الجهاز البولي Urinary system

هو مجموعة من الأعضاء التّي تقوم بصناعة وتخزّين وإخراج البول .

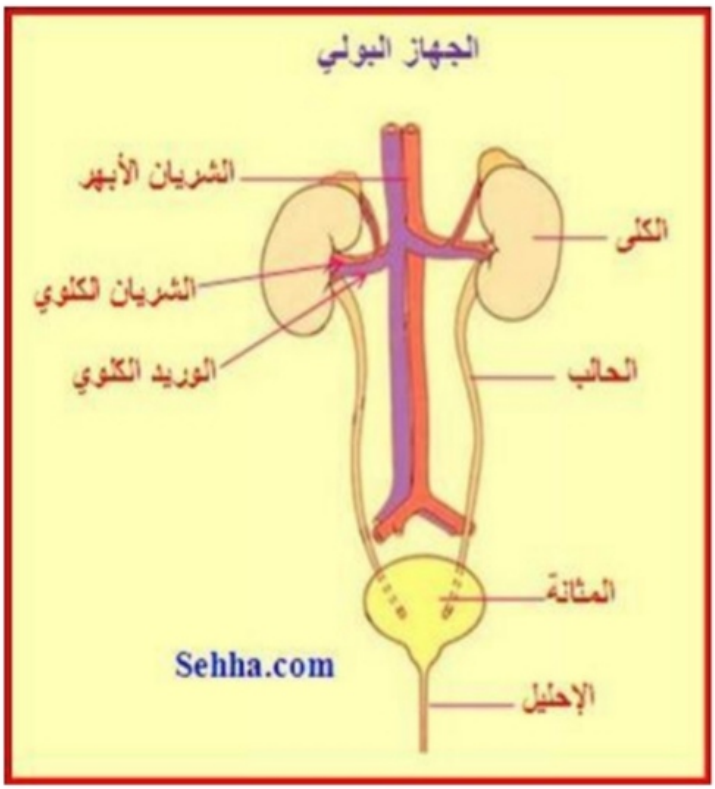
- **يتركب الجهاز البولي من التراكيب التالية :-**

١- الكليتين Kidneys يقومان بتكوين وافراز البول

٢- الحالبان Ureters يقومان بتوصيل البول من الكليتين الى المثانة

٣- المثانة البولية Urinary bladder يتم فيها خزن البول بصورة مؤقتة

٤- الاحليل Urethra ويتم من خلالها تفريغ البول المحزن في المثانة البولية الى الخارج



- **الكليتان :-** عبارة عن غدتين لونهما احمر تقعان على الجهة الظهرية للتجويف البطني والكلية اليسرى اعلى قليلاً من الكلية اليمنى . للكلية شكل مميز حيث يكون سطحها الخارجي محدب والداخلي مقعر يعرف باسم **سرة الكلية** لذا فهي تشبه حبة الفاصوليا في شكلها . يفصل الكليتان عن تجويف الجسم الغشاء البريتوني وهما مزودتين بشريانين كلويين كبيرين كما يقوم بتصريف الدم منهما وريدان كلويان ويصل الحالب بين الكلية والمثانة البولية .

- **الحالبان :-** عبارة عن قناة عضلية تدفع البول نحو المثانة يبلغ طوله من ٢٥-٣٥ سم ويتكون من عدة مقاطع ولا يوجد صمامات على مستوى المثانة ولكن الاتصال المائل للحالب وكذلك عضلات المثانة تقوم بمقام الصمامات

- **المثانة :-** وهي عبارة عن كيس عضلي مجوف بيضاوي الشكل يقع اسفل المنطقة الامامية من الحوض وهي تخزن البول القادم من الكليتين . يبطن الجدار الداخلي للمثانة نسيج طلائي انتقالي مزودة جدرانها بعضلات ملساء ارادية.

- تعتبر الكلية هي الحارس الامين لسوائل الجسم فهي التي تنظم حجم وتركيب هذه السوائل وتبقيها ضمن الحدود الطبيعية لذا فان عجز الكليتين عن عملهما يؤدي الى اضطراب في سوائل الجسم وحدوث حالات مرضية .

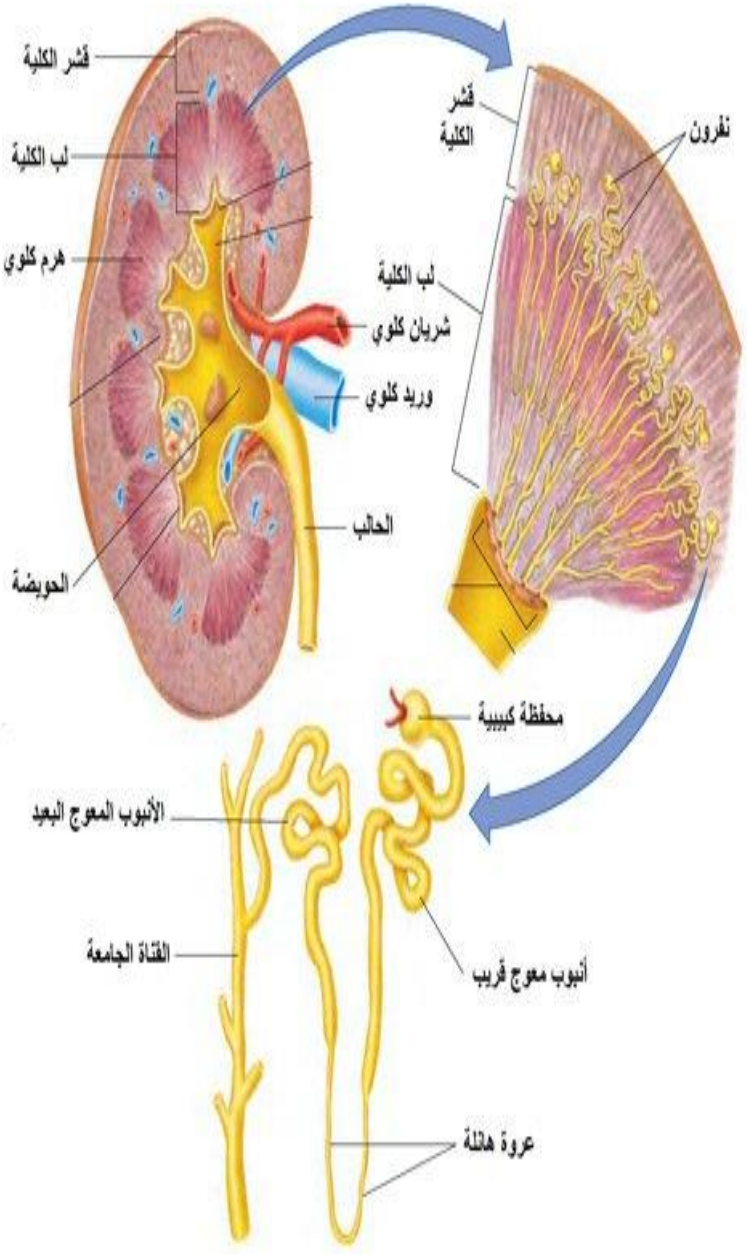
- **تركيب الكلية :-** تتكون الكلية من منطقتين:-

١- القشرة Cortex

٢- اللب Medulla

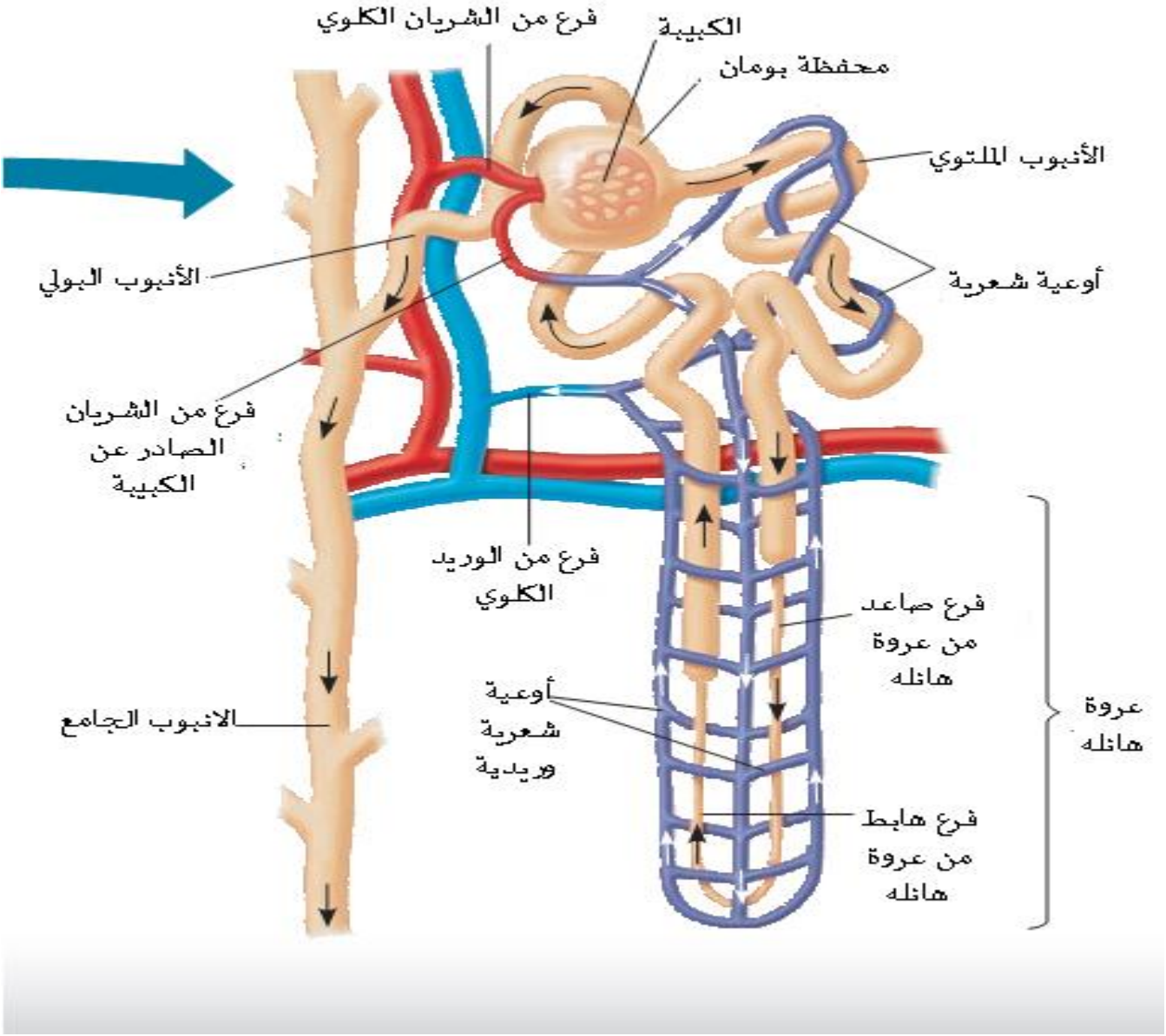
- الوحدة الوظيفية والتركيبية في الكلية تسمى النفرون nephron تحتوي كل الكلية على حوالي مليون نفرون اضافة الى الاوعية الدموية واللمفاوية واعصاب منتشرة ضمن النسيج الضام

- **تركيب النفرون :-**



يتألف النفرون الواحد من الكبيبة Glomerulus والنبيب tubules والجهاز المجاور للكبيبات juxtaglomerular apparatus

١- الكبيبة :- وهي مجموعة من الاوعية الدموية الشعرية الناتجة عن تفرع الشريان الوارد وهو فرع من الشريان الكلوي تجتمع الشعيرات الكبيبية فيما بعد لتشكل فيما بعد الشريان الصادر تحاط هذه الشعيرات بمحفظة من نسيج ضام تدعى محفظة بومان Bomans Capsule



٢- **النبيب الكلوي :-** ويتألف من عدة اجزاء وهي :-

- **النبيب الملتوي القريب Proximal convoluted tubule:-** الجزء الاولى من الانابيب بعد محفظة بومان مباشراً يوجد في القشرة خلاياه غنية بالمايتوكوندريا لذلك تتميز بقدرة عالية على النقل والامتصاص.
- **عروة هنلي Loop of Henli:-** تأتي بعد النبيب الملتوي القريب وهي على شكل حرف U تتكون من انبوب نازل من القشرة الى اللب وهو نفوذ للماء وخلاياه فقيرة بالمايتوكوندريا والجزء الاخر من عروة هنلي هو الانبوب الصاعد ويعود من اللب الى القشرة وهو غير نفوذ للماء ولكن خلاياه غنية بالمايتوكوندريا وذات قدرة كبيرة على امتصاص الالكتروليتات
- **النبيب الملتوي القاصي Distal convoluted tubule:-** يبدأ بقسم مستقيم ثم يتعرج ويتصل بالنبيب الجامع

- **النبيب الجامع Collecting duct:-** يبدأ في القشرة ويتجه على شكل انبوب مستقيم نحو اللب بشكل موازي لعروة هنلي يعمل على جمع البول ليفرغه في الكويسات ومنها الى حويض الكلية دور النبيب الجامع مهم في عمليات تكثيف البول .

٣- **الجهاز المجاور للكبيبات :-** يوجد هذا الجهاز في منطقة تماس النبيب القاصي مع الشريانين الوارد والصادر ويتألف من جزأين :-

- **الخلايا المجاورة للكبيبات :-** وهي خلايا عضلية ملساء توجد في جدران الشريان الوارد خاصة عند نقطة تماسه مع النبيب القاصي وهي خلايا كثيفة تحتوي على حبيبات افرازية مكونة من مادة الرنين Renin
- **اللطخة الكثيفة :-** وهي خلايا النبيب البعيد القاصي التي تكون على تماس مع الشريان الوارد وهي اكثف من باقي خلايا النبيب ولها وظائف افرازية هامة .
- **الوظائف الاساسية للكلية :-**

١- طرح معظم فضلات الايض
٢- المساهمة في تنظيم تركيز معظم ثوابت الوسط الداخلي
٣- المساهمة في الحفاظ على ضغط طبيعي للبلازما
٤- المحافظة على تحقيق توازن حامضي- قاعدي (ثبات ال PH)
٥- تساهم في المحافظة على الضغط الشرياني
٦- ضبط التوازن الكلسي الفسفوري
٧- المساهمة في تصنيع خلايا الدم الحمراء عن طريق افراز مادة الإرثروبايوتين Erythrobieotin

- **عملية تكوين البول :-** تشمل هذه العملية ثلاث خطوات رئيسية متتابعة وهي :-

١- **الترشيح Filtration:-** مرور الدم في الشعيرات الدقيقة داخل محفظة بومان وخروجه من وعاء اضيق يرفع الضغط وقوة هذا الضغط تدفع جزءاً من الدم الى الترشيح خلال جدران الشعيرات والجدار الداخلي الرقيق لمحفظة بومان الذي تلاصقه تماماً ثم يمر الراشح من تجويف جدران المحفظة المزدوج الى الانبوب البولي وهذا الراشح يشبه بلازما الدم بشكل عام ماعدا جزيئات البروتينات وخلايا الدم التي لا تنفذ لكبر حجمها .

- **مكونات الراشح :-** الماء ، الاملاح المعدنية ، الكلوكوز ، الاحماض الامينية والمواد النيتروجينية الضارة

٢- **اعادة الامتصاص Reabsorption :-** تمتص خلايا الانبوب البولي القريب والتواء هنلي والانبوب البعيد ولأنبوب الجامع بطريقة انتخابية (اي بطريقة فيها تمييز واختيار) اي حوالي ٩٩% من السائل الذي تم ترشيحه يتم اعادته الى الدم والمواد المستردة هي الكلوكوز، الاحماض الامينية ، معظم الماء والصوديوم وبعض الايونات الاخرى وذلك

وفقاً لحاجة الجسم وبعدة طرق منها الانتشار البسيط والانتشار الازموزي والنقل الفعال وذلك حسب طبيعة المواد وتراكيزها المختلفة .

٣- **الافراز الانبوبي Tubular secretion**:- اضافة الى عملية الامتصاص تقوم خلايا الانبوب البولي بعملية مضادة وهي سحب بعض المواد من الدم وافرازها في البول واهم هذه المواد الامونيا وايونات البوتاسيوم والهيدروجين والسموم التي قد تصل مجرى الدم .

- **تنظيم طرح الماء في البول :-**

يتم تنظيم طرح البول عن طريق الهرمون المضادة للإبالة Antidiuretic hormone (ADH) الذي يصنع في الغدة تحت المهاد hypothalamus الموجودة في الدماغ ويخزن في الفص الخلفي للغدة الغدة النخامية ويعمل من خلال تأثيره على نفرونات الكلية مسبباً زيادة في اعادة امتصاص الماء مقللاً بذلك حجم البول

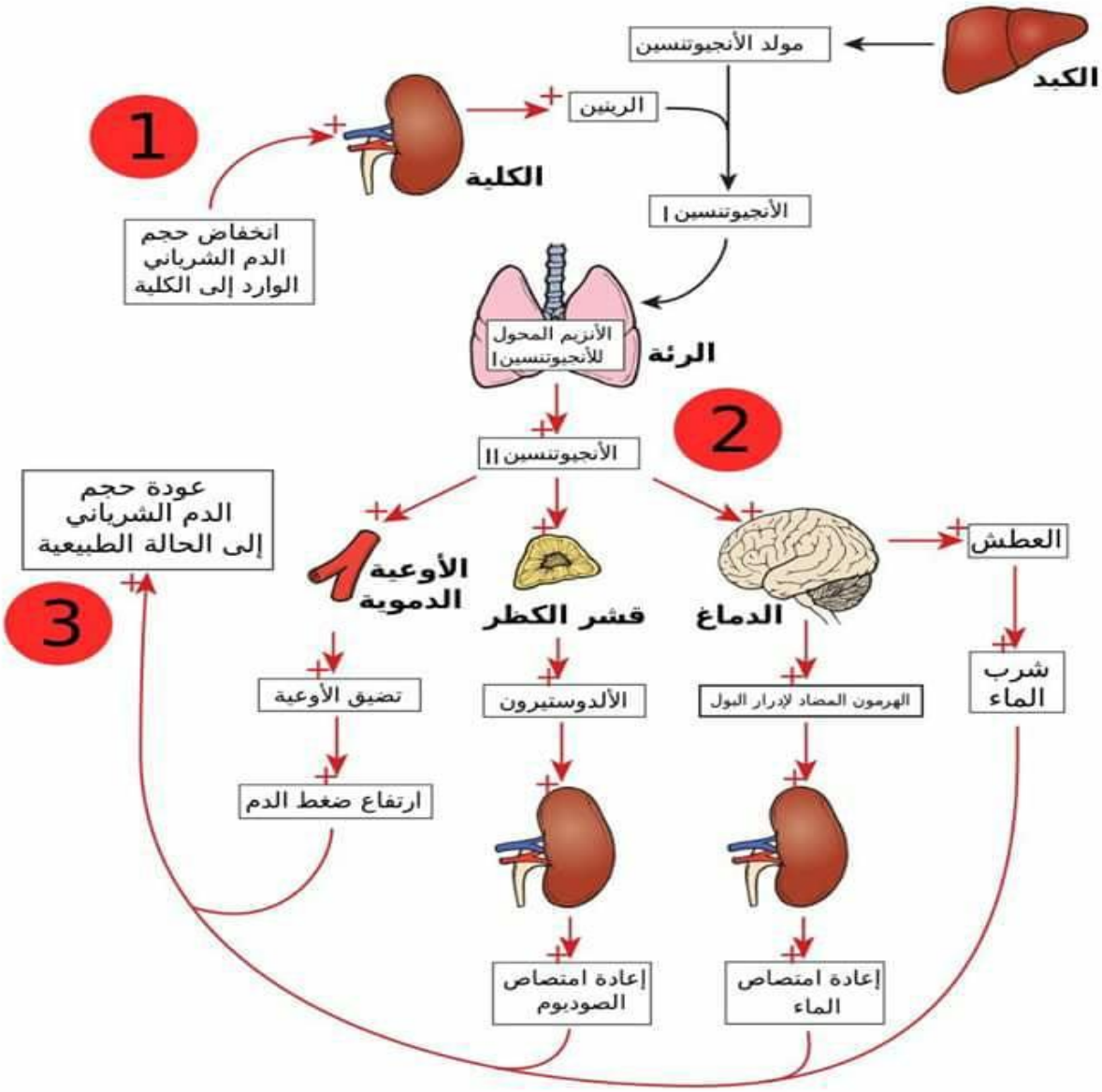
- **دور الكليتين في تنظيم ضغط الدم :-**

بعيداً عن قدرة الكليتين في السيطرة على الضغط الشرياني من خلال تغير حجم السائل خارج الخلوي تمتلك الكليتان أيضاً آلية قوية أخرى للسيطرة على الضغط تسمى جهاز الرينين – أنجيوتنسين - الألدوستيرون **Renin–angiotensin–**aldosterone **system**

- **الرينين Renin**:- هو أنزيم بروتيني صغير يتحرر من الكليتين عندما ينخفض الضغط الشرياني كثيراً جداً وبدوره يرفع الضغط الشرياني من خلال عدة طرق ويساعد هكذا بتصحيح الهبوط البدائي في الضغط.
- **مكونات جهاز الرينين ـ أنجيوتنسين - الألدوستيرون:-**
- الرينين يتم تركيبه واختزانه بالشكل غير الفعَّال الذي يدعى طليعة الرينين Prorenin في الخلايا مجاورة الكبيبية juxtaglomerular cells في الكليتين.
- **آلية عمل هذا الجهاز :-**
- عندما يهبط الضغط الشرياني فإن التفاعلات الداخلية في الكليتين بالذات تسبب انقسام العديد من جزيئات طلائع الرينين في الخلايا المجاورة للكبيبة وتحرير الرينين يدخل معظم الرينين إلى الدم الكلوي ويعبر من الكليتين إلى الدوران في كامل الجسم وتبقى كميات صغيرة من الرينين في السوائل الموضوعية للكلية وتحرض عدة وظائف داخل كلوية.
- الرينين نفسه عبارة عن أنزيم وليس مادة فعالة في الأوعية فإنه يعمل بشكل أنزيمي على بروتين بلازمي آخر وهو من نوع الكلوبولين ويدعى ركيزة الرينين renin- substrate **(مولد الأنجيوتنسين)** ليحرر ببتيد بعشرة احماض أمينية وهو أنجيوتنسين I. يمتلك الأنجيوتنسين I خواصاً قابضة وعائية معتدلة ولكنها ليست كافية لإحداث تغيرات وظيفية واضحة في وظيفة الدوران. يبقى الرينين في الدم لمدة ٣٠ دقيقة إلى ساعة واحدة ويستمر في عمله لتشكيل الأنجيوتنسين I خلال كل هذه الفترة.
- خلال عدة ثواني بعد تشكيل الأنجيوتنسين I يتم انفصال حامضين أمينيين إضافيين من الأنجيونسين I لتشكيل ببتيد مؤلف من ثمانية احماض أمينية وهو أنجيوتنسين II. يحدث هذا التحول بشكل كلي تقريباً في الرئتين خلال عدة ثواني من تدفق الدم عبر الأوعية الصغيرة للرئتين ويتوسط هذا التفاعل أنزيم يدعى الأنزيم القالب converting enzyme وهو موجود في بطانة الأوعية الرئوية.
- يعتبر الأنجيوتنسين II قابض وعائي قوي جداً وله تأثيرات أخرى بالإضافة لتأثيره بالدوران. يبقى في الدم لمدة ١-٢ دقيقة فقط لأن نشاطه يتعطل بسرعة بواسطة أنزيمات دموية ونسيجية متعددة تدعى مجتمعة أنجيوتنسينيز angiotensinase.
- خلال وجود الأنجيوتنسين II في الدم فإنه يملك تأثيرين رئيسين ويرفع بالتالي الضغط الشرياني. **التأثير الأول** هو القبض الوعائي ويحدث بسرعة وبشكل قوي في الشرينات وبشكل أقل في الأوردة. إن قبض الشرينات يزيد المقاومة المحيطية الإجمالية ويرفع بالتالي الضغط الشرياني . أيضاً يحث القبض المعتدل للأوردة زيادة العودة الوريدية للدم إلى القلب ويساعد بالتالي على ضخ القلب بشكل مضاد للزيادة في الضغط. **والتأثير الرئيسي الثاني** للأنجيوتنسين في زيادة الضغط الشرياني هو العمل مباشرة على الكليتين بالذات في خفض

طرح الملح والماء. وهذا يرفع بشكل بطيء حجم السائل خارج الخلوي الذي يزيد بعدها الضغط الشرياني خلال فترة ساعات وأيام. إن هذا التأثير طويل الأمد الذي يعمل من خلال آلية حجم السائل خارج الخلوي هو أقوى بكثير من آلية القبض الوعائي الحاد الذي في النهاية يعيد الضغط الشرياني إلى المستوى الطبيعي بعد هبوط ضغط الدم.

- يحرض الأنجيوتنسين II قشر الكظر من أجل إفراز هرمون يدعى الألدوستيرون aldosterone، الذي ينظم تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم في الدم حيث يقوم الألدوستيرون بحجز الصوديوم (الملح) داخل الجسم. يؤثر الألدوستيرون في النبيبات الكلوية، حيث تقوم النبيبات الكلوية بإعادة امتصاص الصوديوم والماء وإعادتهما إلى الدم. يؤدي ذلك إلى زيادة حجم السائل في الجسم، وأيضاً زيادة ضغط الدم.



مخطط يوضح مكونات نظام الرينين أنجيوتنسين ألدوسترون.

- **الحصى البولية Urolithiasis :-**

المُسمّى أيضاً بحصى الكلى Kidney Stones بأنّه الحالة المرضية الناجمة عن ارتفاع تراكيز بعض أنواع المعادن في البول؛ مما يؤدي إلى تكوّن كُتل صلبة بُنيّة أو صفراء اللون شبيهة بالحصى في إحدى الكليتين أو كلتيهما، ورغم تعدّد أشكال وأحجام هذه الحصى إلّا أنّها من النّادر أن تُسبّب أضراراً دائمة خاصّة إذا عولجت بالطريقة المناسبة.

- تختلف الحصى الكلوية في خصائصها من نوع إلى آخر؛ فقد تكون ملساء السطح أو مُسنّنة، وتتراوح أحجامها بين ما يُقارب حجم حبّة الرمل إلى حجم حبّة البازيلاء، وفي حالات نادرة قد يصِل حجمها إلى حجم كرة الغولف، وتخرج الحصى الصغيرة من تلقاء ذاتها عبر المسالك البولية ويرافق ذلك الشعور بالقليل من الألم أو قد تخرج دون أن تُسبّب الشعور بأيّ ألم على الإطلاق، ولكن قد تعلق الحصى الأكبر حجماً أثناء خروجها ممّا يحول دون تدفق البول، وقد تُسبّب النّزف أو الشعور بالألم الشديد.

- **أسباب تكون حصى الكلى وأنواعها:-**

تتشكّل في العادة نتيجة ارتفاع تراكيز بعض أنواع الموادّ التي لها القدرة على تشكيل بلّورات تؤدّي إلى تكوّن الحصى في البول، مثل: الكالسيوم والاوكسالاتOxalate وحمض اليوريك Uric acid بحيث يكون هذا الارتفاع بشكل يفوق قدرة السائل في البول على تخفيف تراكيز هذه المواد خاصّة إذا كان مدخلات الجسم من السوائل غير كافية أو كانت مخرجاته منها -عن طريق التعرّق تحديدًا مرتفعة، وفي الوقت نفسه، قد يفتقر البول إلى وجود مواد تمنع البلّورات من الالتصاق ببعضها، ممّا يخلق بيئة مثالية لتشكّل حصوات الكلى إضافة إلى أنّه من الممكن أن تؤدّي بعض الحالات الطبية إلى زيادة مستويات هذه المواد الكيميائية في البول ممّا يساهم في تكوّن حصى الكلى وقد يختلف المُسبب الذي يؤدّي إلى تكوّن حصى الكلى تبعًا لنوع الحصى المُتشكّلة.