الجهاز البولي urinary system

معروف بإزالته للفضلات من الجسم ، إلا إن أهميته في الاتزان الجسمي Homeostasis يذهب الى أكثر من ذلك : تقوم الكليتين بإزالة السموم ، تخليق الكلوكوز ، السيطرة على التوازن الالكتروليتي ، الاتزان الحامضي القاعدي ، ضغط الدم ، أعداد خلايا الدم الحمراء ، وضغط كل من الاوكسجين Po_2 وثاني أوكسيد الكربون Pco_2 للدم . لذا فإن للجهاز البولي وظيفة فسلجية قريبة الصلة بالغدد الصم وجهاز الدوران .

تشريحيا : الجهاز البولي قريب الصلة بالجهاز التكاثري ، ففي العديد من الحيوانات تطلق البيضة والحيمن من القناة البولية ، والجهازان يتشاركان بالتطور الجنيني والصلة التشريحية عند البلوغ . ويستمر الاحليل في ذكر الانسان كمرر لكل من البول والحيامن ، لذا يدعى الجهاز البولي والتكاثري غالبا Urogenital(U-G) و Urologists يعالج كل من الفشل في الجهاز البولي والتكاثري ، ويعد الارتباط الفسلجي بالجهاز الدوراني والتنفسي أكثر أهمية .

يتكون الجهاز البولي من ٦ أعضاء : كليتين Kidneys ، حالبين Ureters ، والمثانة البولية Urinary bladder والاحليل Urethra .

وظائف الكليتين : Function of the kidneys

تنتج من العمليات الايضية انواع مختلفة من السموم الواجب إخراجها من الجسم ، لذا فإن الوظيفة الاساسية للكلية هي اخراج الفضلات وتنظيم توازن السوائل الجسمية ومكوناتها . لذا تتمثل وظائف الكلية في :

١- ترشيح بلازما الدم ، وفصل الفضلات عن الكيمياويات المفيدة واخراج الفضلات بينما تعيد البقية الى مجرى الدم .
٢- تنظم حجم الدم وضغطه بطرح أو الاحتفاظ بالماء حسب الحاجة .
٣- تنظيم Osmolarity للسوائل الجسمية عن طريق السيطرة على الكميات النسبية من السوائل المطروحة .
٤- إفراز إنزيم الرنين Renin والذي ينشط آليات الهرمونات المسيطرة على ضغط الدم وتوازن الشوارد
٥- إفراز هرمون Erythropoietin الذي يسيطر على أعداد خلايا الدم الحمراء وسعة حمل اوكسجين الدم .
٦- مع الرئتين تنظم ضغط Pco_2 وتوازن PH للسوائل الجسمية .
٧- تساهم في توازن الكالسيوم من خلال دورها في تخليق (Calcitriol (Vit. D .
٨- إزالة الجذور الحرة والادوية عن طريق Peroxisomes .
٩- في حالة السخب Starvation تقوم ب gluconeogenesis ، إزالة مجموعة الامين NH_2 من الاحماض الامينية على صورة أمونيا NH_3 وتخليق الكلوكوز من بقية الجزيئة .

الفضلات النتروجينية Nitrogenous Wastes

الفضلات : هي اية مادة عديمة الفائدة للجسم أو توجد بشكل فائض عن حاجة الجسم .

والفضلات الايضية هي أكثر خصوصية المنتجة من قبل الجسم دون بقية الفضلات الاخرى مثل بقايا الطعام في الغائط كونها غير منتجة من الجسم ولا تدخل أنسجة الجسم . إن وجود كميات كبيرة من الفضلات الايضية تعد مميتة Lethal للخلايا ، ومن أكثرها سمية الفضلات النتروجينية . وتشكل اليوريا حوالي 50% من الفضلات النتروجينية ، وهي نواتج عرضية لهدم البروتين الى أحماض أمينية تنفصل مجموعة الامين NH_2 من الحامض الاميني لتكوين الامونيا NH_3 والتي تعد مواد سامة ويحولها الكبد الى يوريا (فضلات أقل ضررا) .

$2NH_3 + Co_2$---------- $H_2N - C\text{-}NH_2 + H_2o$

فضلات نتروجينية أخرى في البول تشمل حامض اليوريك Uric acid المنتج من هدم الاحماض النووية و Creatinine المنتج من عملية Creatine phosphate وهي أقل ضررا من اليوريا . ويمثل مستوى الفضلات النتروجينية في الدم بقياس Blood urea nitrogen (BUN) ، إذ يبلغ التركيز الطبيعي في دم الانسان ١٠- ٢٠ ملغم / ديسلتر . الارتفاع غير الطبيعي لل BUN يدعى Azotemia ويدل على عدم كفاءة الاداء الوظيفي الكلوي Renal insufficiency . الازوتيمية ربما تتطور الى Uremia أو متلازمة الاسهال Asyndrome of diarrhea ، النفاخ Vomiting .

الاخراج Excretion

هي عملية فصل الفضلات عن السوائل الجسمية وطرحها ، وتتم بواسطة أربعة أجهزة :

١- الجهاز التنفسي : يقوم بطرح Co_2 ، وكميات قليلة من غازات اخرى وماء .
٢- الجلد : يقوم بطرح الماء ، الاملاح غير العضوية ، حامض اللاكتيك واليوريا في العرق .
٣- الجهاز الهضمي ليس فقط بقايا الطعام بل أيضا طرح الماء ، الاملاح ، Co_2 ، الشحوم ، أصباغ الصفراء ، الكولسترول ، وبقية الفضلات الايضية .
٤- الجهاز البولي : يطرح فضلات أيضية كثيرة مثل السموم ، الادوية ، الهرمونات ، الاملاح ، الماء وأيونات الهدروجين .

الكلية Kidney

تقع الكليتان ضد الجدار البطني الامامي ، الكلية اليمنى اسفل قليلا من اليسرى بسبب الفراغ الذي يشغله الكبد . كل كلية تزن حوالي ١٦٠ غم و١٢ سم بالطول و ٥ سم عرضا و ٥و٢ سم قطرا ، سطحها مقعر ، تستلم السرة hilum الاعصاب الكلوية ، أوعية دموية ، أوعية لمفاوية

وحالب . غدة الادرينال تستقر على كل كلية ، وتحاط الكلية بثلاث طبقات من الانسجة الرابطة :

١- A Fibrous renal fascia.
٢- المحفظة الشحمية adipose capsule طبقة من الشحم تمسك بالكلية في مكانها .
٣- Renal capsule المحفظة الكلوية : كيس ليفي يغيب عند السرة ويغلف بقية الكلية مثل السيلوفين ، يحمي الكلية من الكدمات trauma والاصابة infection . ألياف كولاجينية تمتد من renal capsule من خلال الطبقة الشحمية الى renal fascia . الفجوات الكلوية renal sinus مملوءة بالدم ، أوعية لمفاوية ، أعصاب ، تراكيب جامعة للبول وهناك نسيج شحمي يمسك بهذه التراكيب في مواقعها .

Parenchyma تنقسم الى منطقتين :

الخارجية : قشرة الكلية renal cortex بسمك ١ سم تقريبا .
الداخلية : لب الكلية renal medulla مواجهة للفجوات Sinus .
إمتداد القشرة يدعى أعمدة الكلية renal columns تبرز نحو الفجوات وتقسم medulla من ٦-١٠ renal pyramids ،

تكون البول The formation of urine

إن الوحدة الاساسية لتكوين البول هي الوحدة الكلوية ، وتحتوي كل كلية على حوالي ١و٢

مليون وحدة وظيفية تدعى النفرون Nephron . تبدأ الوحدة الكلوية بلمة Tuft من ستة الى ثمانية شعريات دموية مغلفة نهاية نبيب Tubule ، ويسمى هذا التركيب بالكبيبة Glomerulus ، وينقسم النبيب الى النبيب الملفوف الداني Proximal convulated tubule وعروة هنلي ثم النبيب الملفوف القاصي Distal convulated tubule ، وتؤدي عدد من النبيبيبات الى قناة تجميع Collecting duct والتي بدورها تؤدي الى المثانة عن طريق الحالب ureter ويفرغ البول من المثانة عن طريق الاحليل Urethra .

ويتكون البول بعملية :

١- الترشيح الكبيبي Glomerular filtration
٢- إعادة الامتصاص النبيبي Tubular reabsorption

٣- الافراز النبيبي Tubular secretion

تعمل الكبيبة كمرشحة بين الدم والنبيب ، وان حوالي عشر الماء الذي في الدم الجاري خلال الكبيبة ومصاحباته من المكونات الصغيرة (ذات وزن جزيئي أقل من ٦٧٠٠٠) تترشح وتمر في النبيب ، اما المكونات الكبيرة مثل الكريات الحمراء وبروتينات البلازما فانها لا تترشح وتبقى في شعريات الكبيبة . ويحتوي الراشح المار في النبيب على الاملاح غير العضوية ومواد الغذاء كالكلوكوز والاحماض الامينية والفضلات مثل اليوريا وحامض اليوريك والكرياتنين . إن عملية الترشيح هذه غير إختيارية اطلاقا ، فالمواد المترشحة هي تلك المواد التي يكون حجمها صغيرا .

أما اعادة الامتصاص النبيبي Tubular reabsorption فان الشعريات الدموية للكبيبة تشكل شرينا ثانيا يجري الى النبيب ، حيث يشكل هنا شبكة شعرية تحيط بالنبيب ، وتسمح هذه الشبكة الشعرية لان يجري اعادة الامتصاص فيها . واعادة الامتصاص هنا يكون اختياريا ويختلف حسب حاجة الجسم لكل مادة . واذا ما كان هنالك نقص في الجسم ، فان اعادة الامتصاص يكون كاملا . واذا كانت هنالك زيادة في مادة ما فان الزيادة يسمح لها بالاستمرار في النبيب . دون ان يعاد امتصاصها وان تمر الى قنوات التجميع والحالب ومن ثم الى المثانة . والكلوكوز مثال على المادة التي يعاد امتصاصها كليا في الظروف الطبيعية .

والعملية الثالثة المشتركة في تكوين البول هي الافراز النبيبي Tubular secretion تضاف مواد الى الراشح الكبيبي بواسطة النقل الفاعل active transport في عكس اتجاه اعادة الامتصاص . وان الاحماض والقلويات الزائدة تطرح من الجسم بهذه الآلية الافرازية . إن البنسلين مثال على المادة التي ليس فقط انها تترشح بواسطة الكبيبة ، ولكنها تفقد ايضا عن طريق الافراز النبيبي ، ويعطى الدواء Probenecid الذي يثبط الافراز النبيبي للبنسلين . وعليه فان دراسة وظيفة الكلية هي في الاساس دراسة التحوير في الراشح الكبيبي الذي يحدث في النبيب .