الجهاز البولي
Excretory System

الإخراج هو التخلص من الفضلات الناتجة عن عمليات الأيض المختلفة التي تجري داخل خلايا الجسم. بعض هذه الفضلات زائد عن حاجة الجسم و بعضها لا فائدة للجسم منه والبعض الآخر ضار بل وسام إذا تراكم داخل خلايا الجسم . و تتمثل المواد الإخراجية في الماء و ثاني أكسيد الكربون و الأملاح المعدنية الزائدة عن الحاجة والمواد النيتروجينية مثل البولينا و حمض البوليك و النشادر و بعض المواد الفسفورية. ويتم طرح المواد الإخراجية عادة على شكل محلول مائي. ولما كانت خلايا الجسم تطرح المواد في السائل النسيجي المحيط بها والذي يسمى بيئة الكائن الحي الداخلية لذا فإن الهدف الحقيقي لعملية الإخراج هو المحافظة على تركيب ثابت لهذا السائل. وتُطرح هذه الفضلات ويتخلص منها الجسم إما بواسطة:

1- عملية انتشار بسيط

2- عملية نقل إيجابي تقوم بها أعضاء متخصصة(أعضاء الإخراج).

الفرق بين التبرز والاخراج:

- **التبرز egestion** هو طرد فضلات الغذاء الغير قابلة للهضم و الموجودة داخل الأمعاء الغليظة. ولا توجد هذه الفضلات في داخل خلايا الجسم بل كانت دائماً في تجويف الأمعاء .
- بينما **الإخراج excretion** هو التخلص من مواد زائدة أو ضارة تكونت داخل خلايا الجسم نتيجة عمليات الأيض المختلفة وليست فضلات غذاء لم يتم هضمه.

أعضاء الإخراج:

ويتم التخلص من بعض المواد الإخراجية خلال الجلد و الرئتين و بعضها يخرج عن طريق الكبد بالصفراء ويخرج البعض الآخر عن طريق الأمعاء على هيئة فضلات برازية . فالجلد يعتبر من الأجهزة الإخراجية فعن طريقه يتم تكوين العرق الذي يخرج عن طريق الجلد (الأملاح و الماء و البولينا و الدهون). والرئتين يتم عن طريقهما التخلص من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون الناتجين عن عمليات الأيض. أما الكبد فهو أكبر غدة في الجسم وهو يقوم بالتخلص من المواد الضارة مثل بقايا الخلايا الهرمة (أصباغ الصفراء)ويتم التخلص من هذه المركبات بإطلاقها إلى القناة الهضمية . كذلك يتخلص الكبد من النشادر بتحويله إلى صورة بولينا أو حمض البوليك. وتعتبر الكليتان أعضاء الإخراج الرئيسية في الجسم حيث يتم التخلص من أغلب الماء والمواد النيتروجينية والغير عضوية الزائدة في صورة البول.

❑ الجهاز البولي:

يخلص الجهاز البولى الدم من الفضلات الناتجة من الخلايا خلال عملية التنفس الخلوى كما يوازن بين كميات الأملاح والماء الضرورية للنشاطات الحيوية جميعها . هو مجموعة الأعضاء التي تقوم بصناعة و تخزين و إخراج البول . ويتكون الجهاز البولي :من

- الكليتين kidneys -- الحالبين ureters -- المثانة البولية urinary bladders --- مجرى البول urethera .

❖ **الكليتان(Kidneys):**

تعتبر من أهم اعضاء الاخراج في الثدييات حيث تخرج البول الذي يحمل بقايا عملية التمثيل، وتقوك الكلية بوظيفتين اخراجيتين هامتين هما:

1. إزاحة الفضلات النيتروجينية الناتجة من تمثيل البروتين مثل اليوريا.
2. تنظيم الاتزان الحامضي- القاعدي بالجسم بواسطة استبعاد كمية محددة من الماء

ايضا يقوم الكلية بوظائف غير اخراجية مثل استعادة بعض المشتقات المفيدة التي ترشح من خلالها ويتم اعادة امتصاصها مرة اخري.

تقع الكليتان في الناحية الظهرية(الخلف) للتجويف البطني بالمنطقة القطنية في جميع الفقاريات عدا الاسماك حيث يمتدان بطول تجويف الجسم في الفقاريات الدنيا مثل البرمائيات. حيث يوجد زوج من الكلي تقع علي يمين ويسار الجدار الظهري للتجويف البطني.

وفي الطيور تتركب الكلية من اجزاء أو فصوص ، غير انه في بعض الثدييات قد تبدو الكلية شبه مفصصة كما في المجترات الكبيرة ، في حين انه في الحيوانات الاخري فيبدو مظهرها مفصصا ظاهريا أو ناعما ، وتشبه الكلى حبة الفاصوليا في الشكل ويواجه السطحان المقعران للكليتان بعضهما البعض على جانبي العمود الفقاري.

ويخرج من كل كلية قناة مجمعة عامة تسمي الحالب Ureter الذي يحمل المخلفات الي الخلف.في البرمائيات والزواحف والطيور يفرغ الحالبان في المجمع Chlooca الذي تتصل به قناة بولية.كما انه في البرمائيات والزواحف ان المخلفات او البول عبارة عن سائل ماعدا في الطيور (زق) حيث تطرد المخلفات نصف الصلبة مثل حمض البوليك كعجينة بيضاء مع البراز. يتصل الحالبان مباشرة مع المثانة البولية ومنها تفرغ قناة وسيطة للخارج هي مجري البول ،اي ان الاجهزة الاخراجية والتناسلية ذات علاقة متبادلة في الفقاريات وتسمي الجهاز البولي التناسلي.

التمويل الدموي للكلية:

يصل كلية الفقاريات الدنيا والطيور تمويلين مختلفين للدم، واحد هو النظام البابي ويغذي الدم اللازم لمنطقة الوحدات البولية، والثاني هو شريان كلوي ويمرر الدم للترشيح وتكوين البول. وفي الثدييات فان النظام البابي يضمحل خلال المرحلة الجنينية تاركا الشريان الكلوي ليقوم بكلا الوظيفتين ، الشريان الكلوي يحمل نحو25% من الدم المدفوع بواسطة القلب، الدم يرشح خلال القنيات البولية والدم الذي يغذي الانسجة البينية المحيطة بالقنيات يعود في النهاية الي الوريد الاجوف السفلي بواسطة الوريد الكلوي.

تكوين الكلية:

اذا قطعت الكلية طوليا يظهر فيها جزئين ففي الكلية الواحد وحيدة الاهرام كما في الارنب والقط والخيل فالجزء:

1- طبقة خارجية تعرف بالقشرة cortex يوجد بها الحويصلة البولية ويظهر لون خفيف عن

2- طبقة داخلية تعرف بالنخاع medulla يوجد بها الانابيب البولية

في الثدييات الاخري والطيور فان كل فص يقسم الي قشرة ونخاع (متعددة الاهرام)

التفصيص يعكس التطور الجنيني. ومظهر القشرة والنخاع هو نتيجة لترتيب الوحدات الفعالة المسماة الوحدات البولية للكلية .

أول اجزاء الممر البولي هو حوض الكلية وهو ملاصق لمنطة السرة بالكلية ، حوض الكلية يكون بسيطاً في الكلية وحيدة الفص ومتشعب في الكلية المجزأة. أما ترتيب الممرات البولية الاخري كالحالبين والمثانة والمجري البولي تختلف في الانواع المختلفة ، ففي الطيور فان المجري البولي يفرغ في المجمع ، غير انه في الثدييات فان الحالبين يحملا البول للمثانة حيث يحفظ .

طبقة اللب Medulla :

طبقة بالنخاع تحتوى على كتل هرمية الشكل يبلغ عددها 8 الى 18 كتلة تعرف بأهرام الكلى. و تتجه قواعد أهرام الكلى الى الخارج و قممها الى الداخل ناحية مدخل الكلى. و تحتوى قمم تلك الأهرامات على ثقوب مجهرية تخرج منها قطرات البول الدقيقة و تتجمع فى كؤوس و تصب فى حوض الكلى و هو جزء متسع متصل بأعلى الحالب.

القنيات البولية:

القنية البولية تتكون من الانبوبة البولية والقناة المجمعة و يحتوى نسيج الكلى على 1- 1.5 مليون وحدة عاملة(وحدة اخراجية) تسمي النيفرون Nephron تقوم بتكوين البول. ويصل طول الانبوبة البولية نحو 55 مم .

وتتكون الأنبوبة من عدة مناطق هي كالاتي:

1- الحوصلة البولية التي تتكون من الحزمة الوعائية وحوصلة بومان

2- القنية القريبة بأجزائها المتعرجة والمستقيمة

3- القنية الوسطي أو عروة هنل باجزائها النازلة والصاعدة

4- القنية الطرفية أو البعيدة بأجزائها المستقيمة والمتعرجة

يبين الفحص المجهرى للوحدة أنها تتكون من جزئين أساسيين:

- ✓ **الجزء الأول** جسم كروى يعرف بكرية ملبيجى أو الحزمة الوعائية : وظيفة هذا الجزء الترشيح.
- ✓ **الجزء الثانى** الانبوبة البولية**:** قناة دقيقة ملتوية مقسمة الى ثلاثة أقسام:

1- القناة الملتوية القريبة 2- حلقة هنلى 3- القناة الملتوية البعيدة.

- وظيفة هذا الجزء الثانى إمتصاص المواد النافعة و إفراز المواد الضارة و تكوين البول.

و تصب الوحدات العاملة المختلفة إفرازها من البول فى قنوات تجميع لتحمله الى كؤوس الكلى . و يلاحظ أن أجزاء الوحدة العاملة المختلفة توزع بين قشرة الكلى ونخاعها بطريقة فريدة تعين الوحدة على أداء عملها على أكمل وجه، فتقع كرات ملبيجى و القنوات القربية و البعيدة فى قشرة الكلى و تقع حلقات هنلى و قنوات التجميع فى النخاع .

1- الحزمة الوعائية Glomerulus :

تسمي ايضا بكرية ملبيجي milpighian corpuscle كرية كلوية وهي عبارة عن مرقد وعائي متفرع ومتشعب وملتف يبدأ من شبكة الشعيرات الدموية من تفرعات الشريان الوارد الآتية من الشريان الكلوي والتي تتجمع مرة ثانية لتكون الشريان الصادرليخرج الدم من خلاله ، وتغلف هذه الحزمة الوعائية بواسطة نهاية منبعجة لقنية مسدودة تسمي محفظة بومان bowmans capsule وهو عبارة عن جدار مزدوج. والعلاقة بين الحزمة الوعائية وحوصلة بومان علاقة معقدة ، فانبعاج الانبوبة المسدودة يسمح بوجود طبيقتين من الخلايا الطلائية ، الطبقة الجدارية عبارة عن طبقة خلايا حرشفية بسيطة تمثل استمراراً للجزء الباقي من القنية ، والطبقة الداخلية تتكون من خلايا متحورة تسمي الخلايا الحبيبية التي تلتصق وتجاور شعيرات الحزمة الوعائية (شبكة الشعيرات الدموية بالكبة من تفرعات الشريان الوارد الآتية من الشريان الكلوي والتي تتجمع مرة ثانية لتكون الشريان الصادر)

2- **الأنبوبة البولية** uriniferous tubule

تتكون الكلى من عدد كبير(مليون) من وحدات تسمى النيفرون nephrone وهي الوحدات المسؤلة عن استخلاص المواد الإخراجية من الدم. وتمتد الانبوبة البولية من حوصلة بومان كجزء متعرج في المنطقة القريبة من الحوصلة متبوعة بجزء مستقيم وكلاهما جداره يتكون من خلايا طلائية مكعبة بسيطة. توصل الأنيبة البولية كريات ملبيجي بحوض الكلية وتنقسم الأنيبة البولية الواحدة إلى الأجزاء التالية:

أ- **الأنبيبة الملتفة القريبة** Proximal convolvulated Tubule

- وتقع قريبا من كرية ملبيجي في منطقة القشرة. حيث تمتد الي الداخل باستقامة ثم تنحني وتعود الي الخارج ثم تلتف ثانياً لتكون الانبيبة الملتفة البعيدة.

ب- **لفة/انشوطة/منحني هنل** Loop of Henel

- تمثل الفرع النازل على شكل حرفU ويتجه للنخاع.الجزء النازل من خية هنلي جداره رقيق ويغلف بخلايا طلائية بسيطة ، أما الجزء الصاعد فتغلفة خلايا طلائية اسمك تشبه تلك الموجودة في القنيات الملتفة البعيدة والتي تمثل استمرار لها. يمتد الشريان الصادر حولها ليكون شرايين ادق ثم تكون اوردة، الفرع الصاعد من لفة هنل الذي يتجه مرة أخرى إلى الخارج في منطقة القشرة.

ت- **الأنيبة الملتفة البعيدة** Distal convoluted tubule

- وهي أنبوبة ملتفة في منطقة القشرة. تغلف بخلايا طلائية مكعبة تختلف عن تلك الموجودة في القنية القريبة في انها اصغر ولا تحتوي حافة تشبه الفرشة.

ث- **الأنيبة الجامعة** collecting tubule

- وهي أنبوبة مستقيمة تصب فيها الأنيبة الملتفة البعيدة وتوجد في منطقة النخاع . تتحد هذه الأنيبات مع أخرى اكبر واكبر وتصب في النهاية في نهاية هرم ملبيجي.

❖ والأنبوبة البولية والتي تفتح بعد ذلك في أنبوبة أكثر اتساعا هي الأنبوبةالمجمعة collecting tubule التي تؤدي إلى الحالبين ومنها للمثانة البولية .

الحالبين Ureters

تؤدي كل كلية إلى حالب طولي الشكل يفتح في نهايته بالمثانة البولية . يبلغ طوله حوالى 35 سم. عبارة عن قناة عضلية تمر من حوض الكلية للأسفل حيث تفتح في المثانة في وضع مائل مما يشكل ما يشبه الصمام الذي يمنع رجوع البول للحالب مرة ثانية عند انقباض المثانة. يبطن بغشاء مخاطى أملس ويتكون من عضلات دائرية و طولية يؤدي انقباضها إلى دفع البول إلى المثانة البولية على شكل دفعات متتالية تنقبض على شكل حركة دورية من أعلى إلى أسفل فتساعد على نقل البول الى المثانة. يتجه الحالب نحو الاسفل بكيفية مائلة و الى الامام و عند المصدر يبعد الحالبان عن بعضهما البعض 8سم وعند المصب 2سم . ويغلق تلقائياً في حالة إمتلاء المثانة مما يمنع رجوع البول للكلية.

❑ **المثانة البولية Urinary Bladder**

عبارة عن كيس غشائي أو كمثري الشكل مطاطي تعتبر مخزن للبول لحين تجميعه وطرده للخارج عن طريق قناة مجرى البول. عندما تكون فارغة فانها تكون في الحوض وتكون ذات شكل بيضاوي وجدارها سميك لكن

عندما تمتليء فانها تمتد الي تجويف البطن ويرق جدارها . يحتوي جدار المثانة البولية على ثلاث طبقات من العضلات غير الإرادية.

❖ **قناة مجرى البول** (الاحليل) Urethra:

توجد في الطرف السفلي للمثانة ةعند العنق، تقوم قناة مجرى البول بتوصيل البول من المثانة الى الخارج. يبطن قناة مجرى البول غشاء مخاطى أملس و يحتوى جدارها على عضلات لا إرادية. و توجد عضلة إرادية عاصرة عند عنق مجرى البول التي يحيط بها صمام من العضلات العاصرة تنظم مرور البول و تساعد على التحكم الإرادى فى عملية التبول

مجرى البول فى الأنثي

يبلغ طول مجرى البول فى الأنثي حوالى 2.5 – 3 سم. ويؤدى قصر طول المجرى عندها الى زيادة القابلية للإصابة بعدوى فى المسالك البولية تنتقل من الأجهزة التناسلية الخارجية المحيطة بفتحة مجرى البول. يلتصق السطح الخلفى للمجرى فى الأنثي بالسطح الأمامى للمهبل و تقع فتحة مجرى البول الخارجية فى الأنثي أمام فتحة المهبل

وظائف الكلية Kidney functions:

ان الوظيفة الاساسية لها هي تكوين البول و تنقية الدم و ترشيحه من البولينا و حامض البوليك و الفضلات الأخرى الضارة والأملاح الزائدة على حاجة الجسم القابلة للذوبان فى الماء ، عليه فانها تقوم بمجموعة من الوظائف الاساسية التي تعمل علي التكامل الفسيولوجي لحجم السائل خارج الخلية وهي:

1- تعتبر الكلى أهم طريق للتخلص من الأيونات غير العضوية بواسطة تنظيم الإخراج النسبي للماء والأيونات غير العضوية علماً بأن الضغط الأسموزي الكلي لمحاليل خارج الخلية و البلازما يحفظ خلال المعدل الطبيعي.(تنظيم مستوي الاملاح)

3- الكلى تساعد على حفظ التركيز الطبيعي للجلوكوزواليوريا .

4- الكلى لها وظيفة ميكانيكية تختص بتنظيم الحموضة و القلوية للدم من خلال إخراج الأحماض الطيارة التي تعادل الشق القاعدي في البول ،وتصنيع الأمونيا التي تعادل الشق الحامضي للدم والباقي من أملاح الأمونيا يخرج مع البول

5- العمل علي المحافظة علي الماء والايونات الموجبة وسكر الجلكوز والاحماض الامينية وذلك باعادة امتصاص ما يحتاجه الجسم من هذه المواد والتخلص من الفائض منها في البول.

تنظيم منسوب الماء فى الجسم فيقل إفراز البول فى حالات العطش و يزيد فى حالات الإرتواء.

6- الكلى تقوم بالتفاعلات المضادة للسموم .(التخلص من النواتج النتروجينية عند عمليات الايض للبروتينات في شكل يوريا(بولينا) أو حمض بوليك في الطيور وكرياتين ونشادر.، التخلص من ايونات الهيدروجين الزائدة للمحافظة علي درجة تركيزه Ph في سوائل الجسم).

7- الكلى تعمل على حفظ ضغط الدم الشرياني في مستواه الطبيعي

8- الكلى تكون مادة الإرثروبويتين erythropiotein وهو عامل هرموني ينشط تكوين كرات الدم الحمراء في نخاع العظم . يؤكد ذلك العلاقة الوثيقة بين الكلى والجهاز الدورى. كما يفسر حدوث أنيميا أو فقر دم فى حالات مرض الكلى المزمن.

9- الكلى تكون أنزيم الرينين والذي يؤثر على المادة أنجيوتنسينوجين angiotwnsinogwn الذي يعمل كقابض قوي للأوعية الدموية فيسبب ارتفاع في ضغط الدم

كما أنه يسبب انطلاق هرمون الألدوستيرون الذي ينظم كمية الأملاح في الجسم وخاصة أيون الصوديوم الذي يعيد امتصاصه من البول في الأنابيب الكلوية .

10- تقوم الكلى بتحويل فيتامين د إلى ثنائي أيدروكسيد كولي كالسيفيرول الأكثر نشاطاً وفعالية في امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وترسبه في العظام .

11- تقوم الكلى باستخلاص البول urin و إخراجه خارج الجسم للتخلص منه محملاً بالنواتج الأيضية و المواد السامة والأملاح والنشادر .

- **تؤدي الكلية هذه الوظائف عن طريق ثلاث فعاليات تؤدي الي تكوين البول هي** :
- الترشيح الكبيبي Filteration
- إعادة الامتصاص الانبوبي Reabsorption
- الإفراز الانبيبي Secretion

الترشيح Filtrations

يمكننا أن نلخص عملية تكوين البول بانها تحدث في الحزم الوعائية التي يحدث فيها تفريغ بالوحدات البولية في الكلية عمليات الرشح الدقيق Ultra filtration للسوائل من الدم المار في شعيرات الكبيبية الي داخل جدار محفظة بومانحيث تنقل المخلفات ومواد اخري في مجري الدم بواسطة الشريانين الكلويين.

حيث تمر أغلب مكونات الدم ماعدا خلاياه والبروتينات المكونة لها خلال الشرايين الصغيرة من كرة ملبيجي إلى جدار محفظة بومان ويسمى الراشح المنقول بالراشح الجمعي. ويتم رشح الماء والمحاليل من شعيرات الكلية بمعدل اسرع من رشحها من الشعيرات الدموية العادية وذلك بسبب:

1- ان شعيرات الكبيبة بها ثقوب اكثر من الشعيرات الدموية الاخري.

2- ان القطر الداخلي للوعاء الصادر من الكبيبة اضيق من قطر الوعاء الوارد اليها مما يساعد علي خلق مقاومة اعلي لمرور الدم في شعيرات الكبيبة من المقاومة في الشعيرات الدموية الاخري، ويتولد نتيجة لذلك ضغط مرتفع في شعيرات الكبيبة مما يوفر الطاقة اللازمة لعملية الرشح هذه مقابل هذا الضغط ضغط ازموزي غروي لبروتينات البلازما زائداً الضغط الذاتي للانسجة حيث الضغط في الشريان الوارد 55مم/زئبق و30مم/زئبق داخل شعيرات الكبيبة و15مم/زئبق في سائل محفظة بومان و(10مم/زئبق ضغط نهائي رشحي).

وبالتالي يسمح غشاء الكبيبة بنفاذ الماء والبروتينات المتبلورة في الدم بالرشح الي فراغ محفظة بومان بينما لا يسمح ذات الغشاء للكريات الدم الحمراء وغالبية بروتينات البلازما بالرشح،لذلك يعتبر السائل الكبيبي رشيحاً دقيقاً للبلازما محتوي علي نسبة ضئيلة من البروتينات مثل بروتين الالبيومين،قبل دخوله الانبيبة الملتفة القريبة، فان الرشح يماثل البلازما في ضغطها الازموزي.

كما ان الضغط الازموزي للمواد الموجودة علي جانبي الاغشية المنفذة يساعد علي مرور السوائل والمواد الذائبة من الدم للحوصلة ، الراشح الناتج من الحزم الوعائية يشبه بلازما الدم ماعدا معظم مكوناتها البروتينية. ويتم ترشيح نحو 180 لتر(45جالون) يوميا من السوائل خلال حويصلات بومان ولكن ينتج فقط نحو 1 -1.5 لتر بول في اليوم.

إعادة الإمتصاص Reabsorption

نظراً لخلو راشح الحزم الوعائية من بروتينات الدم فان ضغطه الازموزي يكون منخفضاً عن الدم لذك فخلال مروره بالقنيات يحدث اعادة لامتصاص بعض مكونات الراشح. يمر الراشح الجمعي بعد ذلك في الأنابيب البولية حيث يتم إعادة المواد الهامة ثانية في عملية تسمى إعادة الإمتصاص في نهاية الانبيبة الملتفة القريبة . حيث نجد ان مكونات الرشح تشبه سائل البلازما في ضغطه الازموزي ولكن مكوناته تختلف حيث لا يحتوي علي (الأملاح المعدنية والجلوكوز والاحماض الامينية). وتتم عملية الإمتصاص بالنقل الفعال أو بالانتشار وتحدث في المناطق المختلفة من الأنبوبة وهي تتناول الماء ومعظم المواد المذابة فيه.

بمجرد ان يعبر الراشح القنية القريبة فان بعض المكونات يكون قد تم امتصاصها تقريبا بواسطة النقل النشط وهذه تشمل الجلكوز، الاحماض الامينية ، البيروفات، اللاكتات وحمض الاسكوربيك ومعظم الأملاح المعدنية يعاد امتصاص معظم السائل المترشح(70%) الي الاوعية الدموية المحيطة بالانيبيات ليدخل الدورة الدموية. ونحو 90% من الصوديوم الموجود بالراشح يعاد امتصاصه بطريقة مضخه الصوديوم، خروج الصوديوم لوحده سوف يترك شحنة سالبة زائدة بداخل القنية ولكن هذا يتم تجنبه بمرور ايوانات الكلوريد مروراً سلبيا بمصاحبة ايونات الصوديوم. وجود هذه الايونات يزيد الضغط الاسموزي في الخارج ولذلك يغادر الماء القنيات. وبهذه الطريقة فان نحو 90% من ماء الراشح يزاح بواسطة اعادة الامتصاص الاجبارية للمكونات متعادلة الاسموزية.

اليوريا تتحرك تبعاً لشدة فرق التركيز والضغط الاسموزي، وفي القنيات القريبة يعاد امتصاص نحو 40-50% من مقدار اليوريا الموجودة بالراشح ، واي قدر من البروتين قد يهرب خلال الحزمة الوعائية يعاد امتصاصه في القنيات القريبة.

مع مرور الوقت فان الراشح المعدل يدخل الجزء النازل من عروة هنل ويقل حجم الراشح كثيراً ويتغير تركيبه لكن درجة الحموضة والاسموزية والوزن النوعي لا تتغير. وبمجرد ان يمر الراشح للاسفل خلال الجزء النازل فانه يفقد بعض ماء السائل البين خلوي متزايد التركيز. الجزء الصاعد من خية هنل غير منفذ للماء ولذلك فان الراشح يفقد الصوديوم بدون فقد الماء. عليه ان نظام التيار المضاد اي الامتصاص ضد منحني فرق التركيز والضغط ثبت وجودة في خية هنل ولذلك فان الراشح نفسه يمكن ان يصبح اكثر تركيزاً في الجزء المستقيم من المنطقة الطرفية للخية هنل.اما الجزء الباقي من الصوديوم يعاد امتصاصه وهذا يتضمن عمل نظامين هما:

1- يعمل الهرمون المضاد للتبول ADH المفرز من النخامية الخلفية ، العامل المخرج للصوديوم ANF المفرز من القلب علي خلايا القنيات منظماً نفاذيتها للصوديوم

2- خلايا الجزء الطرفي تكون وتفرز ايونات الايدروجين، البوتاسيوم والامونيوم في مقابل امتصاص الصوديوم.

الإفراز Secretion

ويقصد بالإفراز هو النقل الفعال لجزيئات و أيونات المواد المختلفة من الدم إلى تجويف الأنبوبة البولية. وتقوم بهذه الفعالية خلايا الأنبوبة البولية في جميع مناطقها اثناء مرور الرشح و بالأخص الأنبوبة الملتوية البعيدة و الأنبوبة الجامعة. حيث تقوم خلايا الانبيبات اثناء مرور الرشيح بافراز بعض المواد مثل الامونيا والكرياتين الذي لايعاد امتصاصه في الانبيبة فانه يزداد تركيزه نتيجة لعمليات اعادة الامتصاص. أما البولينا فانها تنتشر عبر الغشاء ويتم اعادة امتصاص حوالي 30-40% من المرشح منها.

عليه فان مكونات البول يمكن ان تقسم الي مجموعتين رئيستين:

A. **مواد عتبية** Threshold Substances او الاساسية:

وهي المواد التي يعاد امتصاصها باكملها في الاحوال العادية من البول الاولي اثناء مروره في انبيبات الكلية. وهذه المواد مفيدة للجسم الا انها ترشح من الدم مع المواد البولية الاخري عندما يرتفع تركيزها فيه عند حد معين بالقيمة العتبية مثل الجلكوز والاحماض الامينية.

B. **مواد غير عتبية** Non Threshold Substances او الغير اساسية:

وهي مواد غير نافعة أو نواتج مسرفة تمرر الي الخارج حتي لو كانت موجودة بالدم بنسب قليلة. لايعاد امتصاصها في انبيبات الكلية مثل اليوريا والكرياتين واملاح الكبريتات.