الفصل السابع : الإخراج والكليتين
Excretion and the kidneys

تحدث داخل خلية الكائن الحى مجموعة كبيرة من التفاعلات الكيميائية لاستمرارية حياة الخلية ــ بعض نواتج بعض هذه التفاعلات مركبات سامة ويجب أن تتخلص منها الخلية والجسم ــ فمثلا انشطار الجلوكوز فى عملية التنفس ينتج عنه غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يحمله الدم إلى الرئتين ــ والزيادة فى الأحماض الأمينية يحدث لها تحول فى الكبد إلى جليكوجين وبولينا Urea ويتم سحب البولينا من الأنسجة بواسطة الدم وتطرد خارج الجسم مع البول بواسطة الكليتين وذلك بالنسبة للبولينا والفضلات المشابهة لها مثل حمض البوليك Uric acid كناتج للتحول الغذائى للبروتين .

خلال التغذية يحصل الجسم على ماء وأملاح يفوق احتياجاته ويتم التخلص منها فى صورة العرق والبول ــ ليس ذلك فقط ولكن الهرمونات التى ينتجها الجسم وتقوم بوظائفها بعد انتهاء مهمتها يتم تكسيرها فى الكبد إلى فضلات يتم التخلص منها مع البول .

وعلى أساس ذلك فعملية الإخراج Excretion تطلق على عملية التخلص من :

١ ــ فضلات نواتج التفاعلات الكيميائية فى الخلايا .

٢ ــ الماء والأملاح الزائدة عن حاجة الجسم .

٣ ــ الهرمونات المستهلكة عديمة النفع .

٤ ــ مخلفات الأدوية والمواد الغريبة التى تصل إلى الدم .

ولا تعتبر عملية طرد الفضلات من الأمعاء (التبرز) عملية إخراج

* أعضاء الإخراج Excretory organs

١ ــ الرئتان Lungs : تطرد ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء .

٢ ــ الكليتان Kidneys : تطرد البولينا والفضلات النيتروجينية والهرمونات والأدوية المستهلكة .

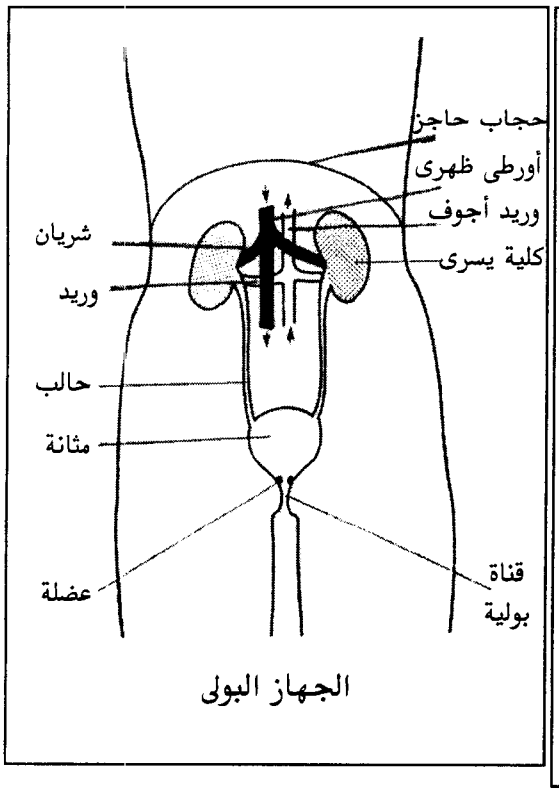
٣ ــ الكبد Liver : تكسير الهيموجلوبين ينتج عنه العصارة الصفراوية التى تفرز من الكبد إلى الحوصلة الصفراوية فالأمعاء وتخرج مع البراز .

٤ ــ الجلد Skin : يخلص الجسم من الماء والأملاح (كلوريد الصوديوم) فى صورة العرق ونسب قليلة جدا من البولينا .

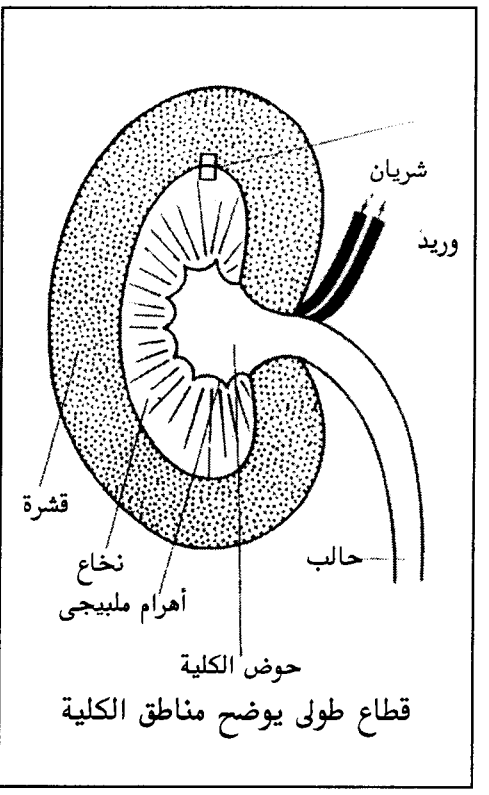
* الكليتان The kidneys

الكلية جسم متماسك بيضاوى الشكل (يشبه حبة الفاصوليا) لونه بنى محمر مغلف بغشاء شفاف وملتصق بالجهة الظهرية للتجويف البطنى وطول كل كلية ١٢ سم والعرض ٧ سم والسمُك $2\frac{1}{2}$ سم

ويمتد الشريان الكلوى من الأورطى ويتفرع داخل الكلية حاملا الدم المؤكسج والوريد الكلوى يحمل الدم غير المؤكسج من الكلية إلى الوريد الأجوف ويمتد من كل كلية الحالب وهو أنبوبة تفتح فى المثانة فى الجزء السفلى للتجويف البطنى .



الجهاز البولى

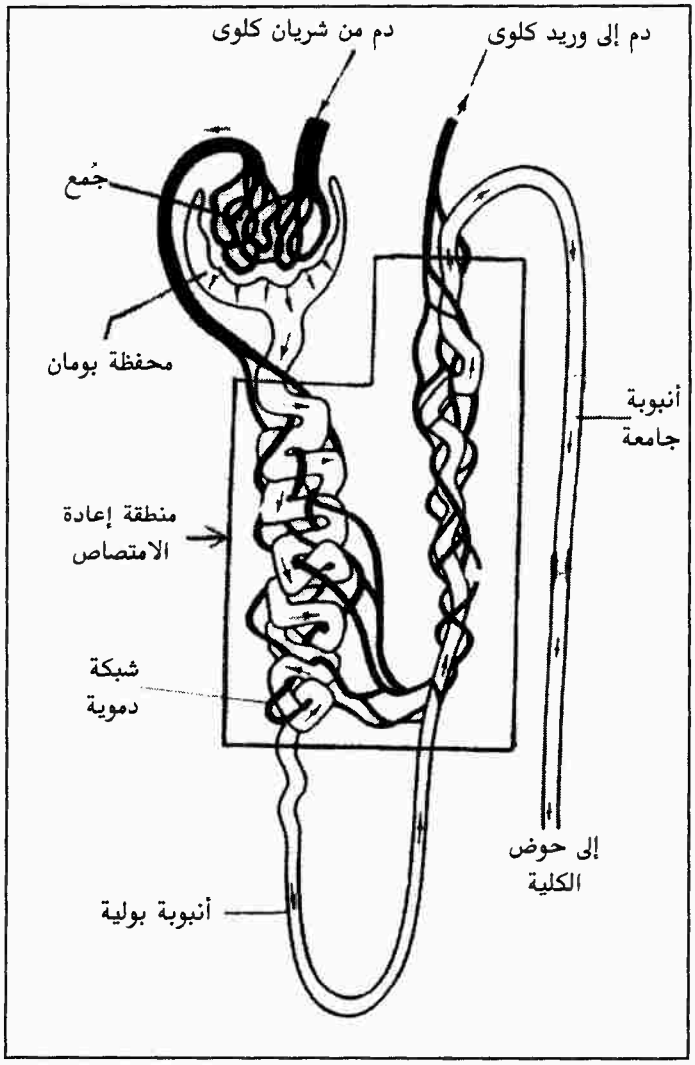


قطاع طولى يوضح مناطق الكلية

* مناطق الكلية Kidney regions

يتكون نسيج الكلية من شعيرات دموية عديدة وأنابيب دقيقة تسمى الأنابيب البولية تنتشر فى وسط من النسيج الضام وبمشاهدة قطع طولى فى الكلية نشاهد منطقة معتمة خارجية تسمى القشرة Cortex .

ومنطقة مضيئة داخلية تسمى النخاع Medulla وعند اتصال الحالب بالكلية توجد منطقة الحوض Pelvis .

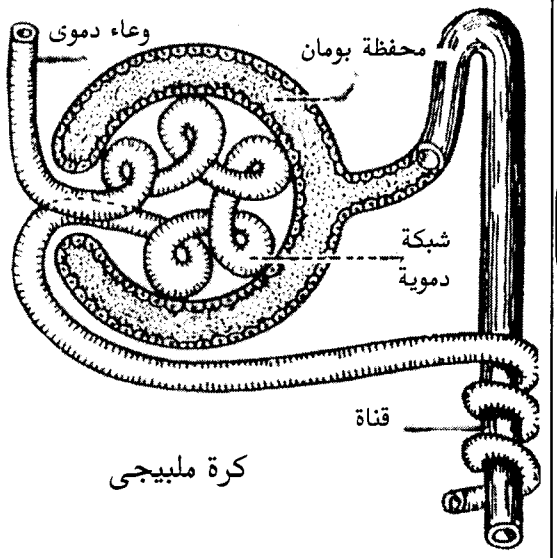


الشريان الكلوى يتفرع إلى عديد من الشعيرات الشريانية فى القشرة وكل مجموعة من الشعيرات الشريانية تكون (الجُمع) Glomerulus وهو عبارة عن شبكة من الشعيرات الشريانية تحاط بعضو فنجانى الشكل يسمى محفظة بومان التى تؤدى إلى أنبوبة بولية ملتفة وتتجمع هذه الأنابيب فى قناة بولية جامعة تمر خلال النخاع وتفتح فى الحوض ويوجد فى منطقة القشرة آلاف من هذه التكوينات التى يسمى كل منها كرة أو جسم ملبيجى (محفظة بومان + الجمع) .

والوحدة الوظيفية للكلية هى النيفرون Nephron التى تتكون من جسم ملبيجى والأنابيب البولية .

* وظيفة الكلية
Function of the kidney

يدفع ضغط الدم فى الجمع جزءًا من بلازما الدم لتمر خلال جدر الشعيرات الدموية جزء من سائل البلازما يحتوى الماء والأملاح والجلوكوز والبولينا وحمض البوليك وهذه العملية تسمى عملية الترشيح من بلازما الدم Ultra - filtration .



(كرة ملبيجى عبارة عن محفظة بومان والشبكة الدموية)

ويتجمع الرشيح فى محفظة بومان ومنها إلى الأنبوبة البولية وهى أنبوبة ملتفة يلتف حولها شبكة من الشعيرات الدموية تعيدا امتصاص المواد التى يحتاجها الجسم (جلوكوز وماء وأملاح) من الأنبوبة البولية وتسمى هذه العملية بإعادة الامتصاص اختياريا Selective reabsorption والماء والأملاح التى لا يحتاج إليها الجسم تمر إلى القناة البولية وكذلك البولينا وحمض البوليك إلى حوض الكلية ـــ ويتجمع سائل البول الذى يمر من الحالب إلى المثانة

مقارنة بين معدلات نسب مكونات بلازما الدم ونسب مكونات البول مع مراعاة اختلاف هذه المعدلات حسب نوع الغذاء والنشاط ودرجة الحرارة وشرب السوائل .

المكون	البلازما ٪	البول ٪
الماء	٩٣	٩٥
البولينا	٠,٠٣	٢
حمض البوليك	٠,٠٠٣	٠,٠٥
الأمونيا	٠,٠٠٠١	٠,٠٥
الصوديوم	٠,٣	٠,٦
البوتاسيوم	٠,٠٢	٠,١٥
الكلور	٠,٣٧	٠,٦
الفوسفات	٠,٠٠٣	٠,١٢

* المثانة The bladder

تتمدد المثانة ويمكنها احتجاز حوالى ٤٠٠ سم^{٣} من البول عن طريق حزمة من العضلات الدائرية عند عنق المثانة عندما تنبسط هذه العضلات تدفع المثانة البول خلال القناة البولية Unethra ويتحكم الإنسان فى ذلك ابتداء من سن ٣ سنوات .

* توازن الماء Water balance

يحصل جسم الإنسان على الماء من الطعام والشراب ويفقد الماء مع العرق عن طريق الجلد وبخار الماء مع هواء الزفير عن طريق الرئة ومع البول عن طريق الكليتين .

ووظيفة الكلية هى المحافظة على نسب تركيز سوائل الجسم خلال حدود ضيقة وذلك من خلال ضبط تركيز الدم المار خلالها .

فإذا كان الدم (يحتوى نسبة كبيرة من الماء) فإن نسبة كبيرة من الماء يتم ارتشاحها من الدم إلى النيفرون وتخرج مع البول إلى المثانة وإذا كان الدم مركزا (يحتوى على نسبة قليلة من الماء) فإن الماء الذى يتم ارتشاحه من الدم يعاد امتصاصه فى أنبوبة النيفرون وفى حالة نقص الماء فى الجسم مع زيادة نسبة العرق (فى فصل الصيف) فإن كمية البول تكون قليلة ومركزة .

وارتفاع تركيز مكونات الدم يحث مركز العطش فى المخ مما يدفع الإنسان إلى شرب الماء حتى يعود تركيز مكونات الدم إلى معدله وعملية تنظيم تركيز مكونات الدم تسمى (التنظيم الأوزموزى) Osmo - regulation لأنها تنظم القوة الأوزموزية للدم .

وعملية التنظيم الأوزموزى إحدى عمليات التوازن الحيوى الذى يحدث بتلقائية من الجسم وأى تغير فى تركيز مكونات الدم يتم اختباره فى المخ فى منطقة المهاد Hypo - thalamus .

وفى حالة ارتفاع التركيز فإن منطقة المهاد تحث الغدة النخامية Pituitary gland حتى تفرز هرمون فى الدم يسمى الهرمون المضاد لإدرار البول Anti - diuretic hormone (ADH) .

وهذا الهرمون يؤثر فى الكلية مما يجعل أنـابيب النيفرون تمتص مزيـد مـن المـاء وتعيده إلى الدم وتقل نسبة الماء المفقود من الدم .

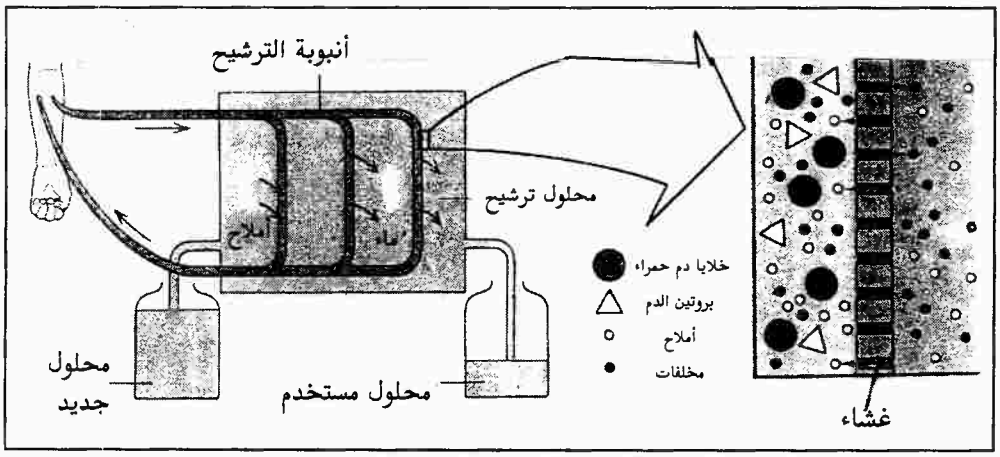
وفى حالة مرور دم مخفف فى منطقة تحت المهاد يقـل إنتـاج هرمـون ADH مـن الغدة النخامية فيزداد نسبة الماء المفقود من الدم إلى الأنابيب البولية .

* الكلية الصناعية Artificial kidney (The dialysic machine)

الفشل الكلوى أحد نواتج الخلل فى ضغط الدم أو أحد أمراض الكلية ويسبب هـذا المرض الموت بسبب اختلال توازن البوتاسيوم فى الـدم والـذى يسـبب الفشـل القلبـى Heart failure .

والفشل الكلوى هو فشل فى أداء الكليتين لأن فشل كلية واحدة لا يمثل خطرا لأن الإنسان يمكنه أن يعيش طبيعيا بكلية واحدة .

وتتركب آلة الكلية الصناعية من أنبوبة سليلوزية طويلة ملتفة داخل حمام مائى ـ ويمر دم المريض من أنبوبـة متصلـة بالشريـان ويدفـع فـى الأنبوبـة السـليلوزية والتـى تحتوى ثقوب ميكروسكوبية تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة مثـل الأمـلاح والجلوكـوز والبولينا إلى الحمام المائى بينمـا لا تسـمح بمـرور خلايـا الـدم والـبروتين لكـبر حجـم جزيئاتها (عملية ارتشاح تشبه التى تحدث فى محفظة بومان) .



ليظل الدم محتفظًا بنسبة من الجلوكوز والأمـلاح الأساسـية فـإن المحلـول فـى الحمام المائى يحتوى جلوكوز وأملاح بنسبة معينة وبالتالى فإن المكونات أعلى مـن

هذا التركيز تمر من الدم إلى محلول الحمام المائى ومنها البولينا وحمض البوليك والأملاح الزائدة ومحلول الحمام المائى يظل عند درجة حرارة الجسم

ويعود الدم إلى المريض من خلال وريد فى الذراع والمريض يحتاج من ٢ : ٣ مرات أسبوعيا وكل مرة حوالى من ٥ : ٨ ساعات وعلاج المريض بهذه الطريقة مع ضبط عملية التغذية تمكنه من الحياة بصورة طبيعية .

ويظل الحل الأمثل هو نقل كلية سليمة إلى المريض وهذا يتطلب إيجاد المتبرع المناسب الذى يملك كلية سليمة حتى لا يرفض الجسم الكلية المنقولة .

ويفضل أن يكون المتبرع على درجة عالية من القرابة مع المريض حتى يكون هناك توافق فى الأنسجة مما يمنع رفض الكلية مستقبلا وهذا الأمر وارد لأن المريض ينتج خلايا ليمفاوية تهاجم أنسجة الكلية المنقولة ويقل هذا الاحتمال كلما زادت درجة القرابة بين المتبرع والمريض مع استخدام المريض لجرعات دوائية تقلل من مناعة المريض .

* التوازن الحيوى Homeostasis

عملية المحافظة على مكونات السائل النسيجى من حيث نسب المكونات ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة .

ولأن العمليات الحيوية المختلفة فى الجسم يتحكم فى أدائها الإنزيمات فإن أى تغير فى درجة الحموضة أو درجة الحرارة يخل من أداء هذه العمليات لحساسية الإنزيمات لدرجة الحرارة والحموضة .

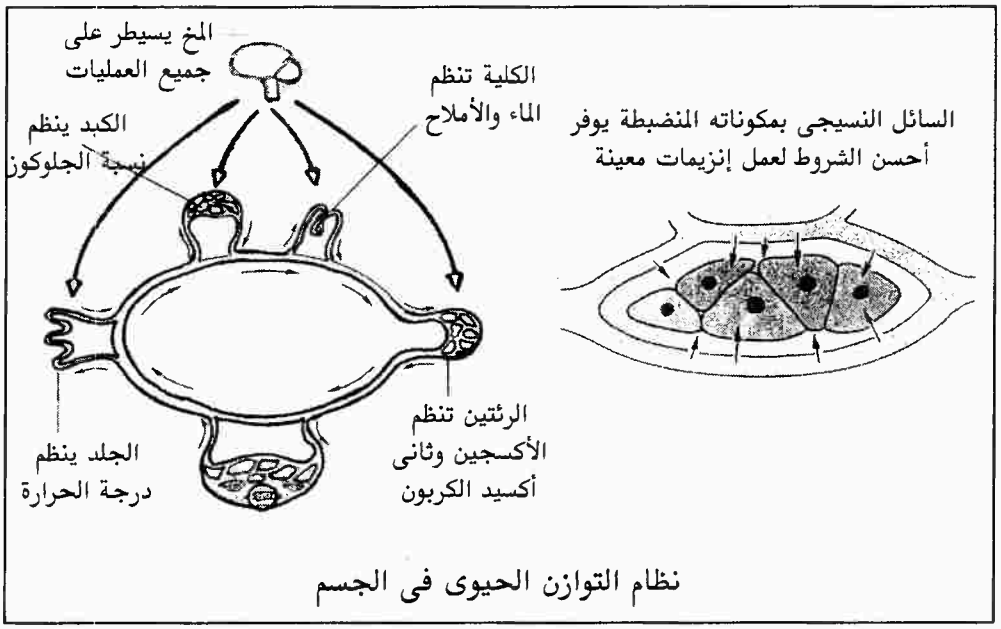
والغشاء البلازمى للخلية يضبط المواد التى تدخل إلى الخلية أو تغادرها ويتم ذلك عن طريق السائل النسيجى الذى يجب أن يحتفظ بمكوناته بنسب ثابتة بقدر الإمكان .

ولكن ارتفاع أو انخفاض تركيز مكونات السائل النسيجى يسبب سحب الخلايا للماء أو طرحها للماء بالخاصة الأوزموزية .

وكثير من أنظمة الجسم تنتمى إلى التوازن الحيوى ومنها عمل الكبد الذى يخزن الجلوكوز الزائد فى الدم فى صورة جليكوجين ثم يحول الجليكوجين إلى جلوكوز فى حالة نقص نسبته فى الدم .

وخلايا المخ حساسة لتركيز الجلوكوز فى الدم وإذا حدث انخفاض شديد فى نسبة الجلوكوز يتوقف عمل هذه الخلايا مما يسبب اضطرابا للفرد ويسبب الموت إذا لم يتم حقن المريض بمحلول الجلوكوز .

وكذلك الرئتان تحتفظ بتركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الدم والخلايا ـ والجلد ينظم درجة حرارة الجسم .



نظام التوازن الحيوى فى الجسم