جامعة قاسيون الخاصة

كلية الصيدلة + طب الأسنان

المادة : فيزيولوجيا (نظري)

السنة الأولى

فيزيولوجيا الجهاز البولي

Physiology of the Urinary system

يقوم الجهاز البولي بالمحافظة على الوسط الداخلي للجسم و يقوم بتنظيف الجسم من منتجات الاستقلاب و من المركبات السامة .

أ- **الدراسة التشريحية Anatomy Review:**

يتألف الجهاز البولي من الكليتين Kidneys تشكلان البول و حالبين Ureters تنقلان البول إلى المثانة Urinay-blader التي تخزن البول ثم الإحليل Urethra الذي يطرح البول إلى الخارج .

1- الكليتان kidneys :

هما عضوان متشابهان لونهما أحمر وردي تقعان في المنطقة الظهرية من جوف البطن . وللكلية شكل حبة الفاصولياء Bean – shaped وتحاط كل كلية بالأغلفة التالية :

- الغلاف الخارجي .
- الغلاف المتوسط و هو غلاف دهني يساهم بالحماية الميكانيكية و الحرارية للكلية و يثبتها .
- الغلاف الداخلي و هو غلاف مصلي .

ويتوضع فوق الكلية غدة الكظر Adrenal gland ويوجد انخفاض صغير في الوجه الداخلي المقعر من الكلية يعرف بسرة الكلية يمر من خلاله الشريان الكلوي و الأعصاب الى داخل الكلية و يخرج من سرة الكلية الوريد الكلوي و الأوعية اللمفاوية و الحالب .

2- **الحالب Ureter:** و هو أنبوب يمتد من الكلية الى الجدار البطني للمثانة .

3- **المثانة Urinary-blader:** وهي مكان تجميع البول و لها شكل أجاصي و حجمها يتبدل حسب كمية البول الذي تحويه .

4- **الاحليل Urethra:** يبدأ من عنق المثانة و ينتهي بالقضيب عند الذكور و بالمهبل عند الإناث . و يصب في الإحليل عند الذكور إنبوبان لنقل النطاف .

البنية التشريحية للكليتين

Anatomical structure of the Kidney:

تتألف الكلية من منطقتين :

أ- الطبقة الخارجية Renal cortex للبول ذات لون بني تحتوي على كبب مالبيكي .

ب-الطبقة الداخلية المجمعة للبول و تدعى الطبقة اللبية Renal medulla و هي مقسمة الى أجزاء هرمية تتجه قواعدها تحوي القشرة و ذروتها نحو الداخل و تنتهي بالحويضة الكلوية Renal pelvis و هذه الأهرمات تتألف من وحدات وظيفية تدعى النفرونات Nephrons و يصل عددها إلى مليون نفرون . وكل نفرون يستطيع أن يحقق كل المراحل التي تؤدي إلى تشكيل البول.وتنفصلالنفرونات عن بعضها بواسطة نسيج ضام .

بنية النفرون Structure of the Nephron:

يتألف النفرون ممايلي :

1- كبة مالبيكي Glomerulus:

وهي شبكة دقيقة من الشعريات الدموية تسترها محفظة تدعى محفظة بومان . تأتي الشعيرات الدموية من الشريان الكلوي الذي يتفرع إلى عدد كبير من الشرايين الدقيقة حيث يدخل شريان إلى محفظة بومان و يتفرع بدورة إلى نحو خمسين دعاء شعرياً . ثم تعود هذه الشرايين لتتحدمن جديد مكونة شريانا دقيقاً يخرج من كبة مالبيكي .

ويدعى الشريان الدموي الذي يدخل إلى المحفظة بالشريان الوارد Afferent Arteriole في حين يدعى الشريان الذي يخرج من المحفظة بالشريان الصادر Efferent Arteriole و الذي يكون قطرة أصغر من قطر الشريان الوارد .

2- الأنبوب الكلوي :

يتألف الإنبوب الكلوي من القنوات التالية :

أ-القنية الملتفة الأولية : أو مايعرف بالجزء القريب الداني المتعرج Proximal Tubule يقع هذا الجزء في قشرة الكلية . ويتألف من خلايا اسطوانية الشكل ذات نوى مدوره .

ب-عروة هينلLoop of Henle : وهي قطعة متوسطة تتكون من شعبة نازلة و أخرى صاعدة أكبر سعة من الأولى ، وتكون خلايا العروة ظهارية مسطحة .

ث- القنية الملتفة النهائية : أو مايعرفبالأنبوب البعيد Distal Tubule الذي يبدأ بقسم مستقيم يلي الشعبة الصاعدة و ينتهي بجزء متعرج ينفتح على الإنبوب الجامع خلايا الإنبوب البعيد مكعبة نيره .

ج- القناة الجامعة أو الإنبوبالجامع Collecting- tubules :
يتجه هذا الإنبوب من القشرة إلى اللب داخل الكلية و موازياً لعروة هينل و يفرغ محتواه في الحويضة .
ويقدر عدد النفرونات في الكليتين بالمليون .

الإمداد الدموي و العصبي للكلية

Blood and Nerve supply of the Kidney :

1- الإمداد الدموي Blood of the Kidney :

يقدر الدم الذي يصل إلى الكلية ب25% من المجموع الكلي للدم في جسم الإنسان . حيث يتفرع كل شريان بعد دخوله إلى الكلية من منطقة السرة إلى فروع دقيقة شعرية و تدخل محفظة بومان ثم تتجمع هذه الشرايين الشعرية داخل كبة مالبيكي لكي تشكل شريان دقيق صادر عن الكبة ثم يتفرع هذا الشريان بعد خروجه من الكبة لكي يشكل شبكة من الشعيرات الدموية حول الأقنية البولية . فالنفرونات تتغذى من مصدرين من الكبة الكلوية ومن الأنابيب الشعرية المحيطة بالنفرون .

ويلاحظ مقاومة لجريان الدم في الشريان الصادر كونه أصغر قطراً من الشريان الوارد . لذلك في الفروع الشعرية الكبية تتميز يضغط دموي مرتفع ، يساعد على رشح السوائل من الكبة إلى فراغ المحفظة الكبية ، بينما يكون ضغط الدم في الأوعية حول الأنابيب منخفضاً مما يسهل امتصاص السوائل إلى داخلها .

2-الامداد العصبي للجهاز البولي :

يعصب الكلى مجموعة أعصاب تدعى بالأعصاب الإعاشية "السمبتاوية" . كما ترتبط بفرع من العصب المبهم "الباراسمبتاوي" تؤثر الأعصاب الأولى في تضييق و توسيع الأوعية الدموية في الكلية . أما العصب المبهم فيؤثر على عضلات جدران المثانة البولية .

وظيفة الكلية Function of the Kidney:

هناك مجموعتان من الوظائف التي تقوم بها الكلية و المجموعة الثانية غير افراغية .

- **وظيفة الكلية الإفراغية :**

و هي وظيفة تكوين البول و التي تقوم بها النفرونات ، حيث تقوم النفرونات بترشيح كميات كبيرة من بلاسما الدم عبر الشبكات الشعرية إلى المحافظ المحيطة بها و ذلك تحت تأثير اختلاف الضغط الاسموزي من قبل الخلايا الإنبوبية المبطنة للأقنية الملتفة .

أ-الرشح الكبي Glomerular Filtration :

تقوم الكبب الكلوية برشح جزء كبير من التيار الدم الكلوي . و قد استطاع العلماء من جمع السائل الراشح من الكبب الكلوية بواسطة أنابيب زجاجية دقيقة جداً . فوجدوا أنه يشبه المصورة الدموية في تركيبه و ضغطه الحلولي . و يختلف عن مصورة الدم " بلاسما الدم " بعدم وجود البروتينات . و قد تبين أن الجزء الذي يرشح من بلاسما الدم يعادل 20% من البلاسما و يحصل الرشح عبر شقوق الخلايا الظهارية المسطحة في محفظة بومان و من خلال جدران الأوعية الشعرية الدموية الموجودة في كبب مالبيكي .

و قد تبين أن الدور الرئيسي في الرشح الكببي يتعلق بمستوى الضغط الدموي في الأوعية الشعرية الكببية . و يتعلق أيضاً بالفرق ما بين الضغط في الشبكة الشعرية و الضغط في جوف محفظة بومان .

ب-وظائف الإنبوب الكلوي Function of the Nephron:

يجري في الإنبوب الكلوي Nephron العمليات التالية : الامتصاص و الإفراز و تشكيل بعض المركبات و نتيجة لذلك يتحول البول الأولي إلى سائل أكثر كثافة كما يصبح محتوياً على عناصر جديدة لم تكن موجودة في البول الأولي .

1- الامتصاص العكسي أو عودة الامتصاص Reabsorpion:

يحدث الامتصاص في جميع أجزاء الانبوب البولي بنسب مختلفة و يشمل الامتصاص العكسي جميع المواد المفيدة و الضرورية للجسم حيث يشمل (75-80)% من الماء و (98-99,5) سكر الغليكوز و (80%) من الصوديوم و البوتاسيوم و الكلور إضافة إلى الحموض الأمينية و البروتين.و هناك درجة معينة لإمتصاص بعض المواد مثلاً الغليكوز في الحالات الطبيعية يعاد امتصاصه بشكل كامل بحيث لا يخرج منه شيء مع البول النهائي .

و لكن عندما يرتفع تركيز الغليكوز في الدم إلى أكثر من (1,5- 1,8) غ/ليتر عند الإنسان فإن جزءاً منه لا يمتص في الأنابيب الكلوية حيث يخرج مع البول . و هناك مواد أخرى لا يوجد لها درجة معينة " عتبة " و إنما تفرغ بشكل كامل مهما كان تركيزها في الدم مثل " الكرياتين" أما فضلات الاستقلاب مثل البولة و حمض البول . فيتم إفراغها بشكل كامل و لا يعاد امتصاصها إلى بمقادير ضئيلة جداً .

2-الإفراز في الأقنية الكلوية Secretion in the Tubules :

تستطيع خلايا الأقنية الكلوية إفراز بعض المواد الصباغية التي لا يمكن أن تمر من جدران الكبب الكلوية . ومن هذه المواد نذكر(البارا أمينوهيبوريكالديودراست) و بعض الشوارد مثل شوارد الهيدرجين و البوتاسيوم و البولة عندما يكون تركيزها مرتفع في الدم .

3-القدرة على تكوين بعض المركبات :

إلى جانب عمليتي الامتصاص و الإفراز فإن الأقنية الكلوية تستطيع تركيب بعض المواد كالنشادر" الأمونيا " و حمض الهيبوري اعتباراً من بعض الحموض الأمينية .

- **وظيفة الكلية غير الإفراغية :** تقوم الكلية بعدد من الوظائف غير الإفراغية أهمها :

أ- بعض عمليات الاستقلاب : مثال نزع جذر الأمين من الحموض الأمينية . وتحويل الكرياتين إلى كرياتينين و تكون الغليكوجين من سكر العنب . وتفكيك الحموض الدسمة و إفراز مواد مهمة مثل (الرنين) (renin) الذي يلعب دوراً مهماً في الضغط الدموي.

ب-الحفاظ على النظام المائي و الكهربائي في الوسط الداخلي في الجسم عن طريق المحافظة على تركيز الشوارد +ca ،+Mg ،-Cl ،-HCO3 ،+Na ،+K .

ت-تنظيم توازن الحموض و القلوية (Ph) في الجسم:

Regulation of acid –Base Balance و ذلك بالمحافظة على شوارد الهدروجين في سوائل الجسم ويتم ذلك :

1-طرح شوارد الهدروجين و الاحتفاظ بشوارد البيكربونات في الأنابيب الكلوية .

2-تقوم بتركيب النشادر عند ازدياد الحملحمراء:وضة .

ث-المشاركة في تنظيم الضغط الاسموزي للدم :

تقوم الكلى بطرح الكميات الزائدة من الماء و الأملاح أثناء دخولها إلى الجسم بكميات كبيرة .

ج-تساهم الكلى بتكوين الكريات الحمراء:

حيث تقوم بتركيب و افراز مادة تحرص على تكوين الكريات الحمراء تعرف باسم الهرمون المنظم لتكوين الكريات الحمراء
Erythropoietin ويعد نقص الاكسجين في الدم أهم محرض لافراز هذا الهرمون .

ح-دور الكلية في تنظيم الضغط الشرياني :

يلاحظ أثناء اضطراب الدوران الكلوي أن الجهاز الكببي في الكلية يقوم بافراز " ارينين" الذي يؤثر على غلوبولين دموي هو" الأنجيوتنسين1"فيحوله إلى "انجيوتيسين2" و هو من أقوى المواد الرافعة للضغط الدموي لتأثيره على جدران الأوعية الدموية .

د-تقوم الكلية بوظائف أخرى : نذكر منها استقلاب بعض الهرمونات مثل التستسترون و هرمونات النمو .

كما تقوم الكلية بتصنيع بعض الهرمونات مثل urodilatin، calceferol .

الحويضة الكلوية Renal pelvis:

تقع ضمن الجيب الكلوي وتأخذ شكل القمع . وفيها يجتمع البول الذي يأتي من الأهرامات الكلوية ثم ينقل بعد ذلك لإلى المثانة البوليةعبر الحالب .

افراغ البول Micturition؛

يتجمع البول المتكون في الحويضة مؤدياً إلى ارتفاع الضغط داخلها وزيادة في توتر جدرانها ثم ينطلق البول إلى المثانة عبر الحالب و يؤدي تجمع البول في المثانة إلى زيادة في توتر جدرانها إلى أن يصل إلى عتبة معينة و عند ذلك يحدث الافراغ نتيجة لمنعكس عصبي ، فيسبب ذلك رغبة في التبول .

و الحالب أنبوب عضلي أملس يتفلص ذاتياً مؤدياً بتقلصاته إلى دفع البول باتجاه المثانة . و المثانة كيس عضلي يتوسع لدرجة معينة أثناء تجميع البول ليطرح بعد ذلك بمنعكس عصبي أيضاً .

و يحدث التبول عندما تقترب المثانة من الملء اذ تبدأ تقلصاتها العضلية الدافعة نتيجة لمنعكسات تبدأ من مستقبلات متوضعة في جدر المثانة و تتأثر بتمدد الجدار و زيادة الضغط و تدعى هذه المستقبلات ،مستقبلات التمدد و تنتقل التنبيهات المتكونة عبر الأعصاب الحويضة إلى المنطقة العجزية لتعود مرة ثانية عبر الألياف السماتية في الأعصاب نفسها .

و عند بدء منعكس التبول فإنه يعمل تقلص المثاتة بشكل بسيط حيث يزيد من الضغط داخلها و يحرض بالتالي على توليد تنبيهات داخل المثانة تسبب بدورها زيادة التقلصات الانعكاسية للمثانة و هذه العملية تتكرر حتى تصل المثانة إلى درجة من التقلص كافية لدفع البول و حدوث التبول .

و إن كمية البول المفرغة يومياً تتأثر بعدة عوامل منها كمية الماء التي يشربها الإنسان و نوعية الغذاء و تركيبه و درجة الرطوبة و درجة الحرارة . بالإضافة إلى العوامل العصبية و الهرمونية .