PHYSIOLOGY

FACULTY OF PHARMACEUTICAL SCIENCES
DR. AMJAAD ZUHIER ALROSAN

LECTURE 10, PART (1): INTRODUCTION OF THE URINARY SYSTEM

Objectives

1. Discuss **introduction of the urinary system.**
2. Describe **overview of kidney functions**.
3. Explore **glomerular filtration.**

(Pages 991- 993 of the reference)

THE URINARY SYSTEM الجهاز البولي

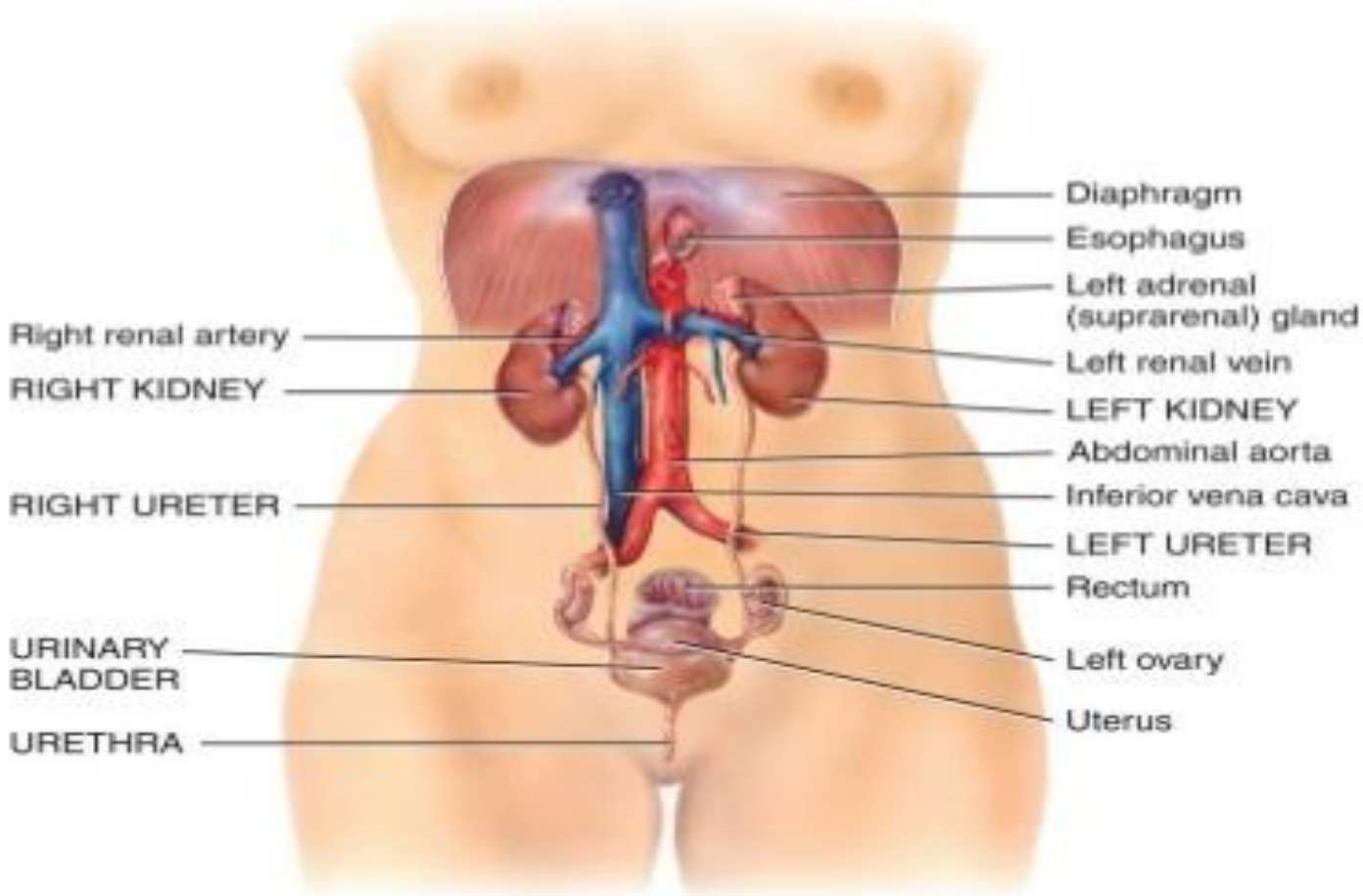
- **The urinary system contributes to homeostasis** by altering blood composition, pH, volume, and pressure; maintaining blood osmolarity; excreting wastes and foreign substances; and producing hormones.

يساهم الجهاز البولي في الحفاظ على التوازن الداخلي للجسم عن طريق تغيير تركيب الدم، ودرجة حموضته، وحجمه، وضغطه، والحفاظ على تركيزه الاسموزي، وإخراج الفضلات والمواد الغريبة، وإنتاج الهرمونات.

- **The urinary system consists of** two kidneys, two ureters, one urinary bladder, and one urethra.

يتكون الجهاز البولي من كليتين، وحالبين، ومثانة بولية، وإحليل.

Organs of the urinary system in a female



(a) Anterior view of urinary system

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

THE URINARY SYSTEM

* بعد أن تقوم الكلى بتصفية بلازما الدم، فإنها تعيد معظم الماء والمذاب إلى مجرى الدم. ويشكل الماء المتبقي والمواد المذابة البول، الذي يمر عبر الحالب ويتم تخزينه في المثانة البولية حتى يتم إخراجه من الجسم عبر مجرى البول.

- **After the kidneys filter blood plasma, they return most of the water and solutes to the bloodstream. The remaining water and solutes constitute urine, which passes through the ureters and is stored in the urinary bladder until it is excreted from the body through the urethra.**

- **Nephrology** is the scientific study of the anatomy, physiology, and pathology of the kidneys.

* طب الكلى هو الدراسة العلمية لتشريح الكلى ووظائفها وأمراضها.

يُسمّى فرع الطب الذي يُعنى بالجهاز البولي للذكور والإناث والجهاز التناسلي الذكري طب المسالك البولية. الطبيب المتخصص في هذا الفرع من الطب يسمى طبيب المسالك البولية.

- The branch of medicine that deals with the male and female urinary systems and the male reproductive system is called **urology**. A physician who specializes in this branch of medicine is called a **urologist**.

THE URINARY SYSTEM

* تنظم الكليتان حجم الدم وتركيبه، وتساعدان في تنظيم ضغط الدم، ودرجة الحموضة، ومستويات الجلوكوز، وتنتجان هرمونين (الكالسيتريول والإريثروبويتين)، وتطرحان الفضلات في البول.

- **Kidneys** regulate blood volume and composition; help regulate blood pressure, pH, and glucose levels; produce two hormones (calcitriol and erythropoietin); and excrete wastes in urine.

ينقل الحالبان البول من الكليتين إلى المثانة.

- **Ureters** transport urine from kidneys to urinary bladder.

- **Urinary bladder** stores urine and expels it into urethra.

تقوم المثانة البولية بتخزين البول وطرده إلى مجرى البول.

- **Urethra** discharges urine from body.

يفرز الإحليل البول من الجسم.

OVERVIEW OF KIDNEY FUNCTIONS

نظرة عامة على وظائف الكلى

١. تنظيم التركيب الأيوني للدم: تساعد الكلى على تنظيم مستويات العديد من الأيونات في الدم، وأهمها أيونات الصوديوم، وأيونات البوتاسيوم، وأيونات الكالسيوم، وأيونات الكلوريد، وأيونات الفوسفات.

1. **Regulation of blood ionic composition:** The kidneys help regulate the blood levels of several ions, most importantly sodium ions, potassium ions, calcium ions, chloride ions, and phosphate ions.

2. **Regulation of blood pH:** The kidneys excrete a variable amount of hydrogen ions into the urine and conserve bicarbonate ions, which are an important buffer of hydrogen ions in the blood. Both of these activities help regulate blood pH.

٢. تنظيم درجة حموضة الدم: تفرز الكلى كميات متفاوتة من أيونات الهيدروجين في البول، وتحافظ على أيونات البيكربونات، وهي عازل مهم لأيونات الهيدروجين في الدم. يساعد كلا النشاطين على تنظيم درجة حموضة الدم.

OVERVIEW OF KIDNEY FUNCTIONS

٣. تنظيم حجم الدم: تُنظِّم الكلى حجم الدم عن طريق الاحتفاظ بالماء في البول أو التخلص منه. زيادة حجم الدم ترفع ضغط الدم، وانخفاضه يُخفِّضه.

3. **Regulation of blood volume:** The kidneys adjust blood volume by conserving or eliminating water in the urine. An increase in blood volume increases blood pressure; a decrease in blood volume decreases blood pressure.

4. **Regulation of blood pressure:** The kidneys also help regulate blood pressure by secreting the enzyme renin, which activates the renin–angiotensin–aldosterone pathway. Increased renin causes an increase in blood pressure.

٤. تنظيم ضغط الدم: تُساعد الكلى أيضًا في تنظيم ضغط الدم عن طريق إفراز إنزيم الرينين، الذي يُنشِّط مسار الرينين-ألدوستيرون. زيادة الرينين تُسبِّب ارتفاع ضغط الدم.

OVERVIEW OF KIDNEY FUNCTIONS

5. **Maintenance of blood osmolarity:** By separately regulating loss of water and loss of solutes in the urine, the kidneys maintain a relatively constant blood osmolarity close to 300 milliosmoles per liter (mOsm/liter).

5. الحفاظ على تركيز الدم الأسمولي: من خلال تنظيم فقدان الماء وفقدان المواد المذابة في البول بشكل منفصل، تحافظ الكلى على تركيز دم أسمولي ثابت نسبيًا يقارب 300 ملي أسمول لكل لتر (mOsm/iter).

6. **Production of hormones:** The kidneys produce two hormones. **Calcitriol**, the active form of vitamin D, helps regulate calcium homeostasis, and **erythropoietin** stimulates the production of red blood cells.

٦. إنتاج الهرمونات: تنتج الكلى هرمونين. الكالسيتريول، وهو الشكل النشط لفيتامين د، يساعد على تنظيم توازن الكالسيوم، بينما يحفز الإريثروبويتين إنتاج خلايا الدم الحمراء.

OVERVIEW OF KIDNEY FUNCTIONS

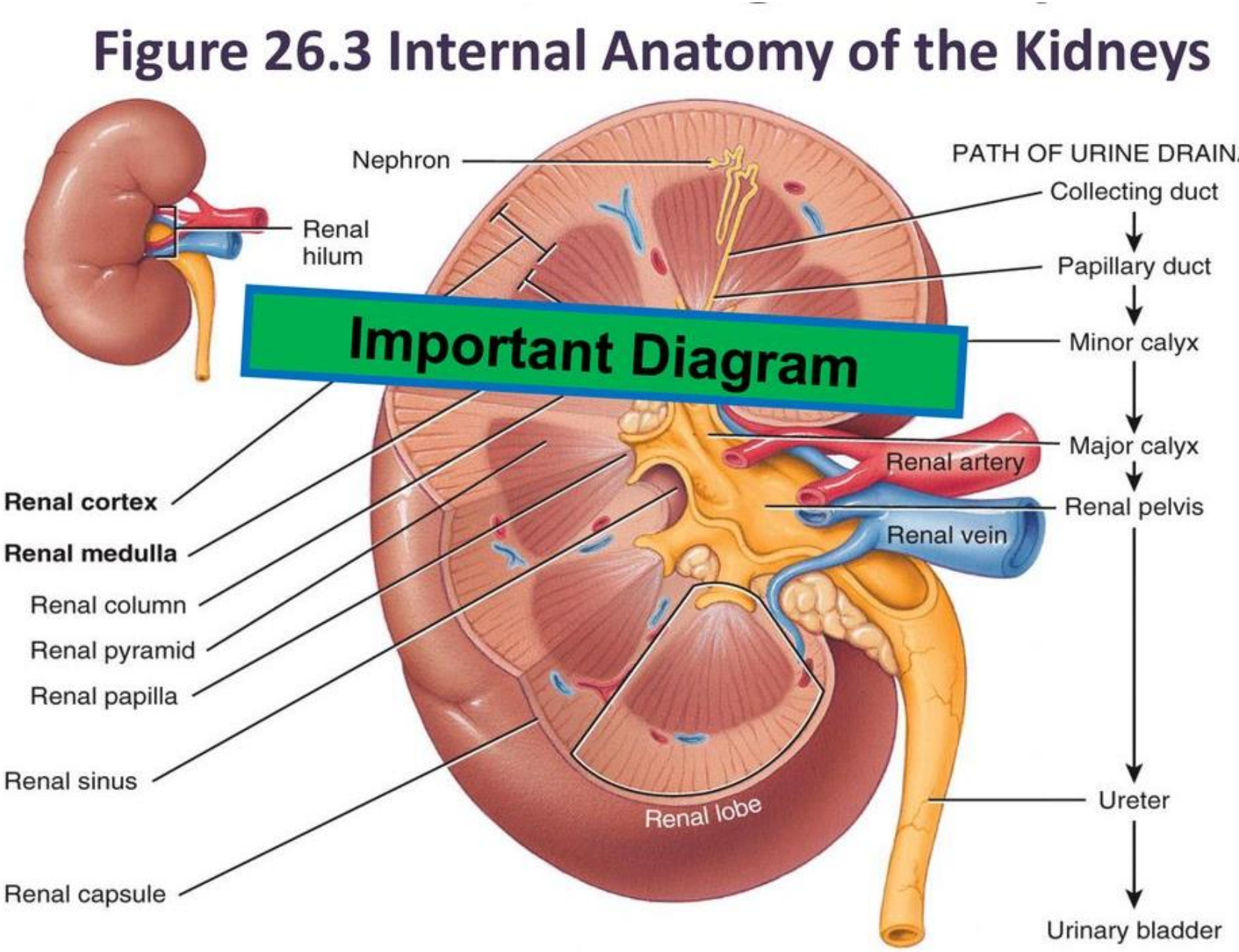
٧. تنظيم مستوى السكر في الدم: مثل الكبد، يمكن للكلى استخدام حمض الجلوتامين الأميني في عملية تكوين الجلوكوز، أي تخليق جزيئات جلوكوز جديدة. ثم يمكنها إطلاق الجلوكوز في الدم للمساعدة في الحفاظ على مستوى طبيعي للجلوكوز في الدم.

7. **Regulation of blood glucose level:** Like the liver, the kidneys can use the amino acid glutamine in gluconeogenesis, the synthesis of new glucose molecules. They can then release glucose into the blood to help maintain a normal blood glucose level.

8. **Excretion of wastes and foreign substances.**

٨. إخراج الفضلات والمواد الغريبة.

Figure 26.3 Internal Anatomy of the Kidneys

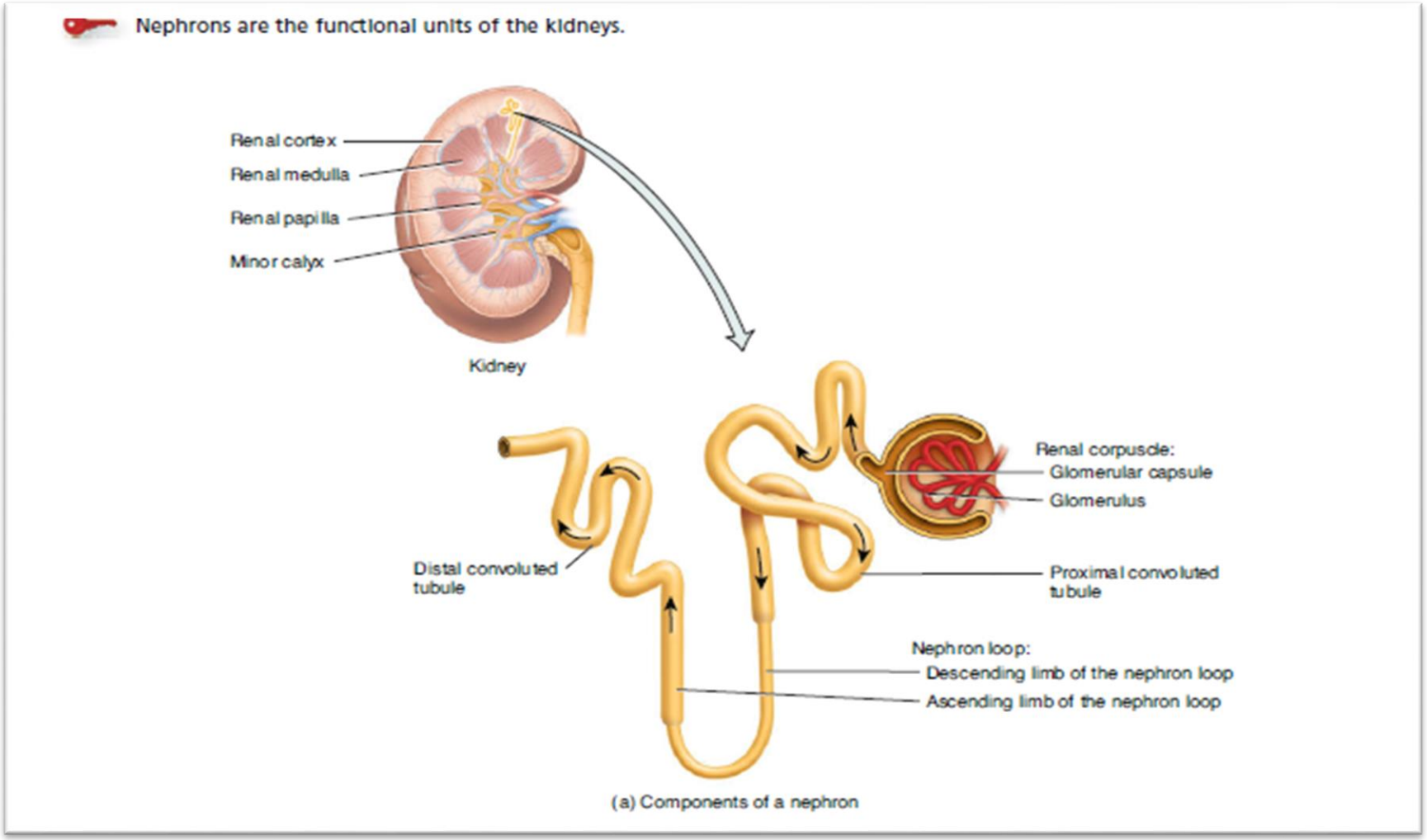


Important Diagram

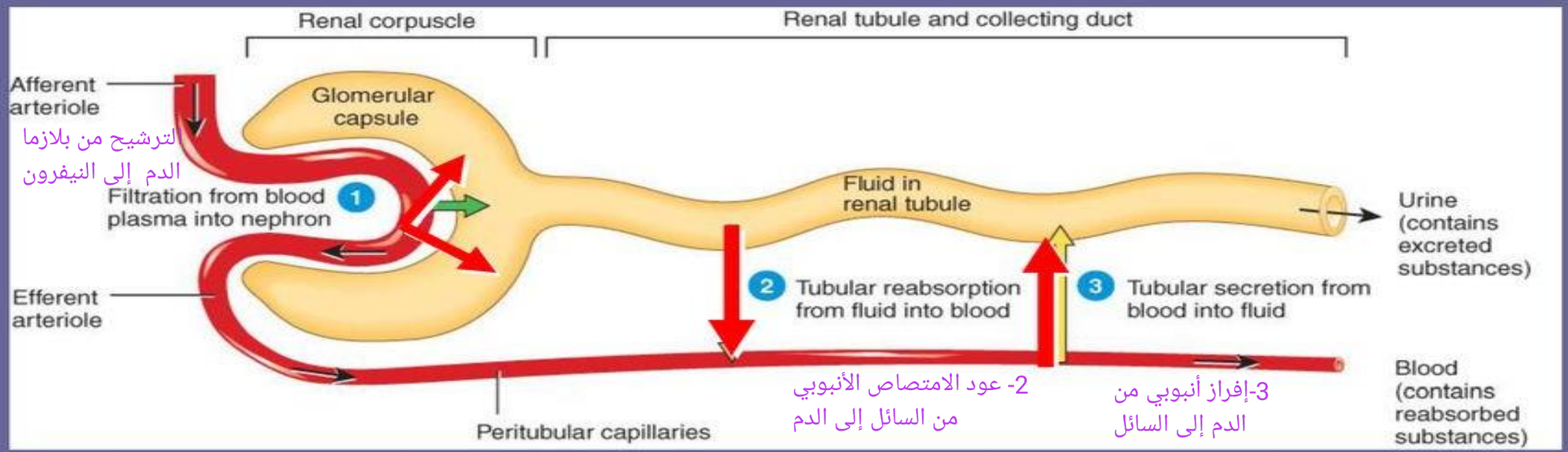
المنطقتان الرئيسيتان في الكلى هما المنطقة السطحية ذات اللون الأحمر الفاتح التي تسمى القشرة الكلوية والمنطقة الحمراء العميقة العميقة التي تسمى النخاع الكلوي. لاحظ أن قناة التجميع والقناة الحليمية ليست جزءًا من النيفرون.

The two main regions of the kidney are the superficial, light red region called the renal cortex and the deep, dark red region called the renal medulla. Note that the collecting duct and papillary duct are not part of a nephron.

THE STRUCTURE OF NEPHRONS AND ASSOCIATED BLOOD VESSELS



Overview of Renal Physiology



- Glomerular filtration of plasma
- Tubular reabsorption
- Tubular secretion

Glomerular filtration occurs in the renal corpuscle. Tubular reabsorption and tubular secretion occur all along the renal tubule and collecting duct.

OVERVIEW OF RENAL PHYSIOLOGY

الترشيح الكبيبي: في الخطوة الأولى من إنتاج البول، يتحرك الماء ومعظم المواد المذابة في بلازما الدم عبر جدار الشعيرات الدموية الكبيبية، حيث يتم ترشيحها وتنتقل إلى الكبسولة الكبيبية ثم إلى الأنبوب الكلوي.

Glomerular filtration: In the **first step of urine production, water and most solutes in blood plasma move across the wall of glomerular capillaries**, where they are filtered and move into the **glomerular capsule** and **then into the renal tubule**.

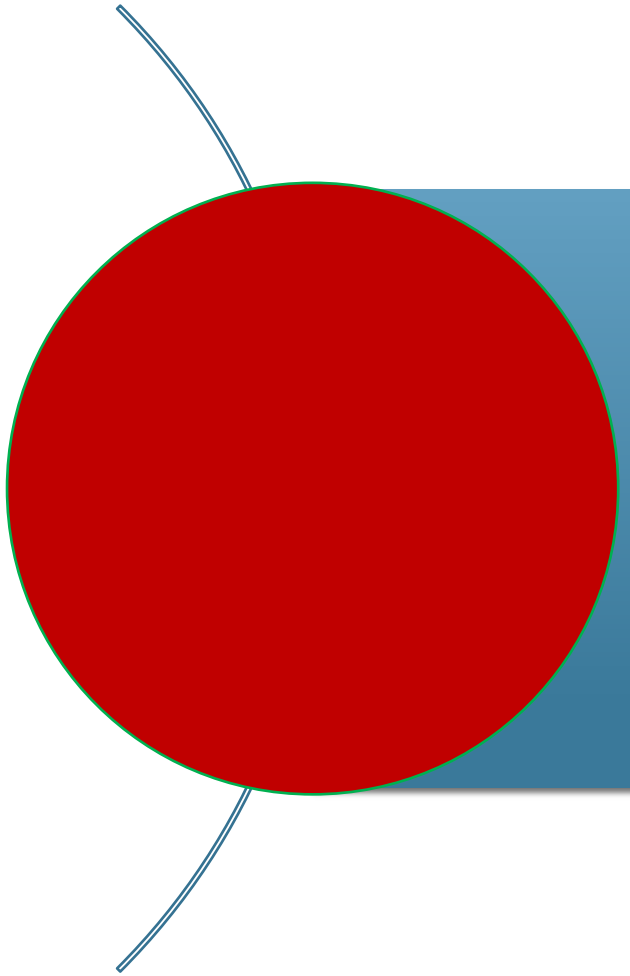
OVERVIEW OF RENAL PHYSIOLOGY

إعادة الامتصاص الأنبوبي: مع تدفق السائل المُرشَّح عبر الأنابيب الكلوية وقنوات التجميع، تُعيد الخلايا الأنبوبية امتصاص حوالي ٩٩٪ من الماء المُرشَّح والعديد من المواد المذابة المفيدة. يعود الماء والمواد المذابة إلى الدم أثناء تدفقه عبر الشعيرات الدموية حول الأنابيب والأوعية المستقيمية.

Tubular reabsorption: As filtered fluid flows through the renal tubules and through the collecting ducts, **tubule cells reabsorb about 99% of the filtered water and many useful solutes. The water and solutes return to the blood as it flows through the peritubular capillaries and vasa recta.**

OVERVIEW OF RENAL PHYSIOLOGY

الإفراز الأنبوبي: عندما يتدفق السائل المُرشَّح عبر الأنابيب الكلوية والقنوات الجامعة، تُفرِز الأنابيب الكلوية وخلايا القنوات مواد أخرى، مثل الفضلات والأدوية والأيونات الزائدة، إلى السائل. لاحظ أن الإفراز الأنبوبي يزيل مادة من الدم.



Tubular secretion: As filtered fluid flows through the renal tubules and collecting ducts, the renal tubule and duct cells secrete other materials, **such as wastes, drugs, and excess ions, into the fluid. Notice that tubular secretion removes a substance from the blood**.

GLOMERULAR FILTRATION الترشيح الكبيبي

يُسمى السائل الذي يدخل حيز المحفظة بالترشيح الكبيبي.

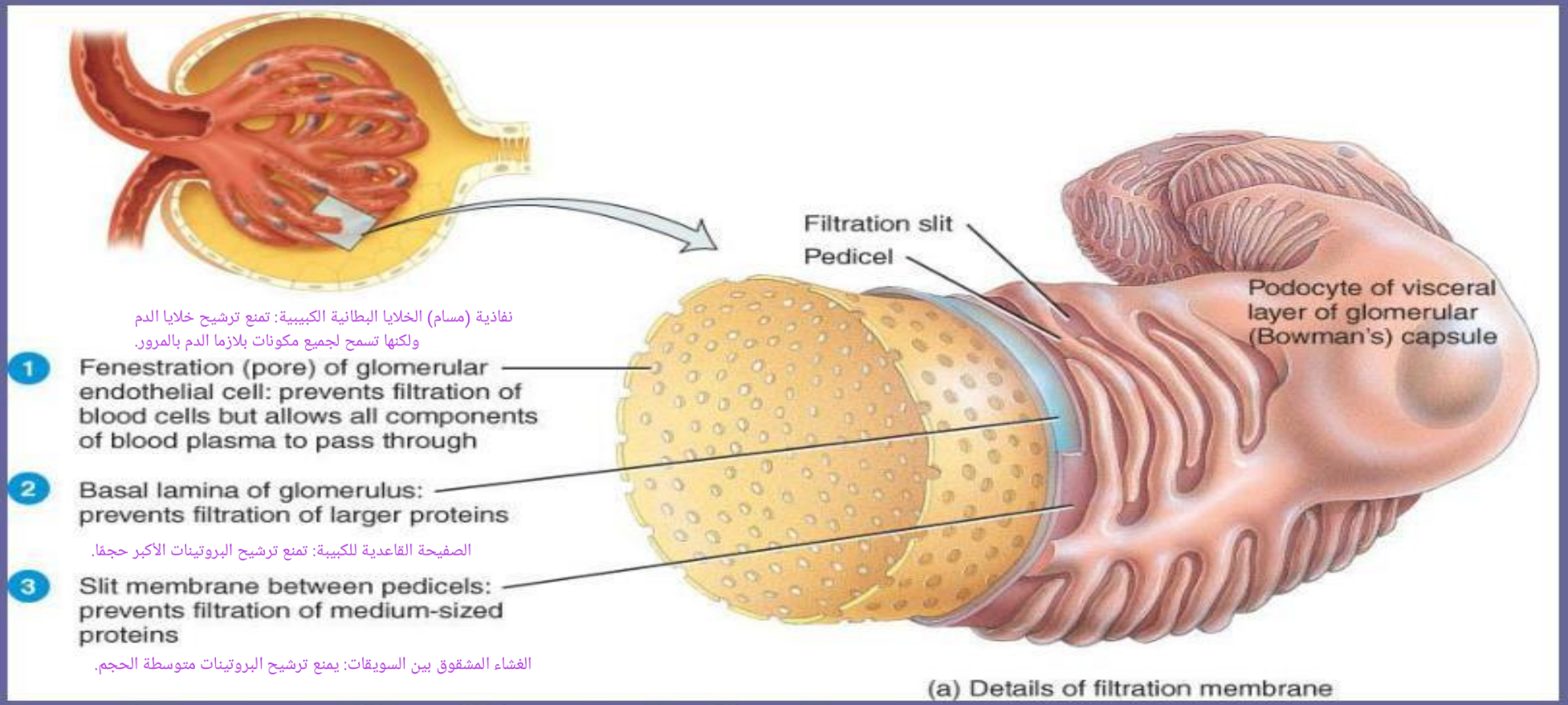
- The fluid that enters the capsular space is called the **glomerular filtrate**.
- The fraction of blood plasma in the afferent arterioles of the kidneys that becomes glomerular filtrate is the **filtration fraction**.

جزء بلازما الدم الموجود في الشرايين الواردة من الكلى والذي يصبح رشيحًا كبيبيًا هو جزء الترشيح.

- On average, the **daily volume of glomerular filtrate in adults** is 150 liters in females and 180 liters in males.

في المتوسط، يبلغ الحجم اليومي للترشيح الكبيبي لدى البالغين 150 لترًا في الإناث و180 لترًا في الذكور.

Filtration Membrane



- #1 Stops all cells and platelets
- #2 Stops large plasma proteins
- #3 Stops medium-sized proteins, not small ones

THE FILTRATION MEMBRANE

تُشكل الشعيرات الدموية الكبيبية والخلايا الكبيبية حاجزًا مُسربًا يُعرف بغشاء الترشيح.

- Together, the glomerular capillaries and the podocytes form a leaky barrier known as **the filtration membrane**.

تعبر المواد المُرشحة من الدم ثلاثة حواجز ترشيح: خلية بطانية كبيبية، والصفيحة القاعدية، وشق ترشيح تُشكله خلية كبيبية.

- **Substances filtered from the blood cross three filtration barriers**—a glomerular endothelial cell, the basal lamina, and a filtration slit formed by a podocyte.
- **Glomerular endothelial cells** are quite leaky because they have large fenestrations (pores) that measure 0.07–0.1 µm in diameter.

تُعتبر الخلايا البطانية الكبيبية مُسربة للغاية نظرًا لاحتوائها على ثقوب (مسام) كبيرة يتراوح قطرها بين 0.07 و0.1 ميكرومتر.

THE FILTRATION MEMBRANE

- **The basal lamina**, a layer of a cellular material between the endothelium and the podocytes.

الصفيحة القاعدية، وهي طبقة من مادة خلوية تقع بين البطانة والخلايا الكبيبية.

تمتد من كل خلية كبيبية آلاف النتوءات الشبيهة بالقدم، والتي تُسمى السويقات، والتي تلتف حول الشعيرات الدموية الكبيبية. الفراغات بين السويقات هي شقوق الترشيح. يمتد غشاء رقيق، يُسمى غشاء الشق، عبر كل شق ترشيح، ويسمح بمرور جزيئات قطرها أقل من ٠,٠٠٦٠,٠٠٧ ميكرومتر، بما في ذلك الماء، والجلوكوز، والفيتامينات، والأحماض الأمينية، وبروتينات البلازما الصغيرة جدًا، والأمونيا، واليوريا، والأيونات.

- Extending from each podocyte are thousands of footlike processes termed **pedicels** that wrap around glomerular capillaries. The spaces between pedicels are the **filtration slits. A thin membrane, the slit membrane, extends across each filtration slit**; it permits the passage of molecules having a diameter smaller than 0.006–0.007 µm, including water, glucose, vitamins, amino acids, very small plasma proteins, ammonia, urea, and ions.

THE FILTRATION MEMBRANE

مبدأ الترشيح - استخدام الضغط لإجبار السوائل والمواد المذابة عبر الغشاء - هو نفسه في الشعيرات الدموية الكبيبية كما هو الحال في الشعيرات الدموية في أماكن أخرى من الجسم. ومع ذلك، فإن حجم السائل الذي ترشحه الجسيمات الكلوية أكبر بكثير مما هو عليه في الشعيرات الدموية الأخرى في الجسم وذلك لثلاثة أسباب:

The principle of filtration—the use of pressure to force fluid and solutes through a membrane—is the same in glomerular capillaries as in blood capillaries elsewhere in the body. **However, the volume of fluid filtered by the renal corpuscle is much larger than in other blood capillaries of the body for three reasons**:

1. **Glomerular capillaries present a large surface area for filtration** because they are long and extensive.

1. توفر الشعيرات الدموية الكبيبية مساحة سطحية كبيرة للترشيح لأنها طويلة وواسعة النطاق.

2. **The filtration membrane is thin and porous.** Glomerular capillaries also are about 50 times leakier than blood capillaries in most other tissues, mainly because of their large fenestrations.

2. غشاء الترشيح رقيق ومسامي. كما أن الشعيرات الدموية الكبيبية أكثر تسربًا بحوالي 50 مرة من الشعيرات الدموية في معظم الأنسجة الأخرى، ويعود ذلك أساسًا إلى ثقوبها الكبيرة.

3. **Glomerular capillary blood pressure is high**. Because the efferent arteriole is smaller in diameter than the afferent arteriole, resistance to the outflow of blood from the glomerulus is high. As a result, blood pressure in glomerular capillaries is considerably higher than in blood capillaries elsewhere in the body.

3. ضغط الدم في الشعيرات الدموية الكبيبية مرتفع. لأن قطر الشريان الصادر أصغر من قطر الشريان الوارد، تكون مقاومة تدفق الدم من الكبيبة عالية. ونتيجةً لذلك، يكون ضغط الدم في الشعيرات الدموية الكبيبية أعلى بكثير منه في الشعيرات الدموية في أماكن أخرى من الجسم.

THANK YOU

AMJADZ@HU.EDU.JO