أو ثلاثة كئوس كبيرة Major calyces تفتح بدورها في حوض الكلية Renal pelvis وهو الذي يخرج منه الحالب Ureter .

ويمثل الهرم وما يقابله من منطقة قشرية فصاً كلوياً Renal lobe وتتميز مناطق القشرة التي تفصل بين الفصوص بانها مخططة وتسمى لذلك أعمدة برتيني Columns of Bertini . وتمثل الثقوب الموجودة على قمة الاهرامات فتحات القنوات البولية ويلاحظ وجود مجموعات من القنوات تمتد من قاعدة كل هرم داخل القشرة مكونة ما يسمى بالاشعة اللبية Medullary rays . وتحتوي المنطقة الموجودة بين كل شعاعين على عدد من الانيبوبات البولية التي تكون الفصيص الكلوي (شكل ١٣٣).

النفـــرون Nephron

تعتبر الانيبوبات البولية Uriniferous tubules الوحدات التركيبية والوظيفية للكلية. وتتكون كل أنيبوبة من كرية ملبيجي وانيبوبة ملتفة دانية وعروة هنل وأنيبوبة ملتفة قاصية. وتكوّن هذه الاجزاء الاربعة النفرون Nephron . وتفتح النفرونات في انيبوبات مجمعة تتحد مع بعضها لتكون أنبوبة واحدة تسمى انبوبة بلليني Duct of Bellini والتي تفتح على قمة الهرم مع انابيب بلليني اخرى (١٠-٢٥ أنبوبة) (شكل ١٣٤).



شكل (١٣٣)

أ ـ قطاع في جزء من الكلية H&E قوة صغرى. القشرة الى اعلى واللب الى اسفل

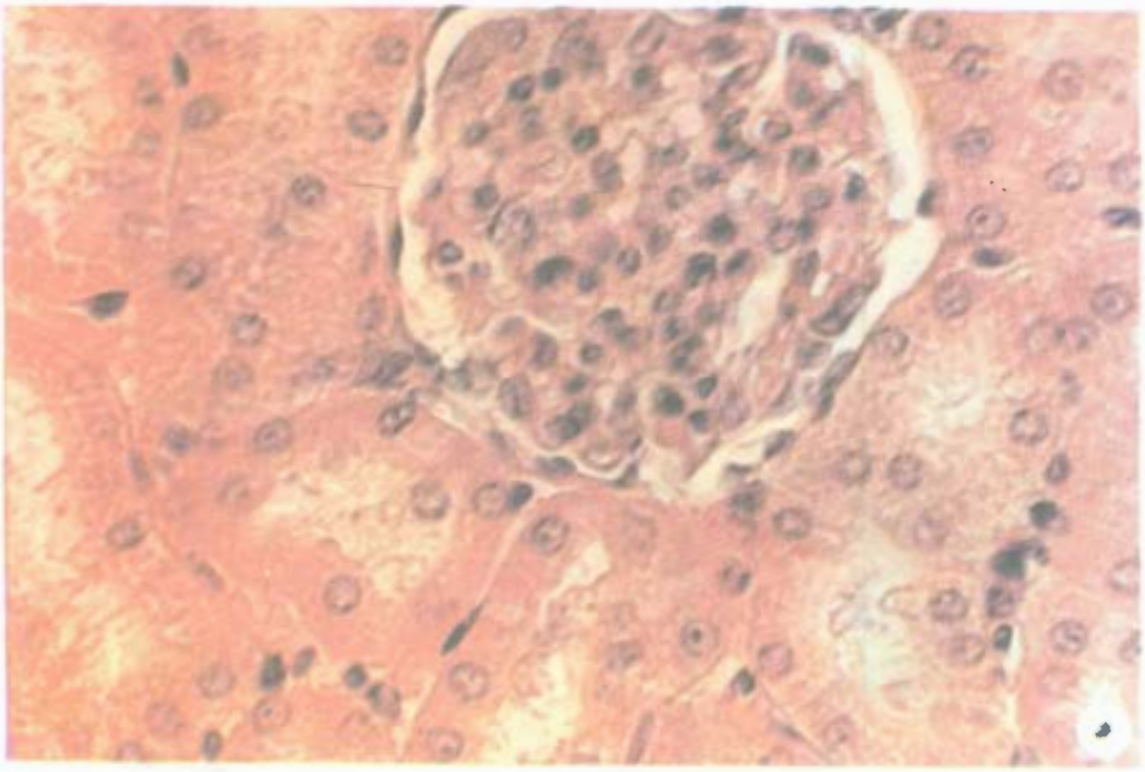
ب ـ جزء من القشرة ، قوة وسطى

جـ ـ جزء من اللب ، قوة وسطى

د ـ جزء من القشرة ، قوة كبرى

كريات ملبيجي (الكريات الكلوية) Malpighian (renal) corpuscles

وهي أجسام كروية صغيرة في بداية النفرون وتتكون من محفظة بومان Bowman's capsule التي تشبه الفنجان ويدخل الى تجويفها شريان يتفرع الى عدد من الشعيرات الدموية المثقبة (حوالي ٥٠ شعيرة) مكونة الجمّع Glomerulus وللمحفظة تجويف يبطن بنسيج طلائي خاص من خلايا ذات بروزات قدمية تتفرع وتتراص نهاياتها فوق سطح الشعيرات الدموية وتسمى هذه البطانة بالطبقة الحشوية كما تسمى خلاياها



تابع شكل (١٣٣)

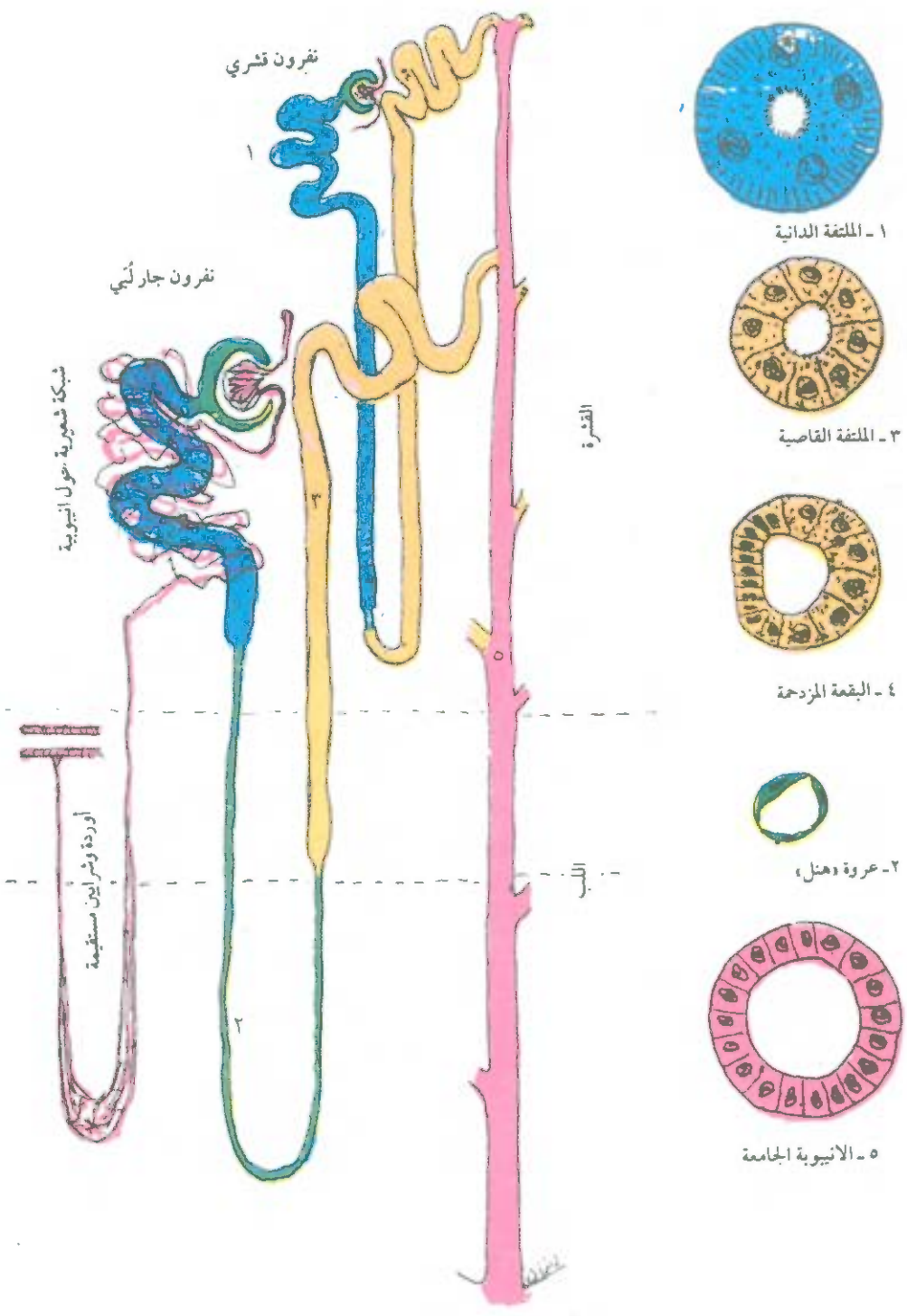
بالخلايا القدمية Podocytes . أما الطبقة الجدارية للمحفظة فتتكون من الخلايا الطلائية الحرشفية العادية (شكل ١٣٣د).

وتكوّن الخلايا القدمية واقدامها المفلطحة المتراصة فوق الغشاء القاعدي للشعيرات الدموية حاجزاً لا يوجد به سوى مسافات ضيقة تحدد نوعية الجزيئات التي ترشح من الدم الى تجويف المحفظة.

وتمثل المسافات بين القدمية والغشاء القاعدي وثقوب الشعيرات الدموية الحاجز الرشحي الذي من خلاله يرشح البول من الدم. وعلى ذلك فان ثقوب جدر الشعيرات تمنع عناصر الدم من الخروج مع الرشيح، اما الغشاء القاعدي فيمنع البروتينات من المرور (شكل ١٣٥).

وكما ذكر من قبل فان الشريان الوارد الى تجويف المحفظة يكوّن من ٢ الى ٥ تفرعات ابتدائية يتفرع كل منها الى عدد من الشعيرات التي قد تتصل فيما بينها، ثم تتجمع في عدد من الاوعية التي تكون الشريان الصادر وهو أضيق من الشريان الوارد. ولهذا الفرق اهمية في ازدياد ضغط الدم في الشعيرات بما يساعد على ترشيح البول.

وعند منطقة ورود الاوعية الدموية الى المحفظة وصدورها منها يوجد نوع من الخلايا يشبه الخلايا التي تحيط



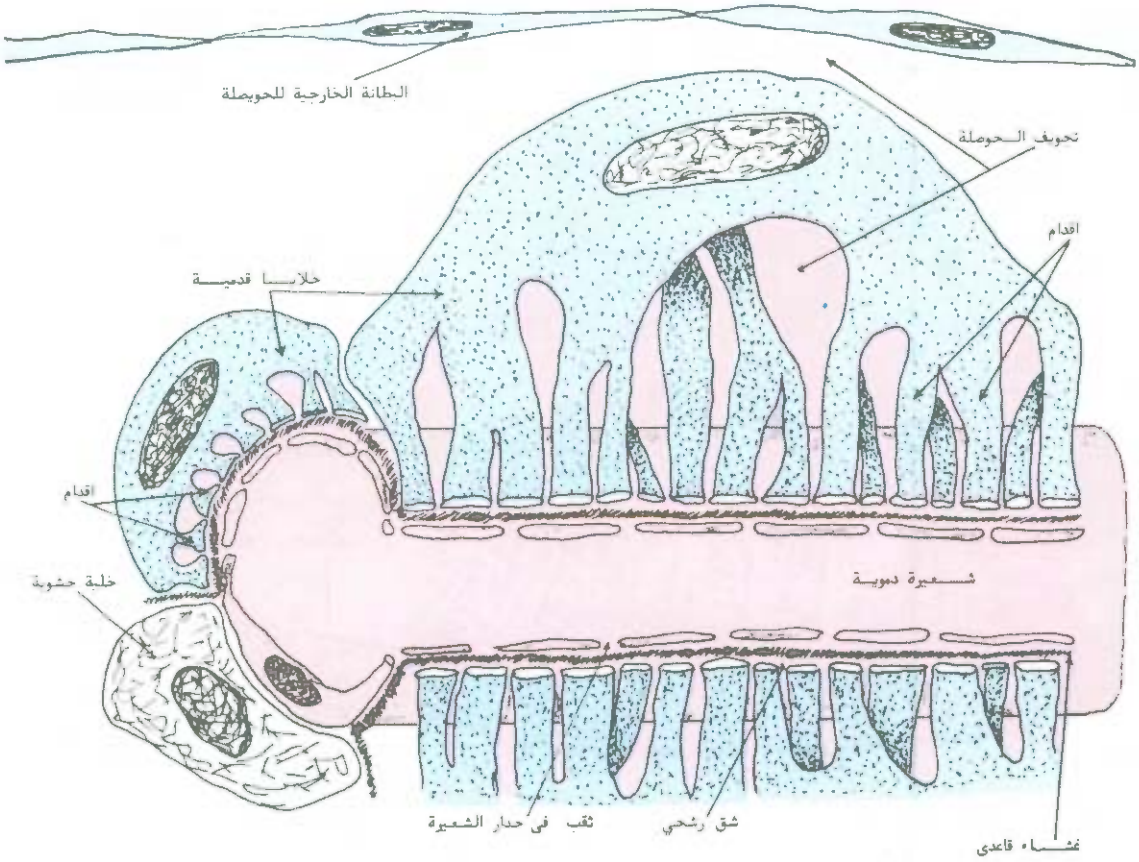
شكل (١٣٤) رسم تخطيطي للانيبوبة البولية وعلاقة الاوعية الدموية بها

بالشعيرات الدموية العادية وتسمى بالخلايا الوسطية Mesangeal cells وتقوم بإفراز مادة تشبه المادة المكونة للغشاء القاعدي وبذلك تعزز الحماية للشعيرات الدموية . ويعتقد أن لهذه الخلايا الوسطية القدرة على التقلص وبذلك تزيد الضغط على الشعيرات فتؤثر على كمية الدم الدائرة في الجمع .

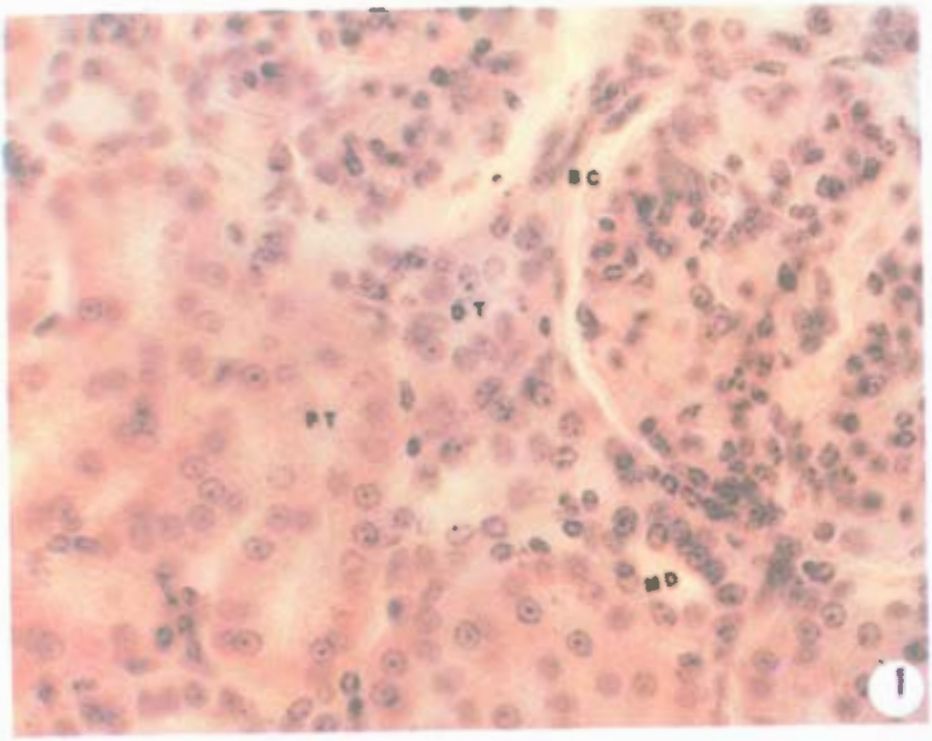
الانيبوبة الملتفة الدانية Proximal convoluted tubule :

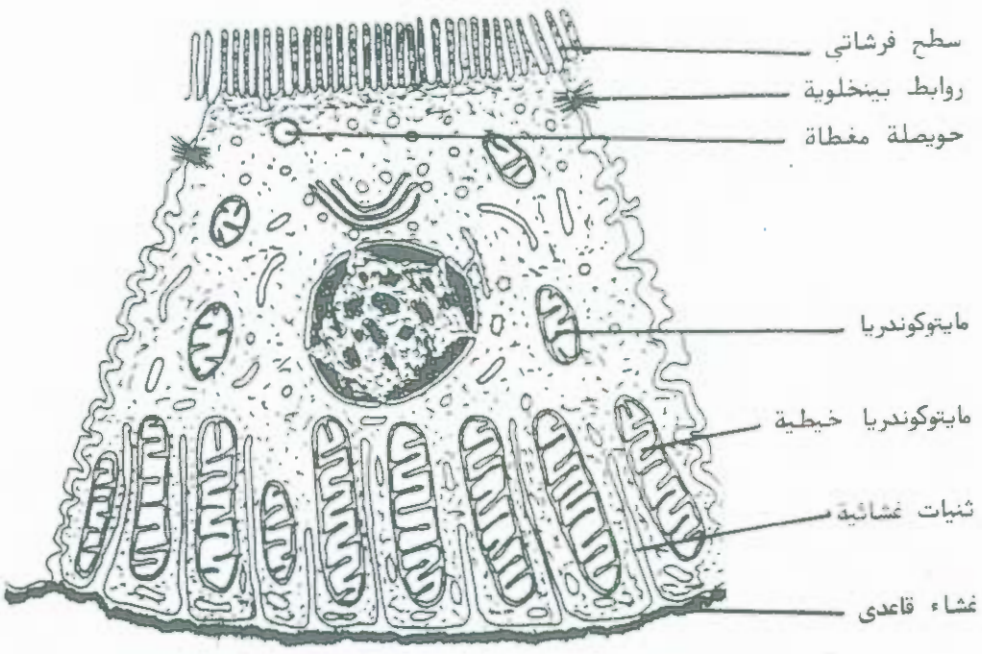
يبلغ طول هذا الجزء من النفرون حوالي ١٤مم ويبلغ متوسط قطره حوالي ٥٠ ميكروناً . وتتكون الانيبوبة من جزء ملتف على نفسه بجوار كرية ملبيجي وأنيبوبة مستقيمة تتجه نحو اللب مارة في شعاع لبي . ويتكون جدار الانيبوبة الدانية من خلايا هرمية لها صفات الخلايا الامتصاصية ولها كذلك مميزات الخلايا الناقلة للايونات . ولذلك فان الجزء العلوي من الخلايا مزود بأعداد هائلة من الخميلات ، ويحتوي على عدد كبيرة من المايتوكوندريا (شكل ١٣٦) .

أما الاسطح الجانبية للخلايا فكثيرة التعرج مكونة تشابكات مع الخلايا المجاورة (مما يجعل حدود هذه



شكل (١٣٥) رسم تخطيطي لجزء من محفظة «بومان» البولية





ب

شكل (١٣٦)

أ ـ جزء من القشرة (قوة وسطى) يلاحظ فيه الاجزاء: محفظة «بومان» (BC) ، البقعة المزدحمة (MD) ، الملتفة الدانية (PT) والملتفة القاصية (DT) .

ب ـ رسم لخلية من بطانة الأنيبوبة الملتفة الدانية

الخلايا غير واضحة بالمجهر الضوئي) بينما يكون الجزء السفلي لكل خلية غني بالمايتوكوندريا الخيطية المتراصة بين ثنيات طولية من غشاء الخلية (لتزيد من السطح)، وهذا هو سبب وجود الخطوط الحامضية الاصطباغ المميزة للاجزاء السفلية من هذه الخلايا.

وتقوم هذه الخلايا بامتصاص الكثير من المواد القادمة من المحفظة مع الرشيح وتنقل الكثير من الايونات خلال غشائها القاعدي الى الدم. فيمتص حوالي ٦٥٪ من الماء والصوديوم في هذا الجزء من النفرون وذلك عن طريق مضخة الصوديوم Sodium pump كما يمتص كل الجلوكوز والبروتينات التي يحتويها الرشيح.

عـــروة هنـــل Henle's loop :

وتبـدأ من نهاية الانيبوبة الدانية بجزء رفيع ينزل جهة اللب ثم ينثني راجعاً الى القشـــرة مكـوناً الجزء الصاعد الذي يكون أسمك من الجزء النازل. وبذلك تكون العروة على شكل "U".

وهناك نوعان من النفرونات. النوع القشري ويتميز بأن عروته قصيرة. والنوع الثاني ويسمى جار اللبي Juxtamedullary nephron وهو يوجد عادة بالقرب من اللب وتكون عروته طويلة وتمتد في اللب الى مسافة بعيدة.

ويبطن الجزء الرفيع من العروة (وقطره حوالي ١٣ ميكروناً) بخلايا طلائية حرشفية رقيقة وقد يصعب تمييزه لذلك عن الشعيرات الدموية، ولكنه أوسع وبطانته أسمك ولا يحتوي ـ طبعاً ـ على عناصر دموية.

أما الجزء الصاعد من العروة فهو يشبه الانيبوبة القاصية الى حد بعيد.

الانيبوبة الملتفة القاصية Distal convoluted tubule :

وتلي الجزء الصاعد من العروة، وتبدأ بجزء مستقيم على امتداد العروة ثم تلتف على نفسها بعد أن تمر أمام كرية ملبيجي التابعة لنفس النفرون. ويكون طول الانيبوبة القاصية وقطرها أقل منهما فى الانيبوبة الدانية ويوجد في مقطعها العرضي حوالي ٨ خلايا (بينما يتكون جدار الانيبوبة الدانية من ٤ خلايا فقط).

ويكوّن الجزء من الانيبوبة القاصية ـ الذي يقترب من كرية ملبيجي ـ مع الشريان الوارد والشريان الصادر وما بينهما من خلايا، ما يسمى بالجهاز جار الجمّعي Juxtaglomerular apparatus.

وتكاد تكون الخلايا المبطنة للانيبوبة القاصية مكعبة ولها حافة فرشاتية (تتكون من خميلات) واذا قورنت بخـلايا الانيبـوبـة الدانية فان سيتوبلازمها يحتوي على عدد أقل من المايتوكوندريا ، ولا تتداخل اغشيتها الجانبية، ولذلك فان حدودها تظهر أكثر وضوحاً.

ويتكون الجهاز جار الجمعي من ثلاثة مكونات هي :

١ ـ **الخلايا جار الجمعية** Juxtaglomerular cells وتوجد في جدار الشريان الوارد وتشبه الخلايا الطلائية وتحتوي على حبيبات الرنين Renin أو المواد المكونة له. ولأن الشريان الوارد يفتقد الى الصفيحة المرنة فان الخـلايا جار الجمعية تكون قريبة من الدم داخل الشريان من جهة ، وملاصقة لخلايا الانيبوبة القاصية من الجهة الاخرى.

٢ ـ **البقعـة الكثيفة** Macula densa : وهي المنطقة من الانيبوبة الصاعدة التي تلاصق الشريان الوارد وتكون الخلايا المبطنة لهذه المنطقة عمودية متقاربة الانوية ولذلك تظهر كثيفة الخلايا (شكل ١٣٦).

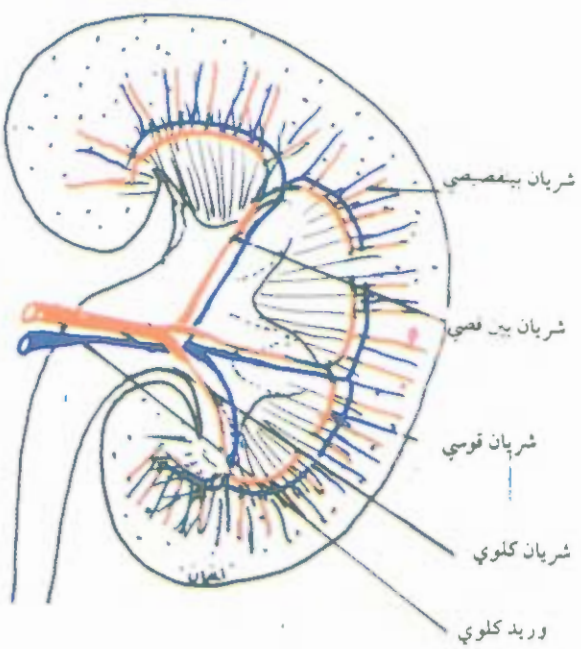
٣ ـ الخلايا الوسادية Cushion cells : وهي التي تنحصر بين البقعة الكثيفة من جهة والشريانين الوارد والصادر من الجهة الاخرى. وتكون مكعبة وتشبه الخلايا الوسطية Mesangial cells .

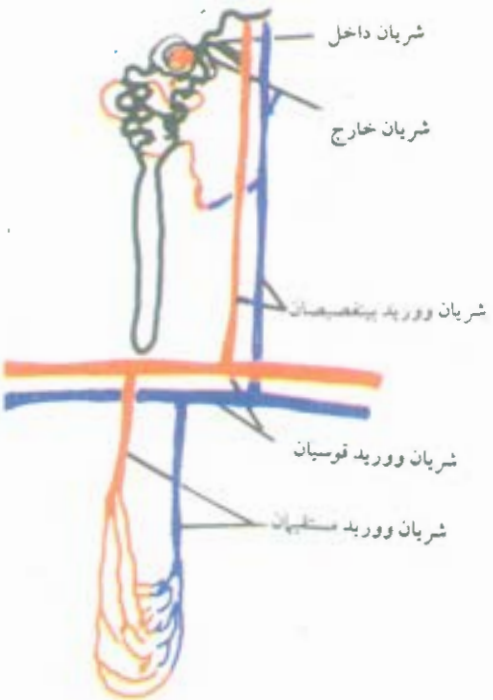
ويقوم الجهاز جار الجمعي بالتحكم في ضغط الدم داخل شعيرات الجمع وذلك بافراز مادة الرنين. فعندما ينخفض ضغط الدم في الشريان الوارد تقوم الخلايا جار الجمعية ـ الحساسة لمقدار الشد الواقع على جدار الشريان ـ بافراز الرنين في الدم. ومن خلال سلسلة من العمليات يرتفع ضغط الدم. ويحدث العكس عندما يزداد ضغط الدم في الشريان الوارد.

القناة الجامعة Collecting duct :

وهي الجزء الأخير من الانبوبة البولية. وتقوم بجمع البول من الانيبوبات القاصية القادمة من النفرونات المحيطة بها والتي قد يصل متوسط عددها الى ٩ نفرونات.

ويسمى الجزء الأخير من القناة الجامعة بقناة بلليني Duct of Bellini وتبطن القناة الجامعة بخلايا عمودية غير متميزة الحدود (لوجود تشابكات بينها). وأثناء مرور البول في القناة الجامعة يتم امتصاص بعض الماء ليصبح البول في تركيبه وحجمه النهائيين.





شكل (١٣٧) دورة الدم في الكلية

وللهرمون المضاد للادرار Antidiuretic hormone تأثير مباشر على نفوذية الماء من بطانة الانيبوبة القاصية والقناة الجامعة اللتين تقومان معاً بامتصاص حوالي ٢٠ ٪ من الماء الذي رشح في كريات ملبيجي وبذلك يتحكم هذا الهرمون في حجم البول الوارد الى حوض الكلية.

دورة الدم داخل الكلية (شكل ١٣٧):

يدخل الدم الى الكلية عن طريق الشريان الكلوي الذي يتفرع الى عدد من الشرايين بين الفصية ينثني كل منها عند الحدود الفاصلة بين القشرة واللب ليكون الشرايين القوسية Arcuate arteries ، والتي يخرج منها شرايين تمر في القشرة بين الفصيصات لتخرج منها الشرايين الواردة الى كريات ملبيجي . ويكوّن الشريان الوارد شعيرات الجمع (كما ذكر من قبل) والتي تتجمع لتكوّن الشريان الصادر الذي يتفرع بدوره مكوناً شبكة من الشعيرات حول الانيبوبية التي تحيط بالانيبوبات الملتفة.

وفي حالة النفرونات جار اللبية فان مسار الاوردة يختلف عن ذلك. حيث ان الشريان الصادر يدخل الى اللب مكوناً الشرينات المستقيمة التي تكون شبكة من الشعيرات حول عروات هذه النفرونات داخل اللب. وتتجمع هذه الشعيرات لتكون أوردة مستقيمة تصب في الاوردة القوسية.

يغذي محفظة الكلية شرايين تخرج من نهايات الشرايين بين الفصيصية.

مجـاري البـول Urinary tracts

وتبدأ بالكئوس (الصغيرة ثم الكبيرة) فحوض الكلية فالحالب فالمثانة البولية وأخيراً قناة مجرى البول.

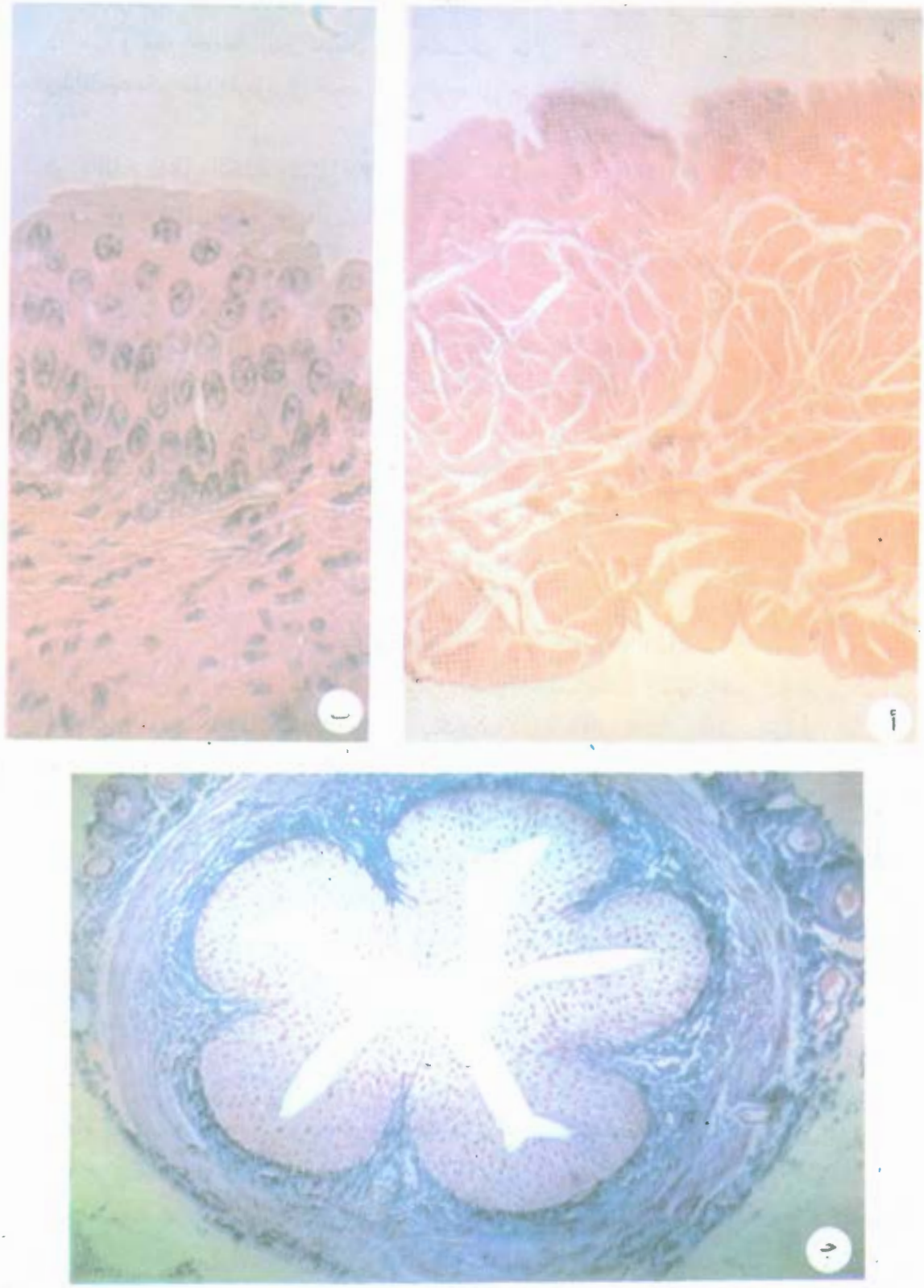
وجدران هذه المجاري مبطنة بغشاء مخاطي يتكون من نسيج طلائي انتقالي وطبقة خاصة من النسيج الضام المفكك الغني بالاوعية الدموية (يراجع التركيب التفصيلي للنسيج الطلائي الانتقالي) . .

وابتداءاً من حوض الكلية تبدأ الطبقة العضلية في الظهور ولكنها لا تكون منتظمة الا بدءاً من الحالب حيث توجد مرتبة في طبقتين، الداخلية طولية والخارجية دائرية (عكس ترتيبها في جدار القناة الهضمية). ويوجد في جدار الكئوس بعض الالياف العضلية المتفرقة.

وفي الجزء السفلى من الحالب وفي المثانة البولية توجد طبقة عضلية ثالثة طولية. وتكون الطبقة العضلية الوسطى في جدار المثانة سميكة وبتقلصها تتعرج الطبقة المخاطية مكونة ثنيات تظهر عندما تكون المثانة فارغة وتختفي عند امتلاء المثانة بالبول (شكل ١٣٨).

ويحاط الحالب والمثانة البولية من الخارج بطبقة خارجية من النسيج الضام.

وتختلف قناة مجرى البول في الذكر عنها في الانثى. ففي الذكر تقوم بنقل السائل المنوي علاوة على نقل البول (دون اختلاط بينهما)، ولذا فهي تمر في العضو التناسلي الذكرى وتكون بقدر طوله. اما في الانثى فهي لا تنقل سوى البول ولها فتحة مستقلة عن الفتحة التناسلية. وينطبق هذا الوصف على الثدييات، اما باقي الحيوانات فيعتمد تركيب قناة مجرى البول ـ ان وجدت ـ على طريقة التلقيح ووجود أو عدم وجود عضو تناسلي ذكري.



شكل (١٣٨) أ ـ قطاع في المثانة البولية H&E قوة صغرى
ب ـ الطلائية الانتقالية للمثانة.
جـ ـ قطاع عرضى فى الحالب (الصبغة الثلاثية) قوة صغرى.