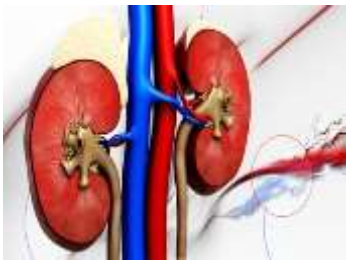


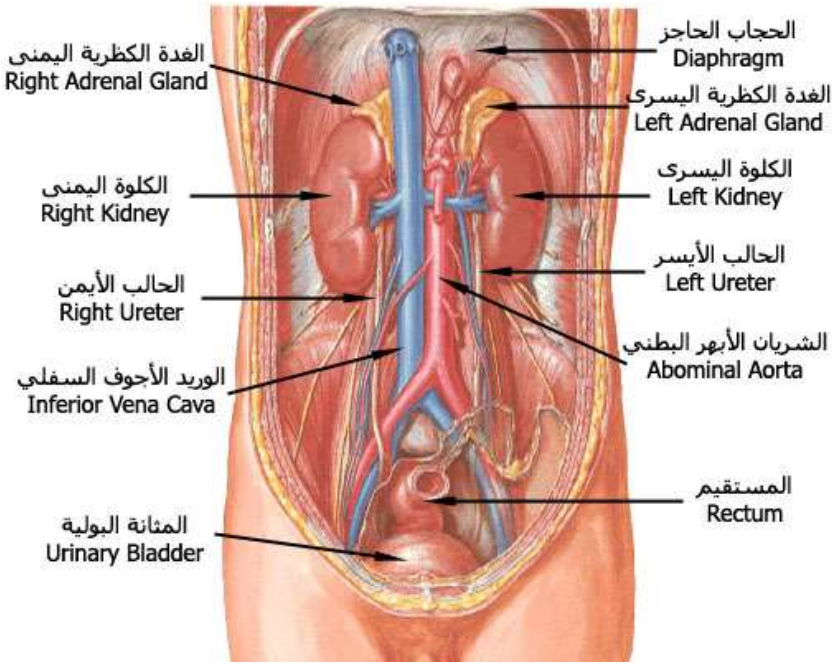
المحاضرة الرابعة

فسلجة الجهاز البولي

Physiology of urinary System

لكل إنسان كليتنان Kidney (عدد ٢ من الكلى) يُمنى و يُسرى ، و الكلى تقع في الجزء الخلفي من البطن في حيز (فضـاء) يُسـمى بحيز ما وراء البيروتوان (الصِـفاق) Retroperitoneal space مُقابل الفقرة الثانية عشرة الصـدرية (Thoracic Vertebra 12) و الفقرات القطنية الأولى و الثانية و الثالثة (Lumbar Vertebrae 1 ,2 , 3) من العمود الفقري. و من الخلف يحيط بالجزء العلوي من الكليتين الأضـلاع العاشـر و الحادي عشـر و الثاني عشـر من القفص الصـدري (Thoracic Ribs 10 , 11 , 12) . و تأخذ الكلية شكل حبة اللوبيا .

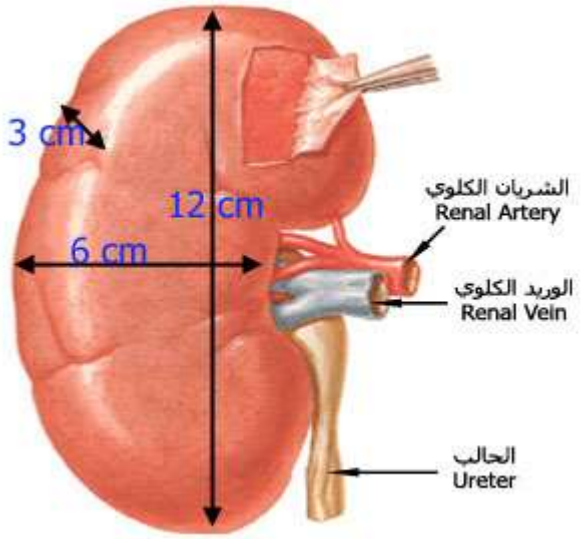
الكلى اليُســرى أعلى من الكلى اليُمنى بنصــف (In 1 /2) بوصــة أي حوالي (Cm 11) سنتيمتر ، و ذلك لوجود الكبد في الناحية اليمنى من البطن حيث تدفع الكلى اليُمنى إلى الأسفل قليلاً.



يقع فوق كل من الكليتين اليمنى و اليسرى غدة صماء تُسمى بالغدة الكظرية Adrenal Gland ، و أهم الهرمونات التي تفرزها الغدة الكظرية هي الكورتيزول Cortisol و هرمون الألدستيرون Aldesterone و هرمون الأدرينالين Adrenaline و هرمون النورأدرينالين NorAdrenaline و هرمونات جنسية ضعيفة Androgens.

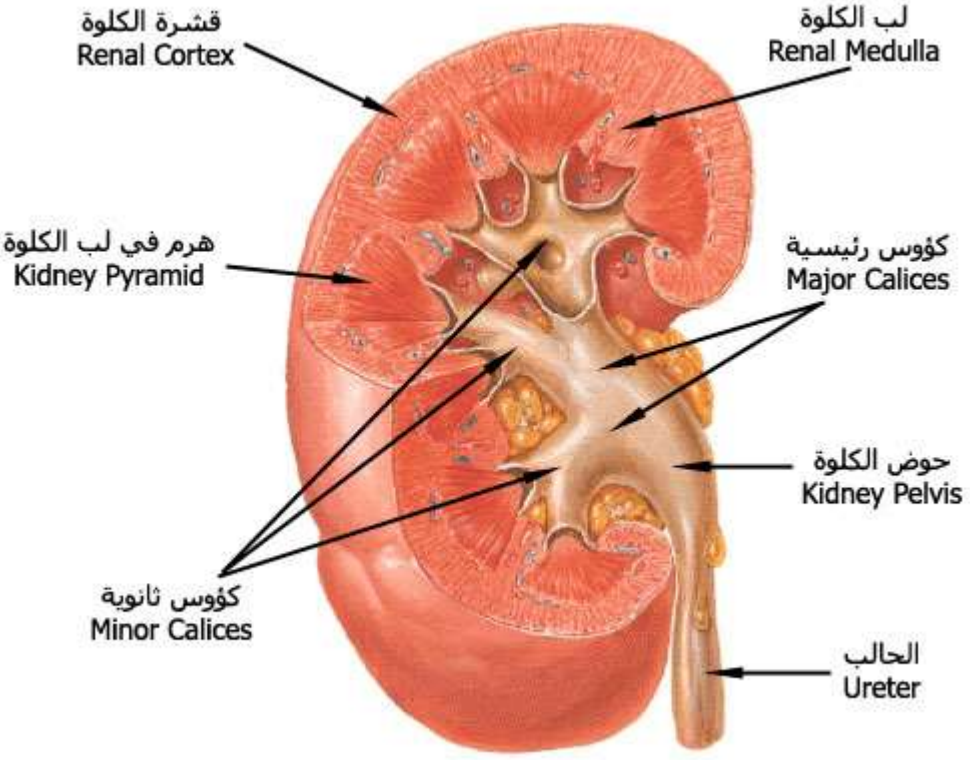
يبلغ طول الكلى من القطب العلوي إلى القطب السفلي حوالي (12 Cm) سنتيميتر ، و عرضها حوالي (6 Cm) ، و سمكها حوالي (3 Cm) سنتيميتر ، و يبلغ وزن الكلى في الذكور البالغين من (١٢٥ gm) إلى (١٧٠ gm) جرام ، و في الإناث البالغات من (١١٥ gm) إلى (١٥٥ gm) جرام .

يدخل (يروي) كل من الكليتين اليُمنى و اليُسرى شريان يُسمى بالشريان الكلوي Renal Artery شريان أيمن و شريان أيسر ، و الشريان الكلوي يتفرع من الشريان الأبهر في البطن Abdominal Aorat و يخرج من كل كلى وريد كلوي Renal Vein و الحالب Ureter و الحالب عبارة عن أنبوبة تصل ما بين الكلوة و المثانة البولية.



و تنقسم الكلى إلى جزء خارجي و هو قشرة الكلوة Renal (Kidney) Cortex و جزء داخلي و هو لُب الكلى Renal (Kidney) Medulla.

الوحدة الفاعلة و التي تتكون الكلى منها أصـــلاً هي النفرون Nephron ، و يبلغ عددها من ٣٠٠,٠٠٠ إلى أكثر من المليون (سوف نشرح النفرون لاحقاً) ، و تتجمع هذه النفرونات لتُشكل أهرام الكلىRenal (Kidney) Pyramids و هي عبارة عن أهرام منكوسة حيث تكون قمتها مُتجهة صوب حوض الكلى (مركز الكلى) ، و يمكن إعتبار هذه الأهرام هي الوحدة الفاعلة الكبيرة في الكلى ، و تصب في الكؤوس الثانوية Minor Calices و التي تتحد لتكون الكؤوس الرئيسية Major Calices ، التي بدورها تتحد لتكون حوض الكلى Renal (Kidney) Pelvis ، و حوض الكلى يُشكل الحالب Ureter الذي يصـل الكلى بالمثانة البولية. و تُعتبر هذه الكؤوس مجامع لنتاج ترشـيح الدم من خلال النفرونات و الذي يُشـــكل البول Urine لتصـــب في حوض الكلى و عبر الحالب إلى المثانة البولية ليطرح خارج الجسم.



النفرون تسلسلياُ يتكون من :

١- الكُبيبة الكلوية Glomerulus و هي عبارة عن حُزمة من الشـــعيرات الدموية و التي تتكون من الشُرين الوارد Afferent Arteriole (الشُرينات الواردة تتكون من "تفرعات" إنقسام الشريان الكلوي

الذي يدخل الكلى) ، تتحد الشـــعيرات عندما تخرج من الكبيبة لتكون الشُـــرين الصـــادر Efferent Arteriole ، و الشُـرينات الصـادرة تتحد لتكون الوريد الكلوي الذي يخرج من الكلية ليصـب في الوريد الأجوف السُفلي Inferior Vena Cava في البطن و منه ينتقل الدم إلى القلب.

٢-كبســولة بومان Bowman's Capsule ، عبارة عن خلايا مُتخصــصــة تُحيط بالكُبيبة و تسمح بترشيح الماء و مواد أخرى من الدم خلالها ما عدا كريات الدم الحمراء و البيضاء و الصفيحات و جزيئات البروتين كبيرة الحجم.

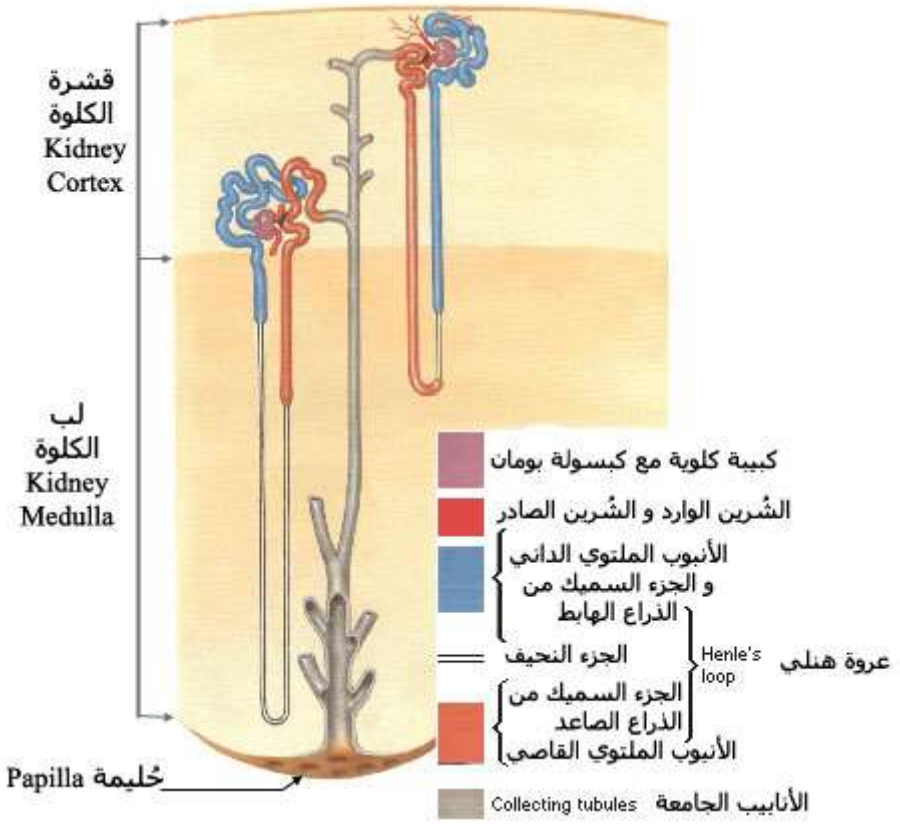
٣-الأنبوب الملتوي الداني (القريب) Proximal Convuluated Tubule من كبسولة بومان و هذه الأنابيب تمتص بعض المواد مثل الجلوكوز و البروتينات صـــغيرة الحجم التي ترشـــحت خلال كبســولة بومان ، و كذلك تفرز بعض المواد مثل الكلوريد و ذرات الهيدروجين و البيكربونات حســب حاجة الجسم.

٤-عروة هنلي Henle's Loop ، يتم خلال هذه العروة إمتصـــاص و إفراز الأملاح المختلفة مثل الصـوديوم و الكلوريد و ذرات الهيدروجين حسـب حاجة الجسـم. و يتكون من جزء نحيف هابط و جزء سميك صاعد.

٥-الأنبوب الملتوي القاصـي (البعيد) Distal Convuluated Tubule ، هذه الأنابيب لها دور هام في إمتصـــاص و إفراز البوتاســيوم تحت تأثير هرمون الألدوســتيرون و تصـــب في في الأنبوب (الأنابيب) الجامعة Collecting Tubules.

٦-الأنابيب الجامعة Collecting Tubules تجمع نتاج ترشـيح الدم (البول) خلال النفرونات و تنتقل خلال قشـــرة الكلى و لُبها لتصـــب في الكؤوس الثانوية عبر حُليمات. الأنابيب الجامعة لها دور أســاســـي في إمتصـــاص الماء من البول لزيادة تركيزة تحت تأثير الهرمون المضـــاد للإدرار Anti-Diuretic Hormone ADH و الذي يُفرز من الغدة النخامية Pituitary Gland الصماء في الرأس.

الكبيبـة و كبســـولـة بومـان و الجزء الأكبر من الأنبوب الملتوي القريـب و الجزء العلوي للـذراع الصـــاعد من عروة هنلي و الأنبوب الملتوي البعيد و جزء من الأنابيب الجامعة تقع في قشـرة الكلوة و الذراع الهابط من عروة هنلي و الجزء الكبير من الأنابيب الجامعة تقع في لب الكلى.



وظـائـف الـكـلـية :

١–تخليص الجسـم من المواد السـامة و أهمها مُشـتقات الأمونيوم (اليوريا) ، و كذلك الأدوية و السموم.

٢–الحفاظ على تركيبة السـوائل خارج الخلايا Extracellular Fluids من حيث تركيز الأملاح و الحجم (الماء) ، و ذلك عن طريق إمتصاص أو إفراز هذه الأملاح حسب تركيزها في الدم الذي يمر خلال الكُبيبات و كذلك إمتصاص الماء أو طرحه خارج الجسم عن طريق الأنابيب الجامعة.

٣–تنظيم ضـغط الدم عن طريق زيادة أو نقصـان إفراز هرمون الرينين Renin من جهاز قُرب الكُبيبة

Juxta – Glomerullar Apparatus ، و الذي عبارة عن خلايا مُتخصـــصـــة في الأنبوب الملتوي البعيد تقع قرب الكُبيبة الكلوية بحيث تجس ضغط الدم بكمية الدم الذي يصل الكلوة (التروية)، حيث أنه أي حالة تسبب هبوط في ضغط الدم (كمثال، في حالة الصدمة أو النزف الشديد أو التجفاف) تزيد الكلى من إفراز الرينين الذي يعمل على مواد أخرى في الدم من شـــأنها في النهاية تقلص الأوعية الدموية لرفع ضغط الدم .

٤-الحفاظ على توازن الحمض-القلوي للدم Blood Acid-Base Balance و ذلك عن طريق زيادة إفراز ذرات (شوارد) الهيدروجين +H و زيادة إمتصاص البيكربونات -HCO3 عند زيادة حموضة الدم و العكس عند زيادة قلوية الدم.

٥-إفراز هرمون إريثروبيوتين Erythropoeitin و الذي يلعب دوراً هاماً في تحريض نخاع (نقي) العظم على تصنيع كريات الدم الحمراء و نقصه يسبب فقر دم.

٦-تحويل فيتامين دال Vitamin D إلى صـــورته الفعاله و بدون هذا التحويل لا يعمل و هذا يسبب مرض الكُساح Rickets.

ما هو مُعدل الترشـــيح الكُبيبي Glomerular Filtration rate "GFR"؟

مُعدل الترشـــيح الكبيبي هو كمية المواد المترشـــحة (مواد صـــغيرة الحجم) Ultrafiltrates التي تترشح من الدم إلى جوف الأنابيب الكلوية في فترة زمنية محددة ، و المُعدل يُستخدم في الطب كقياس لعمل الكلى. و يتم عن طريق قياس اليوريا Urea و الكرياتينين Creatinine في الدم و في بول تم تجميعه خلال ٢٤ ساعة ، و يُقاس بالمليليتر في كل دقيقة ml / min ، معدل الترشيح يقل في حالات قصور الكلى (الفشل الكلوي).

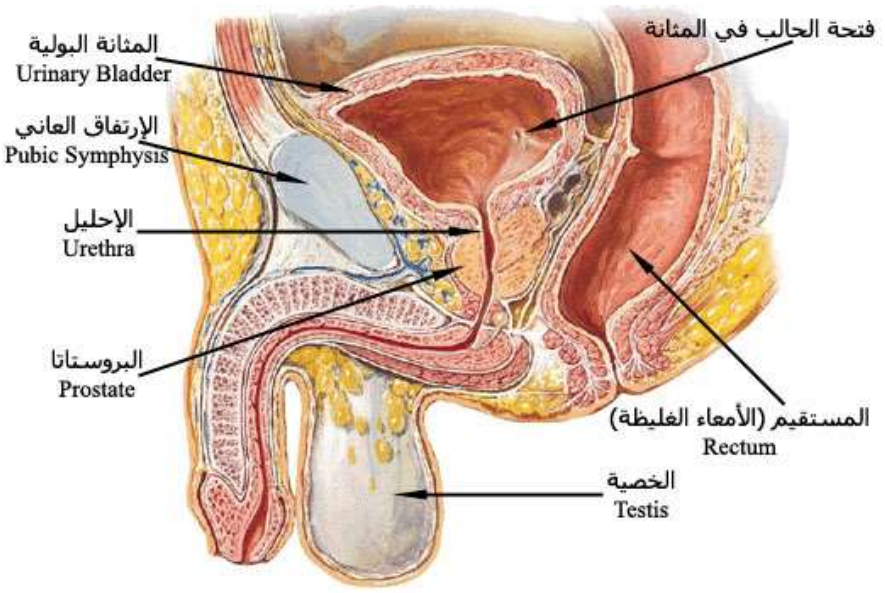
المُعدل الطبيعي للذكور هو ٨٥ – ١٢٥ مليليتر / الدقيقة (ml/min).

المُعدل الطبيعي للإناث هو ٧٥ – ١١٥ مليليتر / الدقيقة (ml/min).

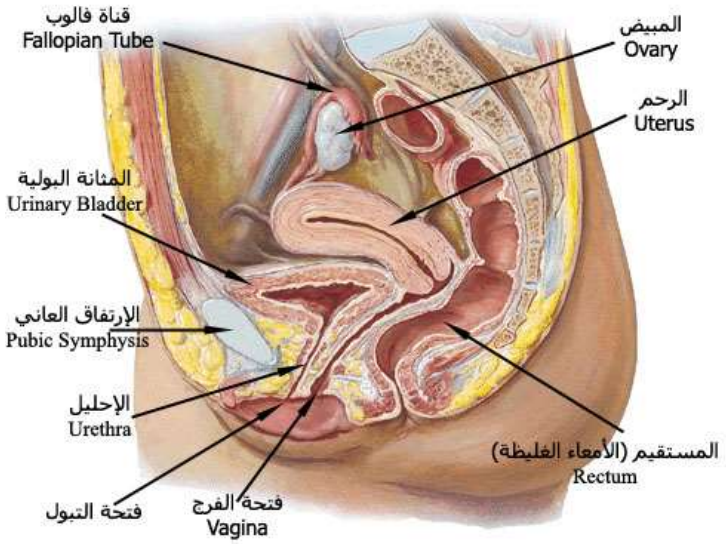
الحالب Ureter

يبلغ طول الحالب في الإنسان حوالي (25 Cm) سنتيمتر ، و يقع نصفه في البطن و النصف الآخر في الحوض . و الحالب يصـــل حوض الكلوة بالمثانة البولية و يدخل في المثانة البولية بشـــكل منحرف و يجري في جدارها قبل أن يفتح داخل جوفها و هذا يكون بمثابة صمام و خاصـة عند تقلص عضلة المثانة بحيث تغلق فتحة الحالب كلياً لمنع إرتجاع البول في الحالب.

المثانـة البوليـة Urinary Bladder عبـارة عن مخزن للبول ، و تقع في الجزء الأمـامي من الحوض و شكلها شكل مقدمة السفينة لو قطعت ، لها أربعة أسطح و أربعة زوايا. الزاويتان العلويتان الخلفيتان ، اليمنى يدخل فيها الحالب الأيمن و اليُسـرى الحالب الأيسـر. تبلغ سـعة المثانة البولية من (200 "cc" ml) ملليتر إلى (300 "cc" ml) ملليتر.



الزاوية السُفلية يخرج منها الإحليل Urethra و الذي يبلغ طوله في الأنثى (4 Cm) سنتيمتر و في الذكر (20 Cm) ســـنتيمتر ، الإحليل يفتح خارج الجســـم في الأنثى و الذكر و منه يخرج البول خارج الجسم.



رحلة البول

عندما يتجمع البول في الكؤوس ، تتقلص العضلات الناعمة (الملساء) في جدرانها Smooth Muscles فتدفع البول إلى حوض الكلوة و التي تتقلص العضلات الناعمة في جداره لدفع البول إلى الحالب الذي عندما ينتفخ من وصول البول فيه تتقلص عضلاته الناعمة في جداره تسلسلياً من الأعلى إلى الأسفل لدفع البول إلى المثانة البولية.

عندما يصل حجم البول في المثانة البولية من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ مليليتر ، تنتفخ المثانة و تُشد العصبونات في جدارها مما يُعطي الشعور بالحاجة للتبول و هذا يؤدي إلى تقلص عضلة المثانة و إرتخاء عضلة صمام الإحليل لتدفع البول إلى خارج الجسم عبر الإحليل.

يعتبر الجهاز البولي المسؤول عن المحافظة على تنظيم حجم و تركيب السوائل الجسمية حيث يجعلها ضمن المدى الطبيعي . لذلك فاي خلل يصيب الكليتين كالمرض او ما شابه ذلك فانه يؤدي الى حصول اضطرابات في تركيز السوائل الجسمية تلك . و يحوي السائل الجسمي على فضلات عمليات الايض لمختلف المواد و التي تكون بحالة ذائبة و بتراكيز مرتفعة و يمكن توضيح ذلك بما يلي -:

1. الكربوهيدرات و الدهون :- النواتج النهائية لهدمها في الجسم هي الماء و ثاني اوكسيد الكاربون و هذه النواتج لا تشكل عقبة في التخلص منها حيث يفقد ثاني اوكسيد الكربون عن طريق الرئتين خلال

عملية التنفس اما الماء فيفقد بسهولة من عدة منافذ مختلفة مثل الترشيح خلال الكليتين او مع العرق او البراز او مع زفير التنفس . و في الحالات الطبيعية تكون كمية الماء المفقودة عن طريق الرئتين و البراز ثابتة تقريبا في حين كمية الماء المفقودة عن طريق الغدد العرقية تتغير قيمته تبعا لدرجة حرارة البيئة . و على هذا الاساس يكون التباين في كمية الماء المطروح بواسطة الغدد العرقية مرهون بتنظيم درجة حرارة الجسم و عادة يكون على حساب توازن السوائل الجسمية لذا فان الكليتين هما العضوان الوحيدان يستطيعان تنظيم كمية السوائل الجسمية و تركيبها .

.2البروتينات :- النواتج النهائية لهدمها تحتوي على مواد ازوتية ناتجة من هدم الاحماض الامينية هذا فضلا عن الماء و ثاني اوكسيد الكربون . ان الكربوهيدرات و الدهون و البروتينات هي اهم مكونات الغذاء العضوية الرئيسية اضافة لذلك فان الفيتامينات و الهرمونات هي كذلك مواد عضوية و لكن كمياتها ضئيلة و يمكن للجسم ان يتخلص منها بطرق متعددة.

.3- الاملاح المعدنية :- و هي الجزء غير العضوي من الغذاء و يتم افراز الفائض منها من الجسم في الحالات الطبيعية بكميات تعادل الكميات الداخلة في الجسم حيث ان تجمعها في الجسم بدرجة اعلى من المستوى الطبيعي يؤدي الى حدوث اضطرابات فسيولوجية .

.4 - الادوية و العقاقير و المواد الغريبة الاخرى تساهم الكليتين في طرح نواتج هدمها او الفائض من حاجة الجسم منها .

و تستطيع الكليتان ان تنظم بعض الخواص الرئيسية للسوائل الجسمية التي هي .

١-تراكيز المواد الذائبة في السائل.

.2 - التركيز الكلي لجميع المواد الذائبة او ما يعبر عنه الضغط الازموزي الكلي للسوائل الجسمية .

٣-الحجم الكلي للسوائل الجسمية .

٤-تركيز الاس الهيدروجيني pH لهذه السوائل .

٥-كذلك احدى الوظائف الرئيسية للكليتين هو تكوين البول . Urine