قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة الرابعة الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

التوازن الحامضي القاعدي للجسم Acid - Base Balance

يعني الجسم عناية خاصة بتركيز أيون الهيدروجين H^+ في السوائل لما له من أهمية الحياة الكائن الحي. تتراوح حدود الأس الهيدروجيني pH لمختلف اللبائن بين (٧ – ٧,٨) وبمعدل (٧,٤)، إن الثبات النسبي لكمية H^+ في السوائل خارج الخلايا هي نتيجة التوازن الحامضي القاعدي.

الحامض: هو المادة التي لها القابلية على إعطاء ايونات الهيدروجين (أي إعطاء بروتون).

القاعدة: هي المادة التي لها القابلية على قبول ايونات الهيدروجين والإتحاد بها.

تختل الموازنة بين الحوامض والقواعد في الجسم بين فترة واخرى نتيجة لعمل الخلايا التي تتطلب إضافة أو طرح كميات من هذه المواد من الجسم بشكل مستمر، تضاف كميات من الحوامض او القواعد نتيجة لتناول الانسان الطعام أو الشراب أو نتيجة للأفعال الحيوية.

يحدث فقدان او اكتساب الحوامض او القواعد نتيجة بعض الحالات المرضية. إذا انخفض الأس الهيدروجيني للدم Blood pH أقل من الحدود الاعتيادية . فتسمى الحالة بـ الحموضة الدموية Acidaemia وإذا ارتفع الأس الهيدروجيني للدم فتسمى الحالة بـ القاعدية الدموية Alkalaemia.

التوازن الحامضي القاعدي في حالة المرض.

* يسبب المرض اختلالاً في التوازن الحامضي القاعدي للجسم لذلك يجب على الأجهزة المسؤولة على هذا التوازن العمل لإعادته إلى الوضع الطبيعي.
* إذا كان المرض شديداً فيؤدي إلى استنزاف قابلية هذه الأجهزة وانخفاض قدرتها عن العمل لإعادة التوازن الطبيعي وتنتج عن ذلك استمرار في اختلال التوازن وبقاء معاناة الانسان ويكون اختلال التوازن على نوعين:

١. زيادة الحامضية Acidosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للحوامض في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية ، يرافق زيادة حامضية الجسم زيادة حامضية الدم Acidaemia
٢. زيادة القاعدة Alkalosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للقواعد في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية ويجب أن نتذكر هنا بأن وجود الهيموغلوبين بدون الأكسجين يكون اكثر قاعدية مما هو عليه عندما يكون الهيموغلوبين متحداً مع الأكسجين، ويرافق زيادة قاعدية الجسم زيادة في قاعدية الدم Alkalemia.

* وتسمى زيادة الحوامض الناتجة من تجمع حامض الكابونيك H_2Co_3 بالحموضة التنفسية. Respiratory acidosis

* وتسمى زيادة القاعدية الناتجة من تجمع غاز Co_2 بالقاعدية التنفسية Respiratory alkalosis

* وإذا كان سبب الحموضة زيادة في حامض أخر غير H_2Co_3 أو نتيجة انخفاض القاعدية فتسمى الحالة بـ الحموضة الأيضية Metablic acidosis

* وإذا كان سبب القاعدية إضافة أية قاعدة أو انخفاض في أي حامض عدا H_2Co_3 فتسمى الحالة بـ القاعدية الأيضية Metabolic Alkalosis

* كما يحدث اختلال التوازن الحامضي القاعدي في بعض الحالات المرضية مثل :

* انخفاض التهوية التنفسية Insufficient Respiratory Ventilation .

* هبوط في عمل الكلية والتقيؤ والإسهال .

ولغرض السيطرة على عدم اختلال التوازن يستعين الجسم بما ياتي

١. المواد الكيميائية المعادلة الدارئة Chemical Buffers
٢. تنظيم تركيز حامض الكاربونيك H_2CO_3 في الدم عن طريق التنفس.
٣. طرح أيونات الهيدروجين والبيكربونات (H^+ , HCO_3^-) عن طريق الكليتين.

اولاً : المواد الكيميائية المعادلة Chemical Buffers

تتكون هذه المواد من خليط من الحوامض الضعيفة والقواعد مثل حامض الكاربونيك H_2Co_3 وأيونات البيكربونات و HCO_3^- حيث أن وجودها يمنع أي تغيير كبير في الاس الهيدروجيني عند إضافة حامض أو قاعدة

عند إضافة حامض اقوي مثل H_2SO_4 (الناتج من تمثيل بعض البروتينات الحاوية على حوامض أمينية تحتوي على الكبريت) فإن الجزء القاعدي من الجهاز يرتبط مع أيون H^+ الناتج من الحامض القوى ليكون حامض ضعيف (أي أن HCO_3^- تأخذ H + من الحامض القوي لتحويله إلى حامض ضعيف هو H_2Co_3:

$$(H_2SO_4 + HCO_3^-)$$

$$2H^+ + SO_4 + 2HCO_3^- \text{ -------- } 2H_2CO_3 + SO_4$$

أذن تنتج عن التفاعل قلة في القاعدة نتيجة استهلاك HCO_3^-

عند إضافة كميات إضافية من الحامض القوي يحصل انخفاض إضافي في القاعدة وتنخفض نسبة القاعدة إلى الحامض . لذلك يجب إرجاع نسبة القاعدة إلى الحامض إلى حدودها الطبيعية وبعكس ذلك تحصل زيادة في حموضة الدم والتي يمكن معادلتها عن طريق طرح أيون + H مع البول أما عند إضافة قاعدة قوية فإنها تستبدل أولاً بقاعدة ضعيفة ثم تقوم الكلية بالاحتفاظ باين + H وزيادة طرح المواد القاعدية عن طريق البول لغرض المحافظة على التوازن.

ويتكون الجهاز المعادل للدم Blood Buffer من

* البيكربونات HCO_3^- : أكثر مكونات الجهاز المعادل للدم أهمية

* خضاب الدم Hb

* بروتينات بلازما الدم Plasma Proteins

* الفوسفات HPO_3-

ثانياً: التنظيم التنفسى لحامض الكربونيك Respiratory adjustment of H_2CO_3

تتغير كمية HCO_3- المعادلة (لأن H_2CO_3 هو مصدرها الوحيد) من خلال انخفاض معدل التهوية التنفسية (لأن ضغط غاز CO_2 في محلول يؤدي إلى تفاعل جزء منه مع الماء لتكوين H_2CO_3

$$CO_2 + H_2O _____ H_2CO_3$$

لذلك فإن كمية H_2CO_3 تتناسب طردياً مع كمية غاز CO_2 المذابة وهذه تتأثر بمعدل التهوية التنفسية

تؤثر زيادة أو انخفاض كمية CO_2 المذابة على المراكز التنفسية في المخ (نتيجة تغير الأس الهيدروجيني) لذلك فعند انخفاض الأس الهيدروجيني نتيجة زيادة CO_2 يزداد التنفس لطرح الكميات الفائضة منه إلى الخارج . لذا فإن زيادة CO_2 تؤدي إلى انخفاض الأس الهيدروجيني وتؤدي إلى زيادة معدل التنفس لطرح الزائد من CO_2

زيادة حموضة الدم Acidosis تؤدي الى زيادة التهوية Hyperventilation تؤدي بدورها الى زيادة طرح CO_2 وبالتالي يقل CO_2 في الدم وهذا يؤدي الى قلة حامض H_2CO_3 في الدم وبالتالي قلة ايونات +H في الدم اي زيادة الاس الهيدروجيني وبالتالي يعود الاس الهيدروجيني الى الحالة الاعتيادية.

ثالثاً: طرح أيونات + H و HCO_3 عن طريق الكليتين:

Excretion of Hydrogen and Bicarbonate ions by the kidney

كما قلنا سابقا، عند إضافة حامض قوي أو قاعدة إلى السوائل الجسمية فإن المعادلات الكيميائية ستتحرك لموازنة الأس الهيدروجيني وينتج استنزاف لـ HCO_3- و +H .

فعند إضافة H_2SO_4 فإن الـ HCO_3- ستقوم بمعادلته وينتج عن ذلك تكوين حامض الكاربونيك الضعيف الذي يتخلص الجسم منه بسهولة عن طريق التنفس اما ايونات الكبريتات ($SO_4^=$) فيتم طرحها عن طريق البول.

$$2H^+ + SO_4^= + HCO_3^- \text{--------} 2H_2CO_3 + SO_4^=$$

ويؤدي هذا التفاعل إلى استنزاف كميات من HCO3- المستهلكة إضافة الى خسارة أيونات موجبة تطرح عن طريق البول بغرض موازنة ($SO_4^=$) لمعادلة الكهربائية للجسم مثل أيونات Na^+ المهمة.

لذلك تقوم الكلية بطرقها الخاصة بتعويض -HCO3 المفقودة عن طريق تكوينها من غاز CO2 الناتج من الأفعال الحيوية

يذوب CO2 في الماء مكوناً و H2CO3 الذي يتحلل سريعاً بفعل إنزيم خاص متواجد في خلايا الكلية يسمى Carbonic anhydrase مكوناً H^+ و HCO_3^-

$$CO_2 + H_2O \text{ ------- } H_2CO_3 \text{ --------- } H^+ + HCO_3^-$$

يحتفظ الجسم بأيون HCO_3^- وينقله عن طريق الدم اما ايون +H فإنه يطرح مع سائل الأنابيب الكلوية لاستبداله بأيون + Na الذي يعاد امتصاصه عن طريق النقل الفعال لذلك فإن كمية من ايون + H مساوية لكمية H_2SO_4 التي أضيفت سيتخلص منها الجسم عن طريق البول وسيحصل على ما فقده من أيونات و -HCO_3 و Na^+.

الكلية The Kidney

تعتبر الكلية العضو المسؤول عن تنظيم السوائل الجسمية للمحافظة على الوسط الداخلي الجسم . لذلك فإن أي اضطراب في السوائل الجسمية (حجماً وتركيبا) قد يؤدي إلى حدوث حالات مرضية خطيرة .

ومثلما بينا سابقاً فإن الجسم يفقد باستمرار كمية معينة من الماء عن طريق هواء الزفير (الرئتين) ، والتبخر من سطح الجسم (الغدد العرقية) ، والتبرز (الغائط) واخيراً عن طريق البول (بواسطة الكليتين) ، أما كمية الماء المنقود عن طريق العرق فتغير قيمتها تبعا لتغير درجة حرارة المحيط وتتراوح بين ١ / ٢ - ١٠ لتر في اليوم الواحد في الإنسان.

إن التباين الكبير في كمية الماء المفقودة بواسطة العرق مرتبط بتنظيم درجة حرارة الجسم . وتكون أحياناً على حساب توازن السوائل الجسمية . لذلك تعتبر الكليتين العضوان الوحيدان الذان يستطيعان تنظيم كمية السوائل الجسمية وتركيبها.

تتسلم الكلية إشارات خاصة بحصول التغيرات في مكان ما من الجسم والتي تتطلب إجراء بعض التغيرات الضرورية في تركيز الأيونات المهمة (مثل + Na , K + , H+)، وتعتبر الكلية العضو الإفرازي الرئيسي في الجسم ومهمتها التخلص من الفضلات والمواد الذائبة في الماء وكذلك الفضلات غير الطيارة (Non volatile) حيث يمتص منه أو تضاف إليه بعض المواد قبل أن يتحول إلى ما نسميه البول (Urine) لذلك يختلف تركيب وحجم البول في الانسان نفسه من وقت لأخر.

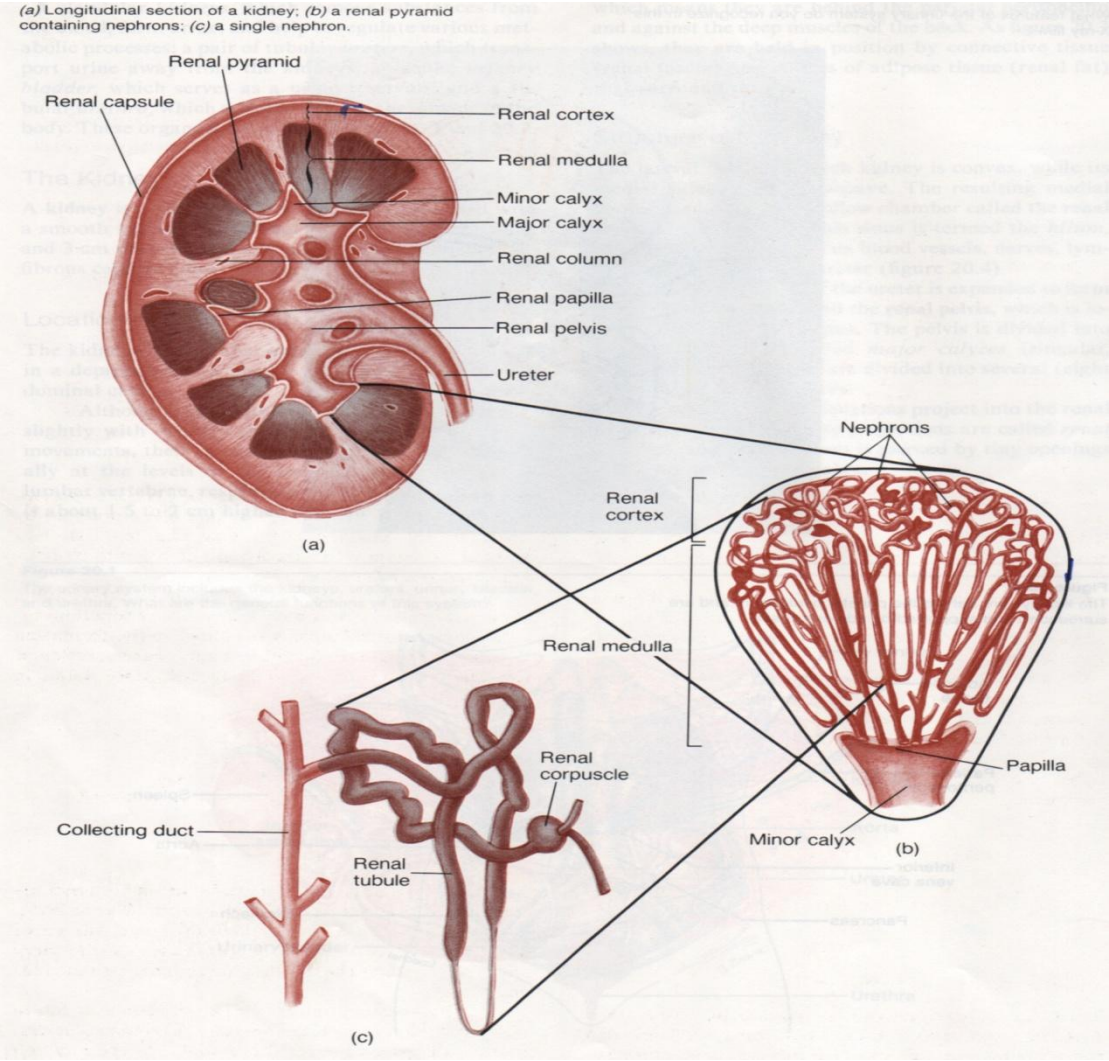
تشريح الكليتين Anatomy of the kidney

توجد في جسم الانسان كليتان تشكلان حوالي ١ % من وزن الجسم الكلي . تتصل الكليتان بالجدار الظهري من البطن Dorsal wall of the abdomen خلف الحجاب الحاجز Diaphragm . ويحيط كل كلية من الخارج محفظة Capsule ويتكون نسيج الكلية من قسمين

١- القشرة Cortex إلى الخارج .

٢ - اللب Medulla إلى الداخل.

يتكون اللب من كتل مخروطية Cone - shaped تسمى الفصوص الكظرية Renal lobules حيث تتكون قاعدة كل فص من نسيج القشرة بينما تتجه القمم المسماة بالحلمات Papillae نحو حوض الكلية . ويسبب بروز الحلمات في حوض الكلية ظهور خلجان صغيرة - Minor calyces و اتحاد مجموعة من الخلجان الصغيرة يكون خلجان كبيرة Major calyces و اتحاد مجموعة من الخلجان الكبيرة يكون حوض الكلية Renal Pelvis ويوجد حوض الكلية في الخنازير والخيل والقطط و الكلاب اضافة الى الانسان.



تشريح الكلية

أما في الدجاج والبقر فلا يوجد حوض كلية لأن الخلجان الكبيرة تتحد مع بعضها لتكون الحالب Ureter وهناك نوعان من الحيوانات نسبة لتفصص الكلية وهما:

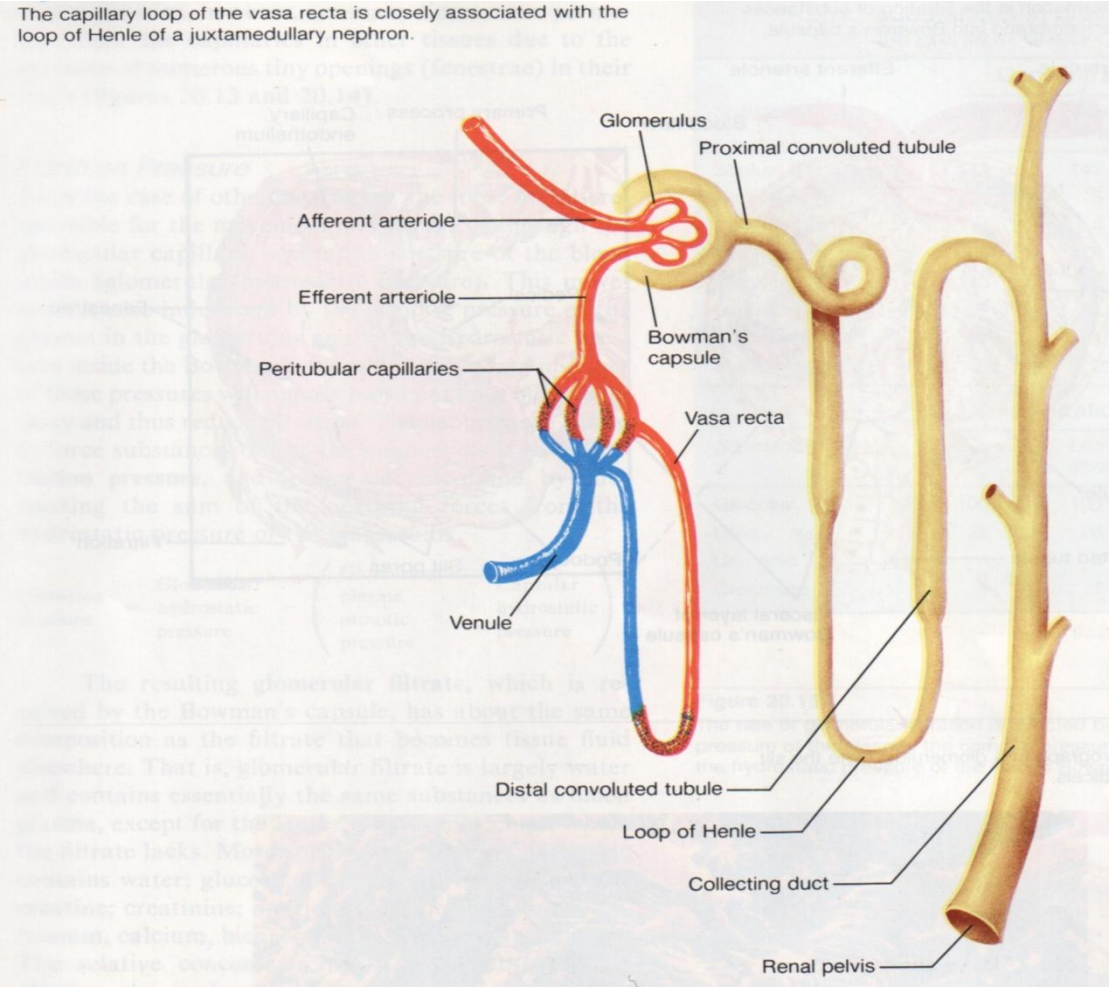
أ - مفصص Lobulated مثل الدجاج والأبقار

ب - غير مفصص non Lobulated مثل الخرفان والقطط والكلاب والخيل والإنسان

يوجد انخساف في الجانب الداخلي للكلية يسعى بالنقير Hilus او Hilum .

تركيب الكلية

تتألف الكلية من حوالي مليون أو أكثر وحدة وظيفية فعالة تسمى بالنفرونات Nephrons يتألف كل نفرون من النبوية بولية أو كلوية Renal or uriniferous tubule. تمتد الأنابيب البولية أو الكلوية بما فيها القنوات المجمعة Collecting Duets من القشرة عبر اللب وتفتح في حوض الكلية على شكل خطوط شعاعية مستقيمة ray - like striation مما يجعل اللب يبدو وكأنه مخطط striated.



النفرون

تبدأ الأنبوبة البولية بتركيب قمعي الشكل هو محفضة بومان Bowman ' s Capsule توجد في داخلها كتلة من الأوعية الشعرية الدموية تسمى الكرية الكلوية Renal corpuscle وتعرف بالكبيبة Glomerulus أو كرية مالبيجي Malpighian .

وتقسم الأنبوبة البولية الى عدد من المناطق المتميزة فسيولوجياً ونسيجياً وهي.

- الانبوبة الملتوية العليا او القريبة (الدانية) Proxaimal Convoluted tubule .
- وإلتواء هنلي Henle ' s Loop أو Loop of Henle.
- والأنبوبة الملتوية السفلى أو البعيدة (القاصية) Distal Convoluted tubule.
- والقنوات المجمعة Collecting ducts وتصب النفرونات محتوياتها في القنوات المجمعة وتعمل النفرونات مع القنوات المجمعة للمحافظة على.

١. التنظيم الأوزموزي.
٢. التنظيم الحامضي – القاعدي.
٣. إفراز أيون البوتاسيوم K.

وتتميز النفرونات الكلوية بأطوالها المختلفة فتكون النفرونات الواقعة في الجزء الداخلي من قشرة الكلية طويلة نسبياً بسبب زيادة طول التواء هنلي ، أما النفرونات الواقعة في الجزء الخارجي من قشرة الكلية فتكون قصيرة بسبب قصر طول التواء هنلي وهناك علاقة وثيقة بين طول التواء هنلي ومعدل تركيز البول في الكلية حيث يكون الحيوان الذي يحوي نسبة عالية من النفرونات طويلة الإلتواء أكبر قابلية على تركيز البول من الحيوان قصير الإلتواء.

عمل الكلية .

يعتبر النفرون الوحدة الوظيفية الفعالة في الكلية بالإضافة إلى كونه الوحدة التركيبية. كما إن عمل الكلية هو حصيلة فعاليات المليون او اكثر من نفرونات الكلية.

وظائف الكلية .

١. المحافظة على الحجم الكلي للسوائل الجسمية : عند زيادة حجم السوائل الجسمية تطرح الكليتان كمية من البول المخفف (Hyporonic urine) اما عند جفاف الجسم فان حجم البول ينخفض ويصبح عالي التركيز Hypertonic urine أي أن تركيز البول يكون اعلى من تركيز مصل الدم ويتراوح الضغط الأوزموزي للبول المطروح بين ٦ / ١ إلى أربعة أضعاف الضغط الأوزموزي لمصل الدم ، أي بين ٥٠ - ١٢٠٠ ملي اوزمول / لتر للبول و ٣٠٠٠ ملي أوزمول / لتر لمصل الدم.
٢. تنظيم التركيز الكلي للسوائل الجسمية تحاول الكلية إبقاء الضغط الازمولي للسوائل الجسمية حوالي ٣٠٠ ملي أوزمول / لتر ويتم هذا التنظيم بطرح كميات مختلفة من الماء والأملاح بواسطة الكليتين حسب الحاجة.
٣. تنظيم تراكيز المواد المذابة ليس المهم أن يكون الضغط الأوزموزى للسوائل الجسمية ثابتاً فقط وإنما يجب ان تبقي تراكيز المواد المختلفة ثابتة لاتتغير الا قليلاً ، فمثلا توجد أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والبيكربونات في الدم بتراكيز مختلفة . وعند ارتفاع تراكيز أحد هذه الأيونات تقوم الكلية بطرح الزائد منه إلى

الخارج وبالعكس عند انخفاض تركيز هذه المواد تقل سرعة طرحه عن طريق الكليتين.

٤. تنظيم تركيز ايون + H في الدم يعبر عن تركيز أين + H بالأس الهيدروجيني pH وهو حوالي ٧,٤ كما ذكرنا بالنسبة للدم وعند ارتفاعه عن هذا الحد تسمى قاعدية الدم alkalaeinia وعند انخفاضه تسمى الحموضة الدموية Acidaeimia يتم هذا التنظيم بطرق عديدة منها طرح أبونات + H او طرح وامتصاص -HCO3 .

٥. طرح الفضلات والسموم تقوم الكلية بطرح بعض الفضلات مثل اليوريا ، وحامض اليوريك ، والأمونيا ، والأملاح الصفراوية Bile salts

و كذلك تطرح الكلية السموم المتكونة في الجسم نتيجة الفعاليات الحيوية المختلفة أو الداخلة للجسم عن طريق الأطعمة كما تقوم الكلية بطرح الأدوية والعقاقير او المواد الناتجة عن تحللها وبذلك تمنع تراكمها في الجسم .

وظائف النفرونات الكلوية

تقوم الكلية بوظائفها عن طريق ثلاث فعاليات مهمة يمارسها النفرون وهي:

١. الترشيح Filtration
٢. إعادة الامتصاص Reabsorption
٣. الإفراز Secretion

اولاً : الترشيح Filltration

* الترشيح هو عبور جزء من مصل الدم من المجرى الدموي إلى محفظة بومان

* يقدر السطح الذي يتم عن طريقه الترشيح في الكليتين بحوالي ١٥م^{٢}.

* أما الضغط الشعيري في الكبيبة فيبلغ حوالي ٧٠ ملم زئبق مقارنة مع الضغط الشعيري في الأوعية الشعيرية الدموية في سائر أنحاء الجسم البالغة حوالي ٢٥ ملم زئبق وبذلك يعمل الضغط الشعيري على دفع الراشح إلى محفظة بومان.

* تقابل ذلك قوتان هي الضغط الأوزموزي الغروي الذي يبلغ حوالي ٣٠ ملم زئبق وضغط السائل في الأنبوبة البولية ويبلغ ١٥ ملم زئبق ولذلك تصبح القوة الدافعة للترشيح هي حوالي ٢٥ ملم زئبق ٧٠ - (٣٠ + ١٥).

* تحت هذه القوة تخترق جدران الأوعية الشعرية الدموية وجدران محفظة بومان جزيئات الماء وجميع المواد المذابة فيه عدا تلك التي لها وزن جزيئي عالي.

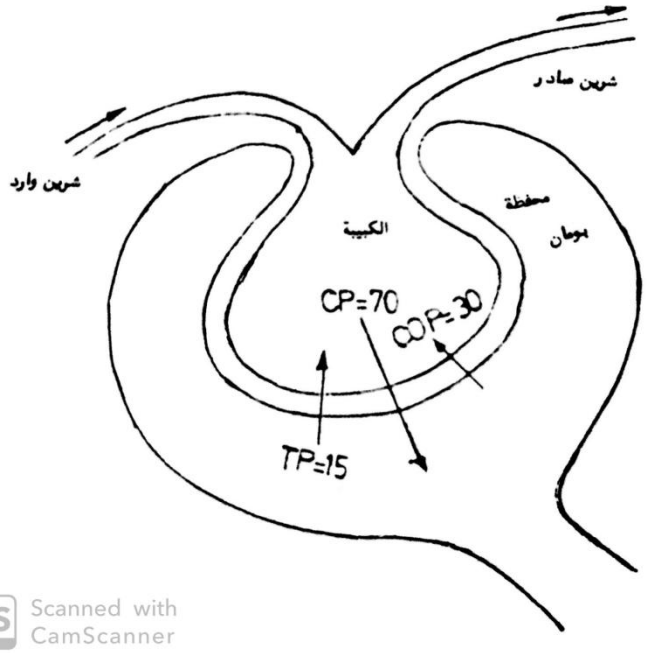
* إن الحد الأعلى للوزن الجزيئي الذي يمكن الترشيح هو حوالي ٣٥٠٠٠.

* مثلا يتم ترشيح اليومين البيض (و . ج = ٣٤٠٠٠) بينما لا يمكن أن ترشيح البومين المصل Serum albumin (و.ج=٦٧٠٠٠) .

* يبلغ مقدار السائل المترشح في جميع نقرونات الكليتين في الإنسان حوالي ١٢٥ سم^{٣} / الدقيقة وهو ما يعادل ١٧٠ لتر يومياً

* ويشبه هذا الراشح تماماً مصل الدم ماعدا خلوه عادة من البروتينات التي لا يمكن ترشيحها لكبر جزيئاتها

* يحتوي الراشح على كمية كبيرة من الجلوكوز و K^+ وNa^+ وغيرهما من المواد التي لا يمكن أن يستغني الجسم عنها ، لذلك يعاد امتصاص هذه المواد من قبل جدران الأنابيب البولية .



Scanned with CamScanner

القوى المتحكمة في الترشيح داخل النفرون. CP: الضغط الشعري، COP: الضغط الأوزموري الغروي، TP: الضغط الانبوبي، الأرقام تمثل الضغوط بالمليمترات زئبق (mm Hg)

ثانياً: إعادة الامتصاص Reabsorption

عملية إعادة الامتصاص بواسطة النقل الفعال وتباين الضغوط في المناطق المختلفة من الأنابيب البولية وتشمل الماء ومعظم المواد المذابة فيه.

إعادة امتصاص الماء.

تبلغ كمية الماء المترشح خلال كلية الإنسان حوالي ١٢٥ سم^3 / دقيقة يعاد امتصاص حوالي ٨٨% من الماء المترشح في الانبوبة الملتوية العليا (تبلغ ١١٠ سم^3 / دقيقة) أما ١٢% الباقية فتتابع سيرها إلى المناطق الأخرى للأنبوبة البولية (تبلغ ١٥ سم^3/ دقيقة).

إن عملية امتصاص الماء في الأنبوبة الملتوية العليا هو نتيجة لعملية امتصاص الصوديوم بالنقل الفعال حيث يعاد امتصاص ٨٨% من الصوديوم ايضاً ويؤدي امتصاص الصوديوم إلى جعل السائل البيني خارج الأنبوبة البولية اعلى تركيزاً من السائل داخل الأنبوبة. لذلك ينفذ الماء من الأنبوبة إلى السائل البيني حسب القوانين الأوزموزيه، وبانتقال الصوديوم من السائل البيني إلى داخل الأوعية الشعرية الدموية المحيطة بالانبوية البولية ينفذ الماء إلى داخل الأوعية الدموية.

إن عملية امتصاص الصوديوم عملية ايجابية بينما عملية امتصاص الماء عملية سلبية ويؤلف امتصاص كل من الماء والصوديوم حوالي ٩٠% من المحاليل الملحية للمصل والراشح ويمتص بنفس الدرجة (٨٨%) في الأنبوبة الملتوية العليا . لذلك فإن تركيز الراشح الذي يترك الأنبوبة الملتوية العليا والذي يدخل التواء هنلي يبقى ثابتاً ومساوياً لتركيز الراشح الأصلي وتركيز البلازما ويعتقد أن التواء هنلي غير ناضح للماء. لذلك فإن السائل الذي يترك التواء هنلي ويدخل إلى الأنبوب الملتوي السفلي يساوي ايضاً ١٥ سم^{٣} / دقيقة.

يتم في الأنبوبة الملتوية السفلى وفي الأنابيب الجامعة امتصاص ١٤ سم^{٣}/ دقيقة من الماء لذلك لا يتجمع في حوض الكلية سوى ١ سم^{٣} في الدقيقة وهذا يعادل ١,٥ لتر من البول في اليوم الواحد.

ثالثاً: الإفراز Secretion

الإفراز هو النقل الفعال للأيونات والمواد المختلفة من الدم عبر خلايا الأنبوبة البولية الى تجويفها وتقوم خلايا الأنبوبة البولية وخاصة الأنبوية الملتوية السفلى والبعيدة بهذه العملية.

إفراز اليهدروجين +H

تتكون في الجسم كميات كبيرة من المركبات الحامضية نتيجة تمثيل المواد الغذائية. فتمثيل الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات ينتج CO_2، كما أن تمثيل الأحماض النووية والمركبات الفوسفاتية العضوية ينتج حامض الفوسفوريك .

* يطرح CO_2 عن طريق طرح الرئتين (حوالي ٣٠٠ لتر في اليوم) ويعتمد طرحه على سرعة التنفس.

* اضطراب التنفس يؤدي الى حموضة الدم acidaemia عند انخفاض التهوية.

* إضطراب التنفس يؤدي الى قاعدية الدم Alkalaemia عند ازدياد التهوية.

* لذلك فإن الرنتين لا تستطيع تنظيم درجة حموضة الدم Blood pH بصورة مضبوطة وإنما يعتمد في ذلك على الكليتين عن طريق طرح أيون * H

* ويفرز جميع ايون + H عن طريق الأنبوبة الملتوية السفلى ويرتبط افراز +H مع عملية امتصاص + Na و -HCO3 كما ذكرنا سابقاً

يطرح الهيدروجين من البول بواسطة المواد المعادلة Buffers وأهمها HCO_3^- والفوسفات $PO_4^=$.

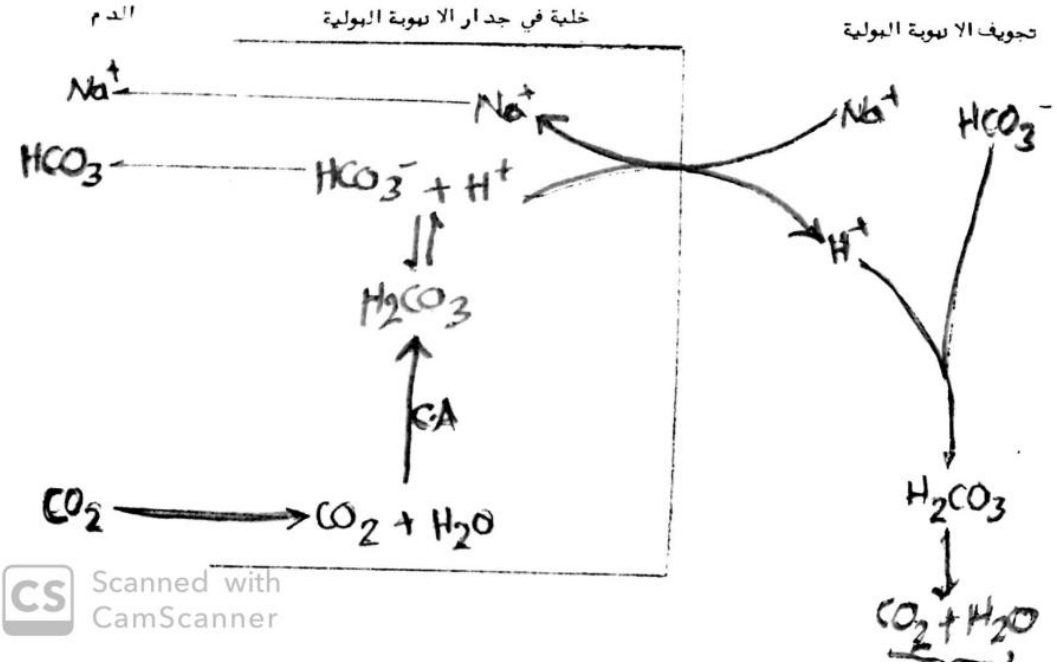
$$PO_4^= + H^+ \text{--------} HPO_4^- + Na^+ \text{---------} NaHPO_4$$

إفراز الأمونيا:

يتم فصل الأمونيا من الأحماض الأمينية وخاصة من الجلوتامين glutamine في خلايا الأنابيب البولية وتسمى عملية الفصل Deamination إن الأغشية الحية ناضحة بالنسبة للامونيا ولكنها تتحد بعد إفرازها مع أيون +H لتكوين الأمونيوم NH_4+ الذي لا يستطيع النفوذ إلى الدم . ويتحد أيون NH_4^+ مع أيون سالب مثل- CI داخل تجويف الأنابيب البولية ويطرح مع البول . إن عملية إفراز الأمونيا متعلقة بإفراز + H وامتصاص + Na وذلك يساعد على طرح الأيونات السالبة الفائضة على حاجة الجسم.

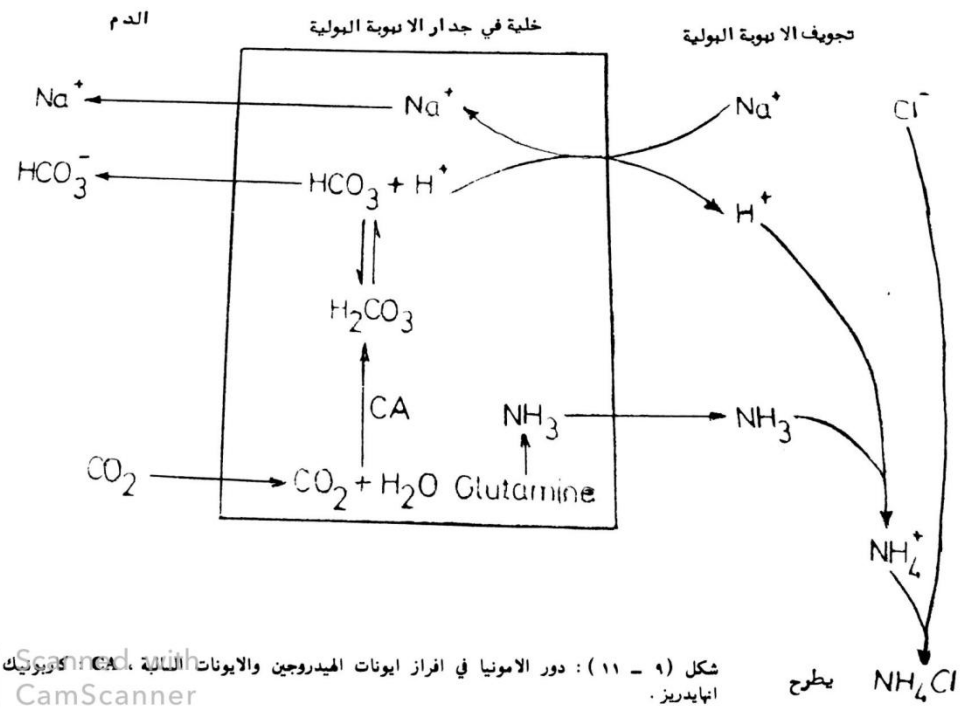
إفراز مواد أخرى:

تقوم الأنبوبة الملتوية السفلى بإفراز كثير من الفضلات مثل اليوريا ، وحامض اليوريك ، والكرياتين ، يتم أيضاً إفراز السموم الناتجة من التمثيل الغذائي او الداخلة من الخارج، تفرز أيضاً العقاقير او المواد الناتجة منها مثل البنسلين.



Scanned with CamScanner

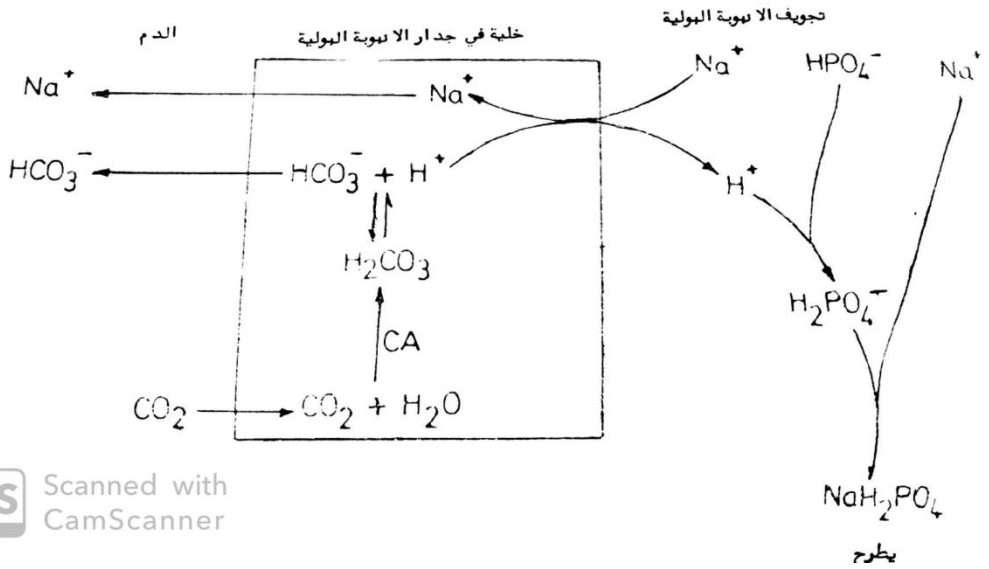
أفراز H^+ في الانبوبة الملتوية البعيدة في الكلية



شكل (٩ ـ ١١) : دور الامونيا في افراز ايونات الهيدروجين والايونات السالبة ، CA كاربونيك انهايدريز .

Scanned with CamScanner

دور الامونيا في افراز ايونات الهيدروجين والايونات السالبة



Scanned with CamScanner

دور الفوسفات في طرح ايونات الهيدروجين

العوامل التي تساعد الكلية على إنجاز وظائفها الأساسية.

١. ضيق الأنابيب الكلوية وطولها:
يسهل عملية التبادل بين الراشح البولي وخلايا هذه الأنابيب لصغر المسافة بينهما، كما أن طول الأنابيب يعطيها المجال الكافي للإمتصاص.

٢. زيادة المساحة السطحية للأنابيب الملتوية العليا:
تكون خلايا هذه الأنابيب المبطنة مهدية Brush like كما أن وجود الطيات Infolding في قاعدة الغشاء البلازمي Basal cell membrane لكل من الأنبوبتين العليا والسفلي يساعد على زيادة مساحة قاعدة الخلايا السطحية، وجود الميتوكوندريا Mitochondria بأعداد كبيرة في مناطق الطيات تكون مصدراً للطاقة للمساعدة في النقل الفعال في المنطقة.
إن زيادة المساحة السطحية يسرع عملية الانتشار diffusion وإعادة الإمتصاص والإفراز.

٣. موقع التواء هنلي وطبيعة تركيبه يسمح بتكوين مجال اوزموزي يزداد عند تحرك البول من القشرة إلى الحالب.

٤. قابلية القنوات المجمعة على تسهيل أو منع التبادل الازموزي يساهم في تركيز البول او تخفيفه.

٥. تسلم الكلية لكميات كبيرة من الدم اكثر من اي عضو في الجسم (ربع كمية الدم الذي يضخه القلب) يضمن قيامها بتنظيم حجوم وتركيب السوائل الجسمية كما أن تجهيز الكبيبة الكلوية مباشرة بالدم عن طريق أوعية قصيرة واسعة القطر يساعدها على تكوين ضغطاً ترشيحياً عالياً High Filtration pressure .

النواتج النهائية لعمل النفرونات

أن النواتج النهائية لمجمل عمل نفرونات الكلية يتضمن تنقية الدم من كافة العناصر غير المرغوبة وخاصة النواتج النهائية لايض الجسم والتي تشمل اليوريا urea وحمض البول uric acid واليوريت Urates بالاضافة الى الكرياتنين Creatinen، وكذلك تعمل النقرونات على تخليص الجسم من الأيونات الزائدة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والهيدروجين وغيرها.

معدل الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration Rate , GRF

يسمي السائل الذي يترشح من الكبيبة الى محفظة بومان بالراشح الكبيبي Glomerular Filtrate . أما الغشاء الذي يتم عبره الترشيح فيشابه بقية اغشية الأوعية الشعرية الدموية ما عدا أن نفوذيته اكثر منها بما يقارب ما بين ١٠٠ - ١٠٠٠ مرة.

اما الراشح فيشابه في تركيبة السوائل المترشحة في نهايات الأوعية الشعيرية الشريانية الى السائل البيني حيث لا يحتوي على كريات الدم الحمر ولا البروتينات ذات الأوزان الجزيئية الكبيرة. كما أنه يحتوي على نفس الأيونات والكهارل الموجودة في السائل البيني.

ويطلق على كمية الراشح الذي يعبر خلال نفرونات الكليتين باجمعها في الدقيقة الواحدة بمعدل الترشيح الكبيبي GFR ويبلغ معدل الترشيح الكبيبي في الانسان صحيح الجسم حوالي

١٢٥ مليليتر في الدقيقة الواحدة. وتقدر كمية الراشح الكبيبي بحوالي ١٨٠ لتر في اليوم الواحد وهو ما يعادل ضعف وزن الشخص العادي ، يعاد امتصاص ما يقارب ٩٩ % منها في النبيبات الكلوية ، بينما يستمر ١ % فقط منها بالمرور نحو المثانة مكوناً البول.

قياس معدل الترشيح الكبيبي

يمكن قياس معدل الترشيح الكبيبي باستعمال بعض المواد التي تترشح بحرية تامة خلال كبيبات الكلية مثل مادة انيولين Inulin التي تستعمل على نطاق واسع في الانسان وبقية الحيوانات ، وتمتاز هذه المادة بأنها خاملة فسيولوجياً حيث لا تشارك في الأفعال الحيوية ولا تفرز ولا يعاد امتصاصها من قبل النبيبات الكلوية.

التصفية المصورية للبلازما Plasma Clearance

ويستعمل مصطلح المصورية Clearance للتعبير عن قدرة الكلية في تصفية البلازما وما تحويه من مواد مختلفة عند مرورها . فمثلاً مرور بلازما تحوي على ٠,١ غم في كل ١٠٠ ملم ٣ من البلازما من مادة معينة وطرح ٠,١ غم من تلك المادة في البول في الدقيقة الواحدة يعني ان ١٠٠ ملم٣ من المصورية تصفي من هذه المادة في الدقيقة الواحدة.

ولغرض قياس التصفية المصورية Clearance تستعمل المعادلة التالية:

$$\text{التصفية المصورية Clearance} = \text{حجم البول} \times \frac{\text{تركيز المادة في البول}}{\text{تركيز المادة في بلازما الدم}}$$

وعند قياس التصفية المصورية، تحقن المادة المستعملة عن طريق الوريد IV مثل مادة انيولين Inulin. وبعد فترة تسحب عينة من الدم. ثم يحسب تركيز المادة في بلازما الدم وكذلك في البول وتطبق المعادلة السابقة. وكما نلاحظ في هذا المثال فان البلازما يحتوي على ٥٠ ملغم انيولين في كل ١٠٠ ملم٣، بينما يحتوي البول على ٦٠٠٠ ملغم انيولين في كل ١٠٠ ملم٣. أما البول فيخرج بما معدله ملم٣ واحد في الدقيقة، وبتطبيق المعادلة فان

$$\text{التصفية المصورية} = ١ \times \frac{٦٠٠٠}{٥٠} = ١٢٠ \text{ ملم}^{٣} \text{ في الدقيقة}$$