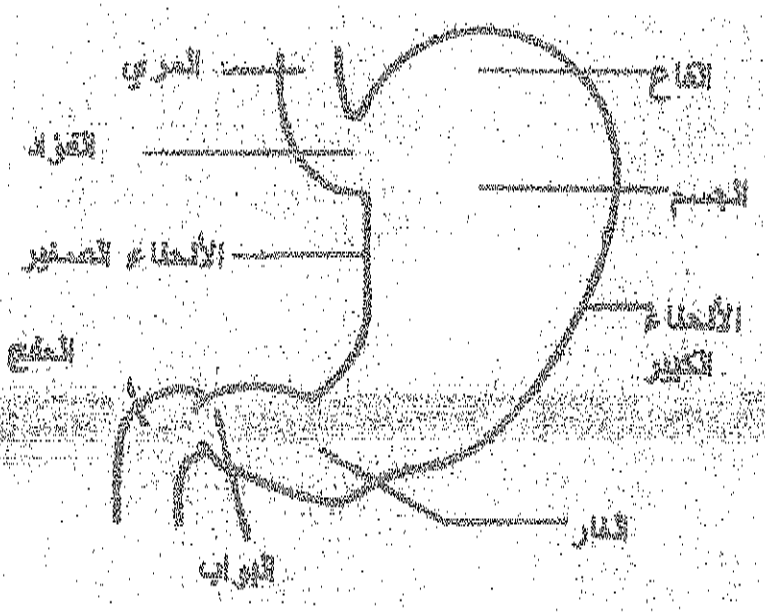
## (الفصل الثاني)

## الهضم في المعدة

المعدة عند الإنسان عبارة عن كيس عضلي يصل بين المريء والأمعاء الدقيقة ، ويشبه شكله الحرف (J) تقريباً . وتملك المعدة سطحان أمامي وخلفي يحددهما الانحناء الكبير والانحناء الصغير . شكل رقم / / وتعرف منطقة اتصال المعدة بالمريء بالفؤاد ، فيما يحرس مخرج المعدة بصمرة عضلية تعرف بالبواب . أما قاع المعدة فإنه يشير إلى ذلك الجزء من المعدة الذي يشبه القبة ويقع أعلى الخط الوهمي الأفقي الذي يصل بين فؤاد المعدة والانحناء الكبير

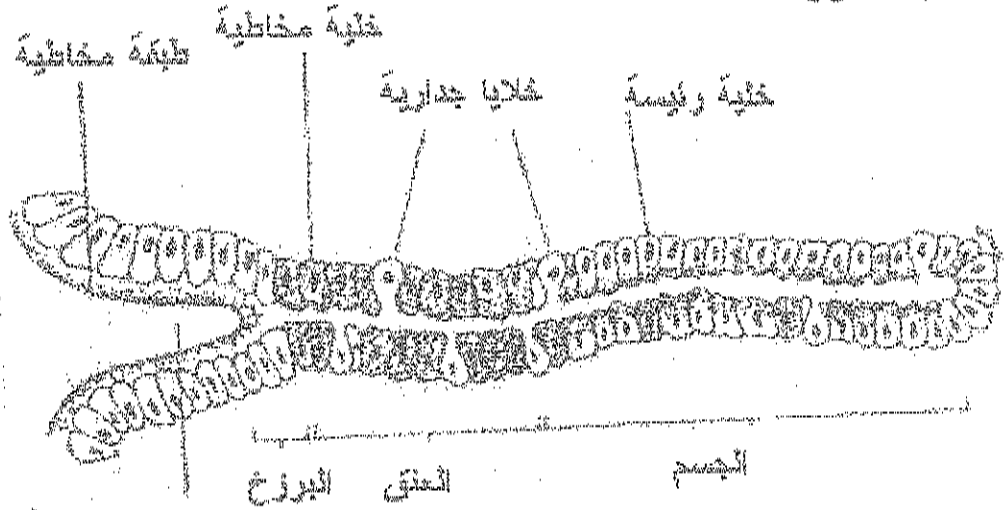



شكل رقم / / يبين أجزاء المعدة الرئيسية

وتقوم المعدة عند الإنسان بخزن الطعام المضغوغ والممزوج باللعاب ، ثم تفرز عليه الكثير من العصارات الهضمية من الغدد المنتشرة في جدرانها ، ومن ثم تفرغه نحو الأمعاء الدقيقة حيث تجري عمليات الهضم والامتصاص وكما هو

الحال في بقية أجزاء الأنبوب الهضمي يمكننا تمييز وظيفتين أساسيتين للمعدة ، الوظيفة الإفرازية والوظيفة الحركية .

الوظيفة الإفرازية : تفرز المعدة نحو /٢-٣/ لتيرات من العصارة المعدية في اليوم ، والتي تتكون من الأنظيمات الهاضمة وحمض كلور الماء والعامل الداخلي والمخاط . ويتم إفراز العصارة المعدية من قبل الغدد الأنبوبية التي تتوضع تحت الطبقة المخاطية المعدية وتنفتح على حفر مبطنة بطبقة من الخلايا الظهارية التي تقوم بإفراز طبقة مخاطية واقية . كما هو موضح في الشكل رقم / / . تتكون الغدد الأنبوبية المعدية من برزخ وعنق وجسم وتتضمن ثلاثة أنواع من الخلايا المفرزة .




الشكل رقم / يوضح بنية الغدة الأنبوبية .

١- خلايا العنق المخاطية : وتقوم بإفراز المخاط بشكل رئيسي ، بالاضافة إلى كمية ضئيلة من مولد أنظيم البيبسين .

٢- الخلايا الجدارية : وهي متخصصة بإفراز حمض كلور الماء ، إضافة لبروتين مخاطي يعرف بالعامل الداخلي والذي يعد ضرورياً لامتصاص فيتامين (B12) .

٣- الخلايا الرئيسية : وتختص هذه الخلايا بإفراز مولد أنظيم الببسين بكميات كبيرة .

وجدير بالذكر أن الغدد الأنبوبية الموجودة في جسم المعدة وقاعها تتضمن الأنواع الثلاثة السابقة الذكر من الخلايا الافرازية . أما الغدد المبعثرة في المنطقة الفؤادية والمنطقة البوابية فلا تتضمن الخلايا الجدارية وتقتصر مفرزاتها على المخاط وكمية ضئيلة من مولد الببسين . كما وتتضمن الغدد البوابية على خلايا صماوية تفرز هرمون المعدين (الغسترين) .

## المبحث الأول

## العصارة المعدية

تركيب وخواص العصارة المعدية : العصارة المعدية عبارة عن سائل شفاف تفاعله حامضي قوي ذو قوام لزج لاحتوائه على المخاط ، ويبلغ وزنه النوعي / ١,٠٠٨/ وتبلغ درجة الـ (PH) فيه نحو /٢,٤/ وتتكون العصارة المعدية من /٩٨%/ ماء و/٢%/ مواد صلبة عضوية ولا عضوية وتشمل المواد العضوية على أنظيم الببسين pepscin والأنظيم الهاضم للمواد الدهنية (أنظيم الليبسان) LIPASE وحمض كلور الماء Hcl . والعامل الداخلي والمخاط . كما تحتوي العصارة المعدية على القليل من البروتينات والببتونات والمعوض الأمينية ، أما المواد غير العضوية الموجودة في العصارة المعدية فتشمل على كلوريدات الصوديوم واليوتاسيوم وفوسفات الكالسيوم والمغنزيوم .

الافراز الحمضي المعدي (إفراز حمض كلور الماء Hcl) : يفرز حمض كلور الماء من الخلايا الجدارية للغدد الأنبوبية المعدية ، ويتكون هذا الحمض متضمن هذه الخلايا ابتداءً من كلور الصوديوم الوارد إليها مع الدم ، وتبلغ الكثافة الهيدروجينية الأيونية لحمض كلور الماء عند بداية افرازه في المعدة حوالي /١,٥/ ثم يخفف تركيز هذا الحمض بوساطة اللعاب الغني بالبيكربونات وكذلك بوساطة المحتوى المائي للمعدة وبالمواد البروتينية الواصلة مع الطعام إلى المعدة ، وبذلك تصبح ( PH) العصارة المعدية حوالي /٢,٤/ ويقوم حمض كلور الماء في المعدة بوظائف عديدة نذكر منها :

١- يساعد حمض كلور الماء في تحويل طلائع أو مولد أنظيم الببسين (ببسينوجين) غير الفعال إلى ببسين فعال كما يقوم بتأمين الوسط الحامضي المناسب لعمل هذا الأنظيم .

٢- يؤدي دور في هضم البروتينات عن طريق اتلاف الجوهر الطبيعي لها مما يجعلها تتحلل بسهولة بوساطة أنظيم البيبسين .

٣- يسهم حمض كلور الماء في تحويل ثنائي السكريد إلى أحادي السكريد .

٤- يعمل مبيداً للبكتريا الواصلة مع الطعام إلى المعدة وفي حال انخفاض محتوى حمض كلور الماء وتناول الغذاء البروتيني يمكن أن تحدث عمليات التعفن في المعدة .

٥- يساعد حمض كلور الماء على إذابة الحديد والنحاس الموجود في المواد الغذائية وبذلك يسهل امتصاصها .

كما تفرز الخلايا الجدارية للغدد الأنبوبية المعدية العامل الداخلي ، وهو عبارة عن بروتين سكري يقوم بربط الفيتامين (B12) ويحميه من التأثير الهاضم للأنظيمات المعدية – المعوية ويسهل امتصاصه في المعي اللفائفي . ولذلك يعد ضمور المخاطية المعدية وغياب الخلايا الجدارية فيها أحد العوامل الرئيسية المؤدية لفقر الدم الوبيل ، الذي يتميز بضخامة أرومات كريات الدم الحمراء ونقص في خضابها نتيجة عوز العامل الداخلي وسوء امتصاص الفيتامين (B12) الضروري لتكون الكريات الدموية الحمراء السوية .

أنظيمات العصارة المعدية :

أنظيم البيبسين pepsin : هو أهم الأنظيمات الهاضمة للمواد البروتينية في العصارة المعدية ولا يعمل هذا الأنظيم إلا في الوسط الحامضي حيث أن الظروف المثلى لعمله هو PH = / ٢,٢-٣/ ودرجة حرارة /٤٠/ درجة مئوية .

يفرز أنظيم البيبسين من الخلايا الرئيسية للغدد الأنبوبية المعدية وذلك على شكل مولد البيبسين الغير الفعال (بيبسينوجين) pepsinogen ويتحول إلى بيبسين فعال تحت تأثير حمض كلور الماء. يقوم أنظيم البيبسين الفعال بتفكيك نمط خاص من

الروابط الببتيدية في مركز السلاسل البروتينية وبالتالي تحول هذه البروتينات إلى ببتونات وببتيدات متعددة .

كما وتقوم مخاطية قاع المعدة بإفراز أنظيم الليباز المحلل للدهون والذي يحلمه الغليسيريدات الثلاثية ويحولها إلى غلسيريدات أحادية وأحماض دسمة بفعالية قليلة تعادل خمس فعالية أنظيم ليباز الغدة البنكرياسية الذي يفرز في الأمعاء الدقيقة .

إفراز المخاط : يتم إفراز المخاط من قبل الخلايا المخاطية في الغدد الأنبوبية المعدية ، إضافة إلى افرازه من قبل الخلايا المخاطية المبعثرة في الظهارة المعدية فيما بين الغدد الأنبوبية . ويعد المخاط بروتين سكري يلعب دوراً مهماً في الحفاظ على سلامة الطبقة الظهارية للمعدة ، فهو يحمي الظهارة المعدية من تأثير السوائل الضارة التي يمكن أن تصل إلى المعدة ، كما ويؤمن سلامتها من الهضم الذاتي من خلال امتصاص وتعديل كمية كبيرة من حمض كلور الماء وأنظيم البيبسين وكذلك يسهل المخاط خلط الكيموس المعدي وتزليقه ، الأمر الذي يؤمن الحماية لبطانة المعدة من الأذى الآلي المرافق لهذه العملية . إضافة إلى ذلك يتم حماية الظهارة المعدية ومنع الهضم الذاتي لها من قبل أنظيم البيبسين ، بفعل قلوية الدم المحوال في جدار المعدة والذي يمنع تأثير أنظيم البيبسين . كما أن بعض الأبحاث الحديثة أثبتت أنه يتكون في جدار المعدة مثبطات Inhibitor أو مضادات للأنظيمات تمنع وتبطل مفعول أنظيم البيبسين ولكن في حال اضطراب دوران الدم في جدار المعدة وكذلك الاصابات للطبقة المخاطية للمعدة يهيئان العوامل المسببة للهضم الذاتي لجدار المعدة فتحدث القرحات الهضمية (القرحات الببسينية) التي لا تشفى إلا بالاستئصال الجراحي .

## المبحث الثاني

## تنظيم الافراز المعدي

يتم تنظيم النشاط الافرازي للغدد المعدية بوساطة مجموعة من الآليات العصبية الانعكاسية والخلطية ، والتي يمكن فهمها من خلال استعراضنا للأطوار الثلاثة التي يمر بها إفراز العصارة المعدية وهي الطور الرأسي ، والطور المعدي ، والطور المعوي .

الطور الرأسي : يبدأ هذا الطور من الافراز المعدي ، إما قبل تناول الطعام حيث يتم نتيجة للمنعكسات الشرطية الناجمة عن تنبيه المستقبلات الشمية أو البصرية أو السمعية وتسمى العصارة المعدية المفرزة نتيجة هذه المنعكسات الشرطية بعصارة الشهية ، وقد يتم هذا الطور من الافراز المعدي إثر تناول الطعام ومضغه وقبل وصوله إلى المعدة نتيجة للمنعكسات غير الشرطية المتولدة من جراء تنبيه المستقبلات الحسية للتجويف الفموي بالمواد الغذائية المضغوطة . ومن هذه المستقبلات المنبهة ترسل دوافع عصبية عبر الألياف العصبية الحسية الجاذبة إلى مركز تنظيم إفراز العصارة المعدية في المخ المستطيل

ومن هذا المركز تعود ردود الفعل عبر الألياف العصبية نظيرة الودية الداخلة في تركيب العصب الحائر والتي تحرض الافراز المعدي عن طريق افرازها للأستيل كولين الذي يحرض الافراز المعدي بطريقتين إحداهما مباشرة وأخرى غير مباشرة . ويتم التحريض المباشر من خلال ارتباط الأستيل كولين مع مستقبلاته النوعية (المسكارينية) في الخلايا الرئيسية والمغاطية والجدارية للغدد الأنبوبية المعدية الأمر الذي يحرض على إفراز العصارة المعدية من هذه الخلايا . أما الطريقة غير المباشرة فتتم عن طريق تحفيز الأستيل كولين لافراز هرمون المعدين من الظهارة المعدية . وبدوره يحرض هرمون المعدين المتحرر في الدم الافراز المعدي بطريقتين : مباشرة نتيجة لتأثيره على الجملة العصبية داخل

الجدارية المعدية والتي بدورها تحث الخلايا الافرازية (الرئيسية والجدارية) للغدد المعدية على الافراز .

وغير المباشرة : من خلال تحفيزه لتحرير الهستامين من الخلايا الهستامينية المعدية ويحفز الهستامين المتحرر في الدم الافراز المعدي الغني بحمض كلور الماء من خلال ارتباطه بالمستقبلات الهيستامينية لخلايا الغدد الأنبوبية المعدية . وهكذا تشكل هذه الألياف العصبية والخلطية مفتاح الافراز المعدي .

الطور المعدي : يبدأ الافراز المعدي في هذا الطور إثر وصول الطعام إلى المعدة حيث يؤدي إلى تنبيه المستقبلات الحسية لمخاطية المعدة إما باللمس أو تمدد المعدة، إضافة إلى التنبيه الكيميائي بمنتجات تفكك البروتينات ومن هذه المستقبلات المنبهة ترسل دوافع عصبية إلى مركز تنظيم إفراز العصارة المعدية في المخ المستطيل ومن هذا المركز تعود ردود الفعل عبر الأعصاب تنظيرة الودية المعصبة للمعدة والتي تحرض الافراز المعدي عن طريق افرازها للأستيل كولين الذي يعمل على تحفيز الافراز المعدي بالطريقة التي ذكرناها أعلاه .

الطور المعوي : يتم الافراز المعدي في هذا الطور نتيجة لتحرير عدد من الهرمونات من ظهارة المعي الأثني عشرية (العفج) تحت تأثير الكيموس المعدي الواصل للأمعاء . حيث أن عبور الكيموس المعدي الحامضي من المعدة إلى الامعاء يحرض الظهارة المعوية على تحرير هرمون الافرازين والكولسيستوكينين من الظهارة المعوية . يثبط هرمون الافرازين الافراز المعدي لحمض كلور الماء ومولد البيسين عن طريق تثبيط تحرر الهستامين والمعدين من الظهارة المعدية . أما هرمون الكولسيستوكينين فيثبط إفراز حمض كلور الماء والمخاط ولكنه ينشط إفراز مولد البيسين .

المبحث الثالث

## الوظيفة الحركية للمعدة

## Motilitys Stomach

يؤمن النشاط الحركي للمعدة خزن الطعام ومزجه بالعصارة الهاضمة ، وافراغه إلى المعي الاثني عشرية عبر المصرة البوابية . هذا ويحتوي جدار المعدة على ثلاث طبقات عضلية ملساء (طويلة ومائلة ودائرية) وتشكل الطبقة العضلية المائلة ثخانة عند مدخل المعدة مكونة ما يسمى بالعاصرة الفؤادية Sphincter cardial وفي مكان اتصال المعدة بالاثني عشرية تلاحظ أيضاً ثخانة دائرية لهذه الطبقة العضلية مكونة العاصرة البوابية وتتقلص جدران المعدة في جميع الحالات التي يمكن أن تتواجد عليها حالة الصيام (خلوها من الطعام) امتلاء المعدة بالطعام وأثناء عملية الهضم عموماً يمكن تمييز نوعين أساسيين من الحركات المعدية .

١- التقلصات أو الحركات التوترية Tanic contraction : يحدث هذا النوع من التقلصات المعدية على شكل موجات ضغط منتشرة على طول المعدة للطبقتين العضليتين الطولية والمائلة ولهذا ينشأ في المعدة في الأوضاع المختلفة لدرجات امتلائها نوع من الضغط الدائم وتحدث الحركات التوترية في المعدة الفارغة (أثناء الصيام) حيث تسبب انطواء جدرانها على بعضها البعض ، كما تحدث في المعدة الممتلئة أيضاً فتسبب عصر محتوياتها ودفعها باتجاه الجزء البوابي للمعدة .

٢- الحركات الدودية (التمعجية) Pertistalttic : تحمل المواد الغذائية الممضوغة والممزوجة باللعاب إلى داخل المعدة ، حيث يتم تخزينها لمدة بسيطة من الزمن ، وترتبط وظيفة التخزين للمعدة بمقدار استيعابها كميات اضافية من الطعام دون أن يترافق ذلك بتغير ملحوظ للضغط في داخلها .

وهو الأمر المرتبط بمرونة جدار المعدة من جهة ، وباسترخاء المعدة المتزايد بشكل انعكاسي إثر دخول دفعات جديدة من الطعام (استرخاء العلء) من جهة أخرى . وبعد استرخاء العلء بوقت قصير /٣٠-٤٥/ دقيقة، تبدأ في جدران المعدة ابتداءً من الجزء الفؤادي للمعدة تقلصات على شكل انتقال موجي لحلقات الانخماص والتقلص غير الكاملة تكبر وتقوى تدريجياً وتنتقل باتجاه العاصرة البوابية للمعدة ، وتعمل هذه التقلصات على مزج الطعام بالعصارات المعدية ودفعه باتجاه بواب المعدة هذا وتكون الحركات الحوية ضعيفة في المنطقة الفؤادية وجسم المعدة ، ثم تزداد شدتها عندما تصل إلى الغار ، ويؤدي اصطدام الطعام مع العصارة البوابية إلى ارتداده بشكل معاكس نحو جسم المعدة ، الأمر الذي يسمح بالمزج الجيد للطعام مع العصارة الهاضمة تحويله إلى كيموس نصف سائل ملائم لعملية الهضم والامتصاص المعدي من جهة ويمكنه العبور بسهولة إلى المعي الاثني عشرية من جهة أخرى .

آلية انتقال محتويات المعدة إلى الامعاء (إفراغ المعدة) : يتعلق افراغ الكيموس المعدي من المعدة إلى الأمعاء بشدة التقلصات الحوية في غار المعدة ودرجة مقاومة العصرة البوابية لهذه العملية الافراغية ، وتترافق كل موجة من التقلصات الحوية الغارية القوية بارتفاع الضغط في بواب المعدة وانخفاض درجة مقاومة العاصرة البوابية ، مما يسمح بعبور عدة مليمترات من الكيموس إلى المعي الاثني عشرية بآلية تشبه الضخ ، وتعرف هذه الآلية التي يستمر عملها حتى افراغ كامل محتوى المعدة بالمضخة البوابية ، ويخضع عمل المضخة البوابية التي تسمح بافراغ المعدة إلى سيطرة مجموعة من الآليات العصبية والخلطية المعدية والمعوية ، وتتولد الآليات المعدية المحرضة للافراغ جراء تمدد جدران المعدة عند امتلائها بالطعام ، حيث يؤدي ذلك إلى ازدياد حركات التحوي ، وارتخاء العصرة البوابية عبر منعكسات عصبية موضعية تتم

في مستوى الجملة العصبية المعدية . كما ويحرض هرمون المعدين المتحرر من مخاطية المعدة نتيجة التنبيه الآلي والكيميائي عملية الضخ البوابي من خلال تنشيطه لحركات التحوي المعدية واسترخاء العضرة البوابية . وبخلاف الآليات المعدية ، تنشط الآليات المعوية عملية الضخ البوابية . إما نتيجة انغلاق العاصرة البوابية بوساطة منعكسات عصبية موضعية . وهذه المنعكسات العصبية تحدث نتيجة لتمدد المعي أو تخرش مخاطيته أو نتيجة لحموضة الكيموس . كذلك إن هرمون الإفرازين والكولستوكينين (المحررين من المخاطية المعوية نتيجة لوصول الكيموس الحامضي إلى الأمعاء) . يعملان على تثبيط الفعالية الحركية للمعدة وتوقف عملية الإفراغ .

تنظيم النشاط الحركي للمعدة البسيطة : تتصف العضلات الملساء لجدران المعدة بصفة الحركة التلقائية (الذاتية) Automatism أي أن لها القدرة على التقلص الدوري المنتظم وهذه الحركة الذاتية تم مشاهدتها على المعدة المعزولة . ويرجع الفضل الأول في حدوث هذه الحركة الذاتية إلى الجملة العصبية داخل الجدارية . ويمكن مشاهدة ذلك عند إجرائنا قطعاً دائرية على الطبقة العضلية للمعدة ، على أن لا تمس طبقتها المخاطية فنجد أن الحركات الحوية لا تنعدم ، مما يدل على أن هذه الحركات لا تتطلب سلامة الجملة العصبية . بل أن منشأها عضلي بحت يرجع إلى التنبيه المباشر للألياف العضلية .

يحدث التنظيم الأساسي لحركات المعدة عند الإنسان عن طريق الجملة العصبية المركزية . حيث أن المعدة تتلقى أليافاً عصبية من العصبين الرئويين المعديين والحشويين . ويتم التنظيم العصبي لحركات المعدة عن طريق الأفعال الانعكاسية التي تبدأ من تنبيه المستقبلات المختلفة للمعدة ( آلية ، حرارية ، كيميائية) والتي ترسل بدورها دوافع عصبية تذهب عبر الألياف العصبية الجاذبة للمركز إلى مركز تنظيم الحركات المعدية الموجود في المخ المستطيل .

ومن هذا المركز تعود ردود الفعل عبر الألياف العصبية النابذة عن المركز والتي تنتمي إلى الجملة العصبية الودية ونظير الودية . إن الأعصاب نظيرة الودية تهيج وتزيد من تقلصات المعدة أما الأعصاب الودية فتثبط حركات المعدة ويوجد بالاضافة إلى التنظيم العصبي للنشاط الحركي للمعدة التنظيم الخلطي الذي يتم عن طريق تأثير بعض المواد على الغشاء المخاطي للمعدة .

توجد مواد بيولوجية تنشط الحركات المعدية مثل الهستامين ، الكولين ، غسترين وأيونات البوتاسيوم . أما المواد المثبطة لحركات المعدة فهي الأدرينالين والنورأدرينالين وأملاح الكالسيوم .

وأخيراً يتأثر النشاط الحركي للمعدة ببعض المواد الغذائية أو بنواتج استقلابها ، وهذا ما يفسر الاختلاف في مدة بقاء المواد الغذائية داخل المعدة .

المبحث الرابع

التقيؤ

VOMITON

التقيؤ هو القذف التشنجي لبعض محتويات المعدة والأمعاء عن طريق الفم إلى الخارج ، وهو رد فعل انعكاسي دفاعي مركزه المخ المستطيل . ويتخلص الإنسان عن طريق حادثة التقيؤ من المواد الغذائية المؤذية لجهازه الهضمي والتي يمكن أن تكون سموماً جرثومية أو مواداً ناتجة عن الاستقلاب .

كذلك يمكن أن تحدث عملية التقيؤ عند الإنسان عند اصابته بالتهابات في المعدة أو الأمعاء . ويمكن أن يكون التقيؤ عرضاً لمؤثرات تأتي من أماكن مختلفة في الجسم مثل : اضطراب جهاز التوازن وبعض علل البطن كالتهاب البريتون والحويصل الصفراوي (المرارة) والمبيضين والرحم عند الإناث .

وتبدأ حادثة التقيؤ عند الإنسان بزيادة كبيرة في إفراز اللعاب والعرق مع شعور بالغثيان . وبعد شهيق عميق لا ارادي يرتفع معه شراع الحنك وينخفض لسان المزمار ليسدا بدروهما الفتحتان الأنفية والحنجرية . ونتيجة لهذا الشهيق العميق ينخفض الضغط في التجويف الصدري وبالتالي في المريء .

هذا ويسبق هذه العمليات حدوث تقلصات حوية عكسية في الأمعاء الدقيقة والتي بنتيجتها تقذف كمية من محتوياتها إلى المعدة بعد ذلك وبوساطة تقلصات عضلات المعدة الانعكاسية وانفتاح العاصرة الفؤادية للمعدة تقذف محتويات المعدة إلى المريء ومن هناك وبوساطة التقلصات الحوية العكسية للمريء تقذف إلى الفم ومنه إلى الخارج ويتوضع مركز التقيؤ في المخ المستطيل والألياف العصبية المشاركة في عملية التقيؤ . تدخل في تركيب العصب الحائر واللساني والبلعومي والأعصاب الجوفية التي تمتد عصبياً المريء والمعدة والأمعاء .

# الباب الخامس

# فيزيولوجيا الجهاز البولي

## Urinary system physiology

مقدمة :

يحافظ الوسط الداخلي للجسم ( والمكون من الدم والليمف والسائل الخلالي ) على اتزانه وثبات حجمه وتركيبه بتضافر عمل مجموعة من أعضاء الإطراح هي :

الرئتان اللتان تخلصان الجسم من غاز ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وأبخرة الأمسيتون والكحول من خلال عملية الزفير ، والجلد الذي يطرح عن طريق غدده العرقية الماء الزائد وبعض الأملاح المعدنية والفضلات كحمض البول والبولة الدموية ، والأمعاء التي تفرغ الفضلات الطعامية وأملاح المعادن الثقيلة ونواتج الأصبغة الصفراوية ، والكلي التي تمتاز من بين أعضاء الإطراح جميعاً ليس فقط بمقدار ما تفرغه من المواد بل بكثرتها وتنوعها . فهي تقوم بالدور الأساسي في المحافظة على حجم الوسط الداخلي بإشرافها على توزع الماء بالجسم وذلك عن طريق تأثيرها على المقدار الممتص والمفرغ من السوائل ، كما تعمل على إبقاء تركيز الشوارد المختلفة ثابتاً في المصورة الدموية والسائل الخلالي بطرح الزائد منها وهي بذلك تحافظ على الضغط الحلولي الضروري لتبادل الماء بين الدم والأنسجة . وبالإضافة إلى ما سبق فإن الكلي تساهم في اتزان الحموضة والقلوية بالجسم وذلك بآليات متعددة في مقدمتها إفراغ بعض نواتج الإستقلاب الغذائي الحامضية وتركيب بعض العناصر القلوية .

الوظائف الفيزيولوجية للكلي :

تشكل الكلي أهم أعضاء الإطراح في جسم الإنسان ، وذلك لما تقوم به من وظائف كثيرة وهامة لهذا الجسم والتي يمكن إيجازها بما يلي :

١- تركيب وطرح البول وهي الوظيفة الرئيسية للكلي .

٢- طرح نواتج عمليات استقلاب المواد الغذائية المختلفة المتشكلة في الجسم وهي نواتج سامة ويجب التخلص منها مثل البولة Urea وحمض البوليك ، أو البوريك ( حمض البول ) Uric acid .

٣- طرح الكثير من المواد الغريبة والسامة والعقاقير التي تدخل الجسم من الوسط الخارجي ومنعها من التركيز في الجسم .

٤- طرح الزائد من الماء والأملاح المعدنية والمحافظة على العناصر الأساسية الضرورية للجسم ، فهي تنظم بشكل غير مباشر استقلاب الماء والأملاح المعدنية وتحافظ على الرصيد الماء للجسم وعلى توازن الحموضة والقلوية وعلى الضغط التناضحي الثابت .

٥- تقوم الكلي بالإضافة إلى الوظائف الاطراحية الهامة ، بإفراز هرمون الرينين ( Renin ) الذي يرفع مستوى الضغط الشرياني .

# الفصل الأول
# تركيب الجهاز البولي

يتألف الجهاز البولي عند الإنسان من الكليتين والحالبين والمثانة والمبال الذي ينتهي بالقضيب عند الذكر وبالمهبل عند الأنثى .

## الكليتين :

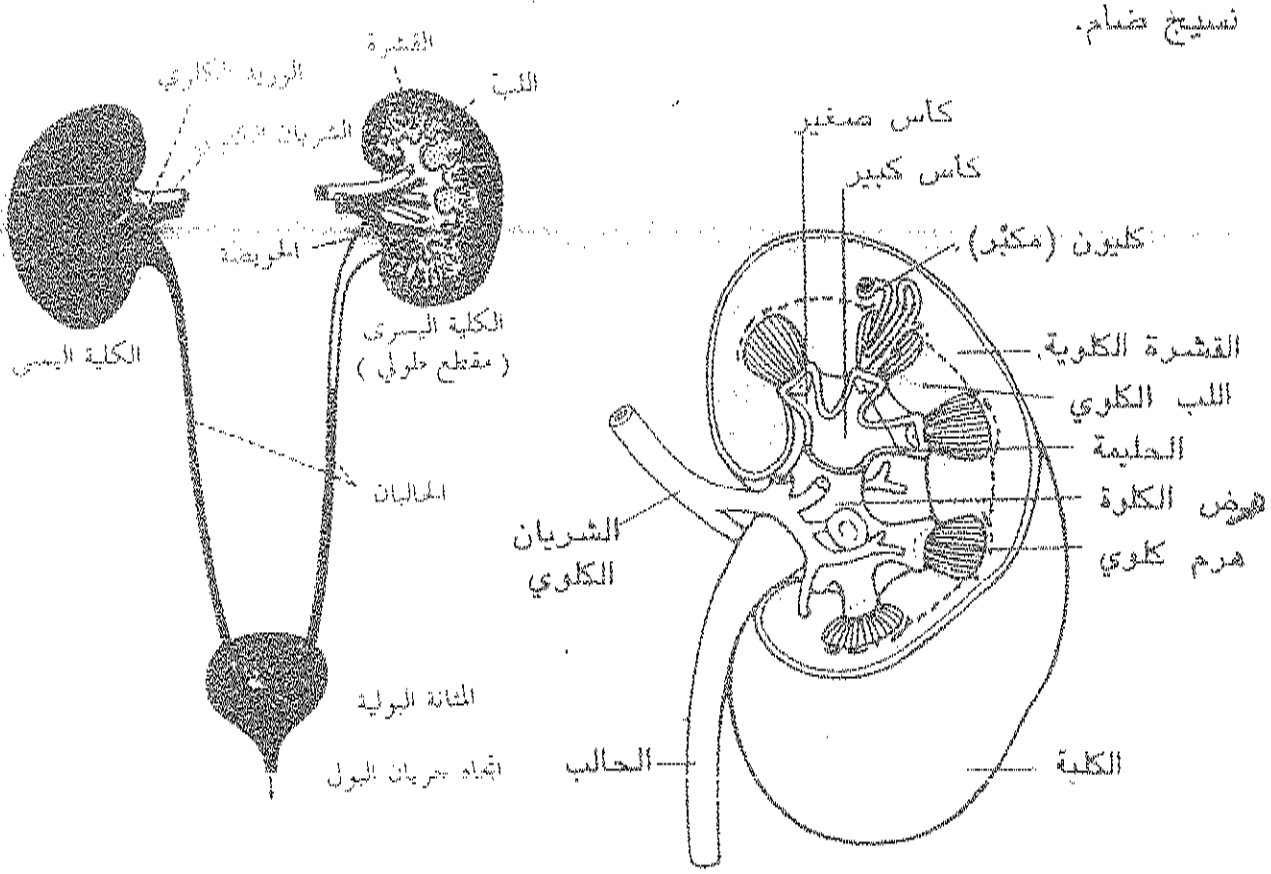
تعتبر الكلية عضواً من أكثر الأعضاء في الجسم نشاطاً إذ إنه يمر في كليتي الإنسان يومياً ما يعادل ١/٣ التحصيل القلبي أي حوالي ١٧٠٠-١٨٠٠ ليتراً من الدم في الـ ٢٤ ساعة . كما تقوم الكلى بطرح كميات كبيرة من البول يومياً . فهي تطرح عند الإنسان من ١,٥ إلى ٢ ليتراً من البول .

## التشريح الوظيفي للكلية :

يملك كل إنسان كليتين تقعان على جانبي العمود الفقري في المنطقة القطنية . وتعلو الكلية اليمنى عادة اليسرى . وتحاط كل كلية بوسادة دهنية تحميها من المؤثرات الخارجية . كما يغطي الكلية أيضاً محفظة من الألياف الضامة التي ترسل ألفرعاً تتصل مع الأنسجة المحيطة بالكلية لتساعد في تثبيتها في موضعها . ويخرج من السطح المقعر للكلية ( سرة الكلية Renal belus ) قناة تسمى الحالب، وظيفتها نقل البول من حوض الكلية إلى المثانة ، ويمر من سرة الكلية بالإضافة للحالب الشريان والوريد الكلويين والأعصاب الكلوية ( شكل رقم ٢٢ ). إن النسيج الكلوي مؤلف من طبقتين ، الأولى خارجية وتدعى القشرة ( Cortex ) وهي ذات لون أحمر داكن بسبب احتوائها على كبب مالبيكي .

والثانية داخلية وتدعى بالمنطقة اللبية Renal Medulla وهي مقسمة إلى أجزاء هرمية تتجه قواعدها نحو القشرة ونرواتها نحو الكويسات الكلوية (major colgx) التي تصب في الحويضة ( Renal palis ) (انظر الشكل رقم ٢٢) ومن الناحية الفيزيولوجية تتكون الكلية من عدد كبير من الوحدات الوظيفية الكلوية ( النفرونات Nephrons ) والتي يستطيع كل منها أن يحقق كافة المراحل

المؤدية في النهاية لتشكيل البول . وتنفصل النفرونات بعضها عن بعض بوساطة نسيج ضام.

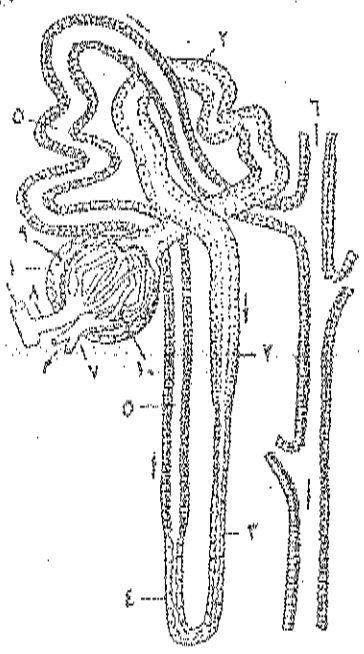



شكل رقم ( ٢٢ ) : منظر عياني للكلية إنسان بعد نزع قسم منها لإظهار بنائها .

تركيب الجهاز البولي

## الكليون ( النفرون ) Nephron :

يتألف النفرون من جزئين رئيسيين هما الكبة الكلوية ( R. Clomerulus ) والأنبوب البولي هذا وتقع الكبة الكلوية في الجزء القشري من الكلية وتتكون من شبكة دقيقة من الأوعية الدموية الشعرية ( حوالي ٥٠ شعيرة دموية ) تسترها محفظة خاصة تدعى محفظة بومان ( Boumans capsule ) التي تتركب من وريقة جدارية وأخرى حشوية ( داخلية ) يفصل بينهما فراغ يتصل مع بداية الأنبوب الكلوي ( الشكل رقم ٢٣ ) .



شكل رقم (٢٣) : يوضح بنية النفرون ( الكليون ) .

١ – محفظة بومان وبداخلها الكبيبة . ٢ – النبيب الداني . ٣ – الشعبة النازلة لعروة هاتله . ٤ – الشعبة الصاعدة لعروة هاتله . ٥ – النبيب القاصي . ٦ – الأنبوب الجامع . ٧ – الشريين الصادر . ٨ – الشريين الوارد . ٩ – فراغ المحفظة . ١٠ – شعيرات الكبيبة .

وتتكون الوريقة الحشوية لمحفظة بومان من طبقة رقيقة جداً من الخلايا الظهارية المسطحة التي تستند على غشاء قاعدي رقيق ولقد أظهر المجهر الإلكتروني وجود ثقوب بين هذه الخلايا ، كما تحتوي بطانة الأوعية الدموية الشعرية الدموية الكبيبية على ثقوب لا يتجاوز قطرها الميكرون الواحد . لذلك فإن الحاجز بين دم الأوعية الكبيبية الشعرية وبين فراغ محفظة بومان رقيق جداً . وهكذا فإن على السائل الذي يرشح عبر الكبيبة إلى الأنابيب الكلوية أن يمر عبر كل من :

١ – الخلايا البطانية للأوعية الشعرية الكبيبية والتي تشكل غشاء فائق الرقة ومجهزاً بثقوب قطرها حوالي ١٥٠ أنغستروم .

٢ – الغشاء القاعدي الذي تستند عليه الخلايا البطانية للأوعية الشعرية الكبيبية .

٣ – الخلايا الظهارية المسطحة المكونة للوريقة الحشوية لمحفظة بومان .

وتأتي الأوعية الشعرية الكبيبية من الشريان الكلوي الذي يتفرع بعد دخوله إلى الكلية من منطقة السرة إلى عدد كبير من الشريانات يدخل كل منها إلى إحدى محافظ بومان حيث يتفرع داخلها إلى حوالي خمسين وعاء شعري تشكل ما

يسمى بكبة مالبيكي . هذه الأوعية الشعرية للكبة تعود لتتحد من جديد مكونة شريناً يخرج من محفظة بومان هذا ويدعى الشرين الذي يدخل إلى محفظة بومان بالشرين الوارد Afferent Artiriole في حين يدعى الشرين الذي يخرج منها بالشرين الصادر ( Efferent Artiriole ) والذي يكون قطره عموماً أصغر بمرتين تقريباً من قطر الشرين الوارد . يشكل الشرين الصادر بعد خروجه من محفظة بومان شبكة معقدة من الأوعية الشعرية التي تحيط بالأنابيب الكلوية . أما الجهاز الوريدي للكلية فيبدأ من هذه الشبكة الأخيرة للأوعية الشعرية حيث يصاحب كل شريان وريداً له نفس الاسم وهكذا إلى أن تصب مجموع الأوردة في الوريد الكلوي العام الذي يخرج من سرة الكلية .

## الأنبوب البولي :

يشكل الأنبوب البولي الجزء الثاني من النفرون ، ويعتبر امتداداً لفراغ محفظة بومان . وينقسم الأنبوب الكلوي ( البولي ) إلى : (انظر الشكل رقم ٢٤)

### ١ – النبيب القريب الداني Tubulus proximalis :

ويميز فيه قسم متعرج (٢–٣) التواءات تقع في القشرة ، وعند وصوله إلى الحدود بين القشرة واللب ، يصبح مستقيماً وتضيق فتحته . ويشكل هذا الجزء بداية الشعبة النازلة لعروة ( لفة هانله ) . وتتميز الخلايا الفارشة لهذا النبيب بنشاطها وشدة قدرتها على الامتصاص .

### ٢ – عروة هانله Hanle's ansa :

تبدأ من القسم المستقيم للنبيب الداني وتشكل شعبتين ، الشعبة النازلة والمتجهة إلى القسم اللبي ، وهنا تشكل لفة وتتجه من جديد بالشعبة الصاعدة إلى الطبقة القشرية . ولخلايا هذه العروة شأن في إعادة امتصاص الماء .

### ٣ – النبيب القاصي Tubulus distalis :

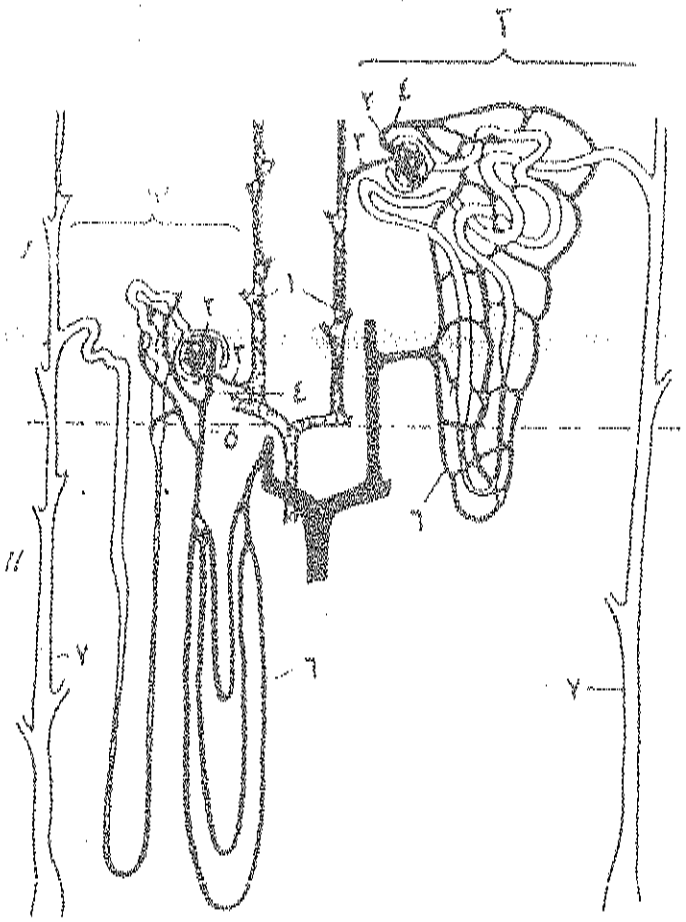
ويميز فيه قسم مستقيم وهو امتداد للقسم الصاعد من عروة هانله وقسم ملتوي يقع في الطبقة القشرية . ويرتبط هذا النبيب بقناة صغيرة مع الأنبوب

الجامع . وتجتمع هذه الأنابيب المجمعة لتصب في أنابيب أكبر منهما ، وهذه الأخيرة تصب في الكؤوس الكلوية التي تصب بدورها في حوض الكلية .

## المعدد الدموي للكلي :

يأتي المعدد الدموي إلى الكلي عن طريق الشريان الكلوي المتفرع عن الأبهر . يتفرع هذا الشريان بعد دخوله إلى الكلية إلى أوعية دموية أصغر فأصغر معطياً شرينات صغيرة يدخل كل منها إلى إحدى محافظ بومان حيث ينقسم بداخلها إلى حوالي /٥٠/ وعاء شعري دقيق مشكلة ما يسمى بكبيبة مالبيكي ، بعد ذلك تتجمع هذه الأوعية الشعرية الدقيقة مشكلة شريناً واحداً يخرج من محفظة بومان . هذا ويدعى الشرين الداخل إلى محفظة بومان بالشرين الكبيبي الوارد بينما يدعى الشرين الخارج من محفظة بومان بالشرين الصادر . هذا وإن قطر الوعاء الدموي الوارد إلى محفظة بومان أكبر بمرتين تقريباً من قطر الوعاء الدموي الصادر عنها ونتيجة لهذا فإن كمية الدم الواردة إلى الكبيبة أكبر من كمية الدم الخارجة منها . وهذا بسبب زيادة في الضغط الدموي داخل شعيرات مالبيكي الأمر الذي له أهمية كبيرة في عملية رشح البول من الدم إلى فراغ المحفظة والنبيبات البولية . ويتفرع الشرين الصادر عن الكبيبة بعد قليل إلى شبكة من الأوعية الشعرية التي تلتف حول النبيبات الدانية والقاصية ( شكل رقم ٢٤ ) .

بعد أن يمر الدم من خلال شبكة أوعية النبيبات يصب ويتجمع في وريدات شعرية التي تندمج فيما بعد لتشكل وريدات أخرى هذه الوريدات الأخيرة تصب في الأوردة المقوسة الكلوية التي تعطي فيما بعد الوريد الكلوي الذي يصب في الوريد الأجوف الخلفي .



شكل رقم ( ٢٤ ) : يبين مخطط الكليون القشري .

أ- والكليون لصيق اللب . ب- ومددها الدموي . I- القشرة . II- اللب .

١- شرايين . ٢- كبيبة ومحفظة . ٣- شرين وارد إلى الكبيبة . ٤- شرين صادر عن الكبيبة ويشكل شبكة شعرية حول النبيبات الكلوية . ٥- شرين صادر عن كبيبة مالبيكي للكليون لصيق اللب . ٦- وريدات ٧- الأنابيب الجامعة .

الجدير بالذكر أنه يوجد في الكلى بالإضافة إلى الكليونات ( النفرونات ) المذكورة ما يسمى بالنفرونات لصيق اللب والمتوضعة في الطبقة اللبية بشكل أساسي . وتتميز هذه النفرونات بمددها الدموي الخاص . حيث أن فتحات الشريانات الصادرة والواردة متساوية . لذلك لا يحدث في كبب هذا النوع من النفرونات ضغط مرتفع كما هو الحال في كبب مالبيكي . إضافة إلى ذلك فإن الأوعية الصادرة لا تتفرع بعد خروجها من محفظة بومان إلى شعيرات ، بل تدخل إلى الطبقة اللبية كما هي ، وهناك تنقسم إلى أوعية شعرية مستقيمة ومتوازية . هذا وتملك الشريانات الواردة في مكان دخولها إلى كبب مالبيكي انتفاخات تشكل ما يسمى بمعقد لصيق الكبيبة ، الذي تنتج خلاياه هرمون الرينين

الذي يشارك في تنظيم مستوى ضغط الدم . وبهذا نفسه يحافظ على الجريان الطبيعي للدم إلى الكلى . ويتكون الرينين عند انخفاض أو قلة تيار الدم الكلوي .

## الحالب Ureter :

الحالب أنبوب يحمل البول من الكلية إلى المثانة ، ولكل كلية حالبها الخاص بها ، وهو يبدأ من حويضة الكلية على شكل قمع يضيق تدريجياً ثم يستمر هابطاً إلى أن ينتهي بالمثانة ويبلغ طول الحالب عند الإنسان البالغ حوالي ٢٥-٣٠سم وقطره ٤-٥مم . ويتألف جدار الحالب من ثلاثة طبقات ، خارجية سولفية من ألياف من النسيج الضام ووسطى من ألياف عضلية ملساء وداخلية تواصلها خشاء ظهاري انتقالي مغطى بطبقة مخاطية رقيقة .

يجري البول ويتقدم داخل الحالب نتيجة للتقلصات الموية لطبقة العضلات الملساء الموجودة في الطبقة الوسطى منه . كذلك فإن فعل الجاذبية ( الثقالة ) الأرضية يلعب دوراً في وصول البول إلى المثانة ويكون اتجاه موجات التقلص الحالبية من الحويضة نحو المثانة وبسرعة متوسط قدرها ١٥-٢٠سم / الثانية . وتساني الأعصاب المحركة للحالب من العصبين الحشوي والشوكي كما أن للحالب ذاتية متحركة بدليل بقاء التقلصات الجوية في قطعة الحالب المعزولة . ويعتقد الباحثين أن طبيعة هذه الذاتية عصبية ، سببها وجود عقد عصبية داخل الحالب يكون دورها كدور المراكز الانعكاسية .

## المثانة :

المثانة البولية عضو كيسي الشكل ، قابل للتمدد ، يقع في منطقة الحوض خلف الارتباط العاني ، وتغطى المثانة بوريقة خارجية من البريتون ، وتتلقى البول من الحالبين وتجمعه لوقت الإفراغ .

ويتألف جدار المثانة من ثلاث طبقات : الطبقة الداخلية وتتكون من ظهارة رصفية انتقالية مغطاة بطبقة مخاطية رقيقة ، والطبقة الوسطى طبقة عضلية سميكة تتجه

أليافهـــا الملساء طولياً على شكل طبقتين يفصل بينهما طبقة من الألياف الملساء الدائرية .

أما الطبقة الخارجية للمثانة فهي مؤلفة من نسيج ضام ذي ألياف قاسية . ويدخـــل الحالبان المثانة من الزاوية العليا لها ، ويصب كل حالب في جهة على بعـــد ١ سم من خطها المتوسط ونهاية الحالب تدخل في المثانة بشكل مائل متجة إلى الأســـفل باتجـــاه الخـــط المنصف للمثانة . ويدخل كل حالب لمسافة بضعة سنتيمترات تحت الغشاء الظهاري المبطن للمعة المثانة وهذا التركيب يساعد على عدم رجوع البول إلى الحالب عند انقباض المثانة .

ويوجـــد عند اتصال المثانة بالمبال تجمع عضلي دائري بشكل ما يعرف بالمصـــرة الداخـــلية التي تكون بحالة انقباض دائم إلى أن تمتلئ المثانة وعندها تـــرتخي سامحة لهذا البول بالخروج عبر المبال . تستطيع جدران المثانة التمدد ولكن إلى حد معين فمثلاً عندما يبلغ حجم البول الموجود بداخلها ١/٢ ليتراً تقريباً يشعر المرء برغبة قوية بالتبول .

# الفصل الثاني

# تشكل البول

## المبحث الأول

## الخواص الفيزيوكيميائية للبول

يتشكل البول نتيجة لعمل الكليتين المعقد . ويؤثر على شدة تكون البول (إدرار البول ، الإبالة Diuresis ) عوامل كثيرة . فمثلاً كمية البول المفرغة من جسم الإنسان نهاراً أكبر من المفرغة ليلاً . وهذا ناتج عن انخفاض مستوى الإستقلاب في الجسم أثناء النوم من جهة وانخفاض ضغط الدم العام ليلاً من جهة أخرى . هذا وإن انخفاض الضغط الدموي في الجسم يؤدي إلى انخفاض ضغط الدم في الكليتين وتبعاً لذلك تنخفض كمية البول المتشكل .

ويزداد تشكل البول وطرحه بعد تناول كميات كبيرة من السوائل والأغذية الخضراء ، وكذلك الأغذية الغنية بالمواد البروتينية . حيث تعتبر نواتج تفككها ( اليوريا ، حمض البوليك ) محرضات لنشاط الكلي .

من جهة أخرى تقل كمية البول المتشكل والمفرغة من الكلي أثناء العمل العضلي المديد والقوي ، وذلك نتيجة لزيادة نشاط الدوران في العضلات العامة . وإنخفاضه في الأعضاء الداخلية وبشكل خاص في الكلي إضافة إلى ذلك فإن العمل العضلي المديد يترافق بالتعرق الغزير ( Diaphoresis ) أي أن الغدد العرقية تنشط أثناء ذلك وتأخذ على عاتقها جزءاً من عمل الكلي .

وتؤثر فصول السنة والطقس على نشاط الكلي وإفراغ البول ، فالحرارة المرتفعة للوسط الخارجي تخفض من تشكل وإدرار البول ، أما الحرارة المنخفضة فعلى العكس تزيد من تشكل البول وإفراغه .

وتتأثر الصفات الفيزيائية والكيميائية للبول بشكل عام بالأغذية والمواد والسوائل المتناولة والنشاط العضلي والصحة العامة للجسم .

والبول عند الإنسان عبارة عن سائل ذي رائحة مميزة وهو سائل شفاف يميل لونه قليلاً إلى الصفرة لاحتوائه على بعض الأصبغة مثل صبغة اليورو كروم والأوروبلين أو صفراوين البول ( Uroblin ) كما يتعلق لون البول بأصبغة المواد الغذائية المتناولة وبكمية البول المفرغة ، فعند الإفراغ المفرط للبول يكون لونه أصفر فاتحاً ، بينما يكون لون البول المركز ( البول الصباحي ) شديد الصفرة .

ويكون تفاعل البول عند الإنسان مائلاً للحموضة PH = ٥,٦ ويتراوح الوزن النوعي للبول بين ١,٠٠٢-١,٠٤٠ وذلك تبعاً لدرجة تمدده أو تركيزه ( إزدياد المواد المطروحة مع البول يرفع من وزنه لنوعي ) . وعند تناول كميات كبيرة من الماء ينخفض الوزن النوعي للبول المطروح وذلك لكونه شديد التمدد . أما أثناء النشاط العضلي والرياضة حيث يفقد معه الجسم كميات كبيرة من الماء عن طريق الغدد العرقية الجلدية والتنفس فيكون البول المطروح أكثر تركيزاً ذو وزن نوعي مرتفع .

أما فيما يتعلق بالتركيب الكيميائي للبول ، فهو يتكون من ٩٦% ماء و ٤% مواد صلبة . ويدخل في تركيب المواد الصلبة العديد من المواد العضوية وغير العضوية . وتشمل المواد العضوية التي يحتويها البول على البولة Urex وحمض البول والكرياتنين وحامض الهيبوريك Hyporic acid وكذلك نواتج تفكك البروتينات في الكبد مثل الأندول والفينول .

هذا وإن بول الإنسان السليم يخلو من البروتينات ، حيث أنها لا تمر من خلال جدران الشعيرات الدموية للكبب . ويظهر البروتين في البول إما نتيجة للعمليات الإلتهابية في الكلي ، أو نتيجة للتغيرات المرضية لنفوذية جدران الشعيرات الدموية ويسمى وجود البروتين في البول بيلة ألبومينية . كما يسمى وجود الدم في البول بيلة دموية Hemoturia .

والمواد غير العضوية الموجودة في البول متعددة وتشمل كلور الصوديوم وأملاح البوتاسيوم وأملاح الكبريت والفوسفور .

# المبحث الثاني

## مراحل تشكل البول

يتم تشكل البول في الكلية على مرحلتين :

أ- مرحلة الترشيح الكبيبي Clomerular Filtration :

يتم تشكل البول الأولي ( الرشاحة الكبيبية ) عن طريق رشح جزء من الجريان المصوري لشعيرات الكبب الكلوية إلى فراغ محفظة بومان لموجود بين وريقتي هذه المحفظة . ويؤثر على عملية تشكل البول الأولي مجموعة من العوامل هي :

١- إن قطر الأوعية الدموية الواردة إلى محافظ بومان أكبر بمرتين تقريباً من قطر الأوعية الدموية الصادر عنها وهذا يؤدي إلى زيادة الضغط الدموي في الشعريات الدموية للكبب الكلوية .

٢- يجري الدم ببطء داخل شعيرات كبب مالبيكي وتحت ضغط مرتفع ٧٥ ملم زئبقي .

٣- إن بطانة الشعيرات الدموية والغشاء القاعدي للوريقة الحشوية لمحفظة بومان مزودة بثقوب تبلغ قطرها حوالي ١ ميكرون .

كل هذه العوامل تساعد على حدوث عملية الرشح لجزء من الجريان المصوري للكبب الكلوية إلى الفراغ الموجود بين وريقي محفظة بومان .

والسائل الراشح ( البول الأولي ) يحتوي في الواقع بالإضافة إلى الماء على العديد من المواد المنحلة الأخرى ( مثل الغلوكوز والأملاح المعدنية ) وهو يماثل تقريباً المصورة الدموية في تركيبه وتفاعله وضغطه الحلولي .

ويختلف عنها بفقدان البرتينات وبعض عناصر المصورة مثل الكريات الحمراء والبيضاء . وهذا ناتج في الواقع من أن الغشاء المبطن للشعيرات الدموية لكسيب مالبيكي هو غشاء نصف نفوذ أي يقوم بدور فيلتر ( مرشح ) حيث يسمح بمرور الماء وبعض المواد المنحلة فيه ويحول دون مرور المواد الضرورية التي

هذه المواد أقل من تصفية الأنولين . أما إذا كانت تصفية هذه المواد أكثر من تصفية الأنولين فيستدل على ذلك أن هذه المواد تفرز من قبل أنابيب الكلية .

ب- عودة الإمتصاص في الأنابيب الكليوية Tubular reabsorption

تحتوي الرشاحة الكبيبية ( البول الأولي ) على كثير من المواد مثل الغلوكوز والحموض الأمينية والماء والأملاح المعدنية والبولة .

وبعض هذه المواد لا يمكن للجسم الاستغناء عنها ، ولذا يعاد امتصاصها من هذه الرشاحة الكبيبية عبر جدران الأنابيب الكليوية إلى دم الأوعية الشعرية المحيطة بها ( تفرعات ) الشرايين الصادرة عن الكبب الكلوية . هذا ويأتي الماء في طليعة المواد التي يعاد امتصاصها مثل الغلوكوز وبعض الأملاح المعدنية والمعادن ولكن بنسب متفاوتة . وعموماً فإن عملية الامتصاص في الأنبوب المعوج القريب ثابتة وإجبارية وهي تعادل ٨٥% تقريباً من حجم الرشاحة البولية وتشمل جميع المواد المفيدة والضرورية للجسم كسكر الغلوكوز والحموض الأمينية والبرتينات والصوديوم والبوتاسيوم والماء . بينما الامتصاص في الأنبوب المعوج البعيد اختيارياً ويعادل ١٥% من حجم الرشاحة ، ويشمل الماء والصوديوم والبوتاسيوم .

هذا ويشارك في عملية إعادة الامتصاص عبر جدران الأنابيب الكليوية عدة آليات هي :

١- الضغط الحلولي ( التناضحي ) للراشح : بوساطة هذه الآلية يعاد امتصاص الماء .

٢- النقل النشيط أو الفعال عبر الخلايا الظهارية للأنابيب الكليوية : ويتم بهذه الطريقة إعادة امتصاص أكثرية المواد كالغلوكوز والحموض الأمينية وشوارد الصوديوم والبوتسيوم والفوسفات وغيرها . وتعتمد عملية إعادة الامتصاص بهذه الطريقة على وجود مواد خاصة ذات طبيعة بروتينة على جدران الخلايا الظهارية للأنابيب الكليوية . هذه المواد تدعى بالنواقل Transportors حيث تقوم هذه المواد بحمل جزئيات المواد الممتصة عبر جدران الخلايا إلى

الطـرف الثاني من الغشاء الخلوي حيث تنفصل عنها بعد ذلك ومن ثم تعود لتحمل مواداً جديدة وهكذا .

وعموماً يوجد ما يسمى بعتبة إفراغ للمواد التي يعاد امتصاصها عبر الأنـابيب الكليوية . فمثلاً الغلوكوز والكلور والماء والبيكربونات هذه المواد يعاد امتصاصها من البول الأولي بشكل كامل . وهذه المواد تدعى بالمواد العتبية . أما المواد التي لا تمتص أو يعاد امتصاصها بشكل سيء مثل الكبريتات والكرياتنين والبولة فتسمى بالمواد غير العتبية . وهذه المواد تسمى مدرات البول وذلك لأنها تعيق امتصاص الماء .

# المبحث الثالث

# تنظيم عمل الكلي وإفراغ البول

## تنظيم عمل الكلي :

تتلقى الكلي مددها العصبي من الجملة الودية ونظير الودية . فالأعصاب الودية تدخل الكلي ضمن فروع العصب الحشوي المعصب للكلي . أما الأعصاب نظير الودية فتصل إلى الكلي عن طريق العصب التائه أو الحائر . وتتوزع الألياف الودية ونظير الودية الإنتهائية في جدران الأوعية الدموية الشعرية لكبب مالبيكي والأنابيب البولية وفي العضلات الملساء للحويضة . هذا وإن تنبه الفروع العصبية نظير الودي يؤدي إلى زيادة طرح البول وذلك لأن تنبيه هذه الألياف العصبية يؤدي إلى توسيع الأوعية الدموية الشعرية للكبب الكلوية مما يزيد من مرور الدم إليها وبالتالي زيادة الضغط الدموي فيها وهذا يؤدي إلى زيادة الراشح الكلوي وبالتالي زيادة كمية البول المطروحة وبالعكس إن تنبيه الألياف العصبية المحيطية للعصب الحشوي ( ودي ) يؤدي إلى تضيق الأوعية الدموية الشعرية للكبب الكلوية وبالتالي قلة الدم الوارد إليها مما يؤدي إلى انخفاض الضغط الدموي فيها وبالتالي قلة الراشح البولي الأمر الذي يؤدي إلى قلة كمية البول المطروحة . من جهة أخرى يتم تنظيم عمل الكلي أيضاً عن طريق الجملة العصبية المركزية . فقد ثبت بالتجربة أن الوخز في قاع البطين الرابع للمخ المستطيل يرافقه زيادة كبيرة في تشكل وإخراج البول . أما في حالة إصابة الإنسان بمرض أو تألمه فإن عملية طرح البول تنقص بشكل كبير ( قلة البول الناتجة عن الألم ) .

ويشارك التنظيم الخلطي إلى جانب التنظيم العصبي في تنظيم عمل الكلي فالبولة وكلوريد الصوديوم والمواد الحاوية على الآزوت الموجودة في الدم وبعض الأدوية تعمل كمنبهات نوعية لتنشيط عمل الكلي ، وقد ثبت تجريبياً أن إدخال هذه المواد إلى الدم عند الكلاب يزيد من كمية البول المطروحة .

## الإفراغ البولي :

يتشكل البول في الكلي بشكل مستمر وينتقل منها ويتجمع في المثانة عن طريق الحالبان . ويوجد في منطقة خروج المبال من المثانة ثخانة عضلية دائرية تشكل العاصرة المثانية المبالية وهي عاصرة مزدوجة داخلية وخارجية . وتكون هذه العاصرة منقبضة في أثناء إمتلاء المثانة بالبول وتسترخي في وقت التبول . وتتلقى المثانة والعاصرة المثانية المبالية مددها العصبي من الجملة العصبية الودية ونظير الودية .

الأعصاب الودية تصدر من المنطقة القطنية وتنبيهها يؤدي إلى استرخاء جدار المثانة وإلى إنقباض العاصرة المثانية المبالية .

أما الأعصاب نظيرة الودية فتأتي من المنطقة العجزية وتتمثل بالعصب الحوضي . ويؤدي تنبيهها إلى إنقباض عضلات جدران المثانة واسترخاء العاصرة المثانية المبالية وحدوث عملية التبول .

ويعتبر المنبه الطبيعي لجهاز المستقبلات والنهايات العصبية الحسية المتوضعة في جدار المثانة والعاصرة المثانية المبالية هو ارتفاع الضغط داخل المثانة نتيجة لاحتوائها على البول هذا وإن امتلاء المثانة بالبول يؤدي إلى ارتفاع الضغط فيها وبالتالي يؤدي إلى تمدد جدرانها الأمر الذي يؤدي إلى تنبيه وتهيج النهايات العصبية الحسية ( المستقبلات الموجودة في جدران المثانة ) ومن هذه المستقبلات المنبهة ترسل دوافع عصبية عن طريق الألياف العصبية الحسية الجاذبة إلى المركز إلى مركز التبول المتوضع في المنطقة القطنية العجزية للنخاع الشوكي والذي يقع تحت تأثير المخ المستطيل وقشرة المخ ومن مركز التبول هذا وعن طريق الأعصاب نظيرة الودية النابذة عن المركز ترجع ردود الفعل إلى عضلات جدار المثانة مؤدية إلى تقلصها وإلى العاصرة المثانية المبالية مؤدية إلى استرخائها ونتيجة لهذا تحدث عملية التبول وتفرغ المثانة من البول عبر قناة المبال إلى القضيب عند الذكر والفرج عند الأنثى .