قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة الأولى الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

الفسيولوجيا .... مجالاتها .... ومبادئها العامة

Physiology Scope and Principles

الفسيولوجيا من فروع علوم الحياة الكثيرة مثل التشريح وعلم النسج وعلم الخلية والوراثة والاجنة، وتتميز بكونها معنية بالعمليات الحيوية التي تمكن الكائن الحي من القيام بالفعاليات والأنشطة الضرورية للحياة، فهي علم دراسة الوظائف سواء كانت وظائف الكائن الحي بأكمله او وظائف اجزائه، من اعضاء اونسج او خلايا، ان لم نقل العضيات الدقيقة ضمن الخلية الواحدة.

لقد نشأت الفسيولوجيا منذ التاريخ القديم للبشرية، ورافقت في تطورها علم التشريح وصار الاثنان الأساس العقلاني لممارسة الطب، وبيطرة الحيوانات، والعناية بتنمية الثروات الزراعية. وقد افرزت الحضارة العربية الإسلامية عمالقة في الطب والفسيولوجيا البشرية، نذكر منهم ابن النفيس الذي اكتشف الدورة الدموية في الرئة، ووصف كل ماكتبه اطباء اليونان من امثال هيروفلس وارستراتوس وجالينوس وغيرهم، حول تشريح القلب وتنقل الدم بين تجاويفه. لقد عزا هذا العالم العربي الفذ انتقال الدم الى ضربات القلب واوضح انتقاله من البطين الأيمن الى الرئة وفيها يكون بتماس مع (الروح) الأوكسجين، وينقلها عبر جدران الأوعية الدموية الشعرية ومن الأخيرة يوزع على انسجة الجسم المختلفة.

مجالات الفسيولوجيا Scope of Physiology

اهتم علماء الفسيولوجيا بكل انواع عوالم الحياة، بدءاً بالبدائيات فالطليعيات، فالفطريات، واخيراً بالنباتات والحيوانات.

وقد تناولوا بالدراسة والبحث عضيات الخلية والنسج والاعضاء، ثم نشاطات الكائنات الحية كاملة، غير أن كثرة وتنوع الأحياء ادى الى ظهور تخصصات فرعية. ففي الفسيولوجيا البشرية ظهرت مثلاً تخصصات مثل الفسيولوجيا العصبية او فسيولوجيا الجهاز العصبي الوعائي وفسيولوجيا الغدد الصم او فسيولوجيا التكاثر. ومن تراكم المعلومات عن أحياء كثيرة أهتم بعضهم باوجه التشابه والفروقات في الطرائق التي تلجأ اليها الأحياء في أداء وظيفة معينة مثل التنفس او الهضم او الاخراج، فنشأ حقل جديد هو الفسيولوجيا المقارنة Comparative Physiology ، وعند محاولة رسم صورة موحدة ومتكاملة، نعتمد على المباديء المتشابهة في تصريف نشاطات الكائن الحي والتي تفرزها المعطيات من الفروع الأخرى للفسيولوجيا. فنشأ فرع جديد هو الفسيولوجيا العامة General Physiology وقد تداخلت الفسيولوجيا وفروع رئيسة من علوم الحياة مثل علم الأجنة والتشريح والأمراض، ليعالج الأوجه الوظيفية للظواهر التي تخص تلك العلوم ولذلك لانستغرب ظهور فروع للفسيولوجيا تحمل اسماء مثل فسيولوجيا البكتريا او الطحالب او الطفيليات او فسيولوجيا الاجنة، وللاهمية الاقتصادية المجاميع معينة من الأحياء اختص البعض بدراستها والبحث عن وظائفها فنشأت تخصصات كثيرة في هذا المضمار مثل فسيولوجيا الحشرات، وفسيولوجيا القشريات، والرخويات والأسماك، واللبائن وغيرها الكثير في عالم النبات، ولا يفوتنا أن نذكر اخيراً أن بعض التخصصات الحديثة النشأة نسبياً، قد اعتمدت على طريقة الدراسة ونتائجها، مثل الفسيولوجيا الكهربائية والفسيولوجيا التطبيقية.

الطرائق التجريبية للفسيولوجيا Experimental Methods of Physiology

الفسيولوجيا من العلوم التجريبية، غير أن البحث في المشكلات الخاصة بها تبدأ عادة بالملاحظة، ووصف الظاهرة او العملية الحيوية على مستويات مختلفة تنتهي بنشاط وسلوك الكائن الحي، ومن اول هذه الخطوات. فحص التشريح العام والتشريح النسيجي والخلوي، فقد ثبت أن هناك ترابطاً كبيراً بين التركيب والوظيفة، وصارت هذه العلاقة من المباديء الاساسية للفسيولوجيا وان الدراسة المعمقة والمفصلة لاحدها تنبيء بطبيعة الأخرى. فدراسة تركيب العضلة الهيكلية تحت المجهر الضوئي والتركيب الدقيق لالياقها

تحت المجهر الإلكتروني، ومعرفة الخلفية الكيميائية للمكونات المتقلصة، والتفاعلات الكيميائية التي تولد الطاقة الضرورية للتقلص العضلي، بعد أن تتكامل كلها تجعل عملية التقلص امراً ممكن التفسير بمنطقية علمية.

من الطرائق التقليدية لمعرفة وظائف الأعضاء ما يأتي:

١. استئصال جزء من الكائن الحي كأن يكون نسيجاً او عضواً وملاحظة تأثير فقدانه على فعالية الكائن الحي.
٢. استخدم بعض العقاقير الكيمياوية أو الوسائل الالية كربط وعاء دموي وقطع جريان الدم الى عضو معين، لتعطيل عمل العضو مؤقتا وملاحظة تأثير هذا التدخل في وظيفته.
٣. تغيير معدل نشاط العضو وملاحظة رد الفعل في جزء منه أو في كله.
٤. محاولة التعويض عن العضو باعطاء الحيوان جرعا من مفرزاته مثل الثايروكسين عند استئصال الغدد الدرقية، والأنسولين وبعض الأنزيمات الهاضمة عند ازالة البنكرياس.

وقد استمدت الفسيولوجيا الحيوانية الكثير من معاملتها عن طريق ملاحظة التغيرات التي تطرأ على الكائن الحي نتيجة وقوع اضطراب متعمد في نشاط اعضائه بالوسائل السابقة. وليتمكن علماء الفسيولوجيا من متابعة التغيرات في نشاط الاعضاء وتسجيلها وقياسها للوصول الى نتائج كمية متوقعة احصائيا، تستعمل اجهزة سيطرة وقياس المثبتات Parameters أساسية، مثال درجة الحرارة، والضغوط، والجهود الكهربائية، والتيارات الكهربائية، والأس الهيدروجيني (PH) للدم والسوائل الجسمية، ومقادير ومعدلات استهلاك الأوكسجين، وكمية الحرارة المنبعثة من العمليات الفسيولوجية.

المبادىء الأساسية للفسيولوجيا General Principles of Physiology

ان معرفة العلاقة بين التركيب والوظيفة مهم جدا لفهم الظواهر الفسيولوجية وتفسير العمليات الحيوية. فالاجسام الحية تختلف عن المحيط الخارجي اختلافاً واضحا. فهي تتألف من خلايا والخلية محاطة بغشاء يفصلها عن الوسط الخارجي، والكائن الحي من متعددات الخلايا محاط بغلاف خارجي هو الحد الفاصل بين داخله وخارجه وينظم تبادل المواد بين الجانبين. ومادة الخلية والبروتوبلازم مكونة من بروتينات واحماض نووية ومواد عضوية ولا عضوية لا توجد في المحيط الخارجي، وان وجدت كما هو الحال بالنسبة للأيونات الخاصة بالاملاح البسيطة، فإن تراكيزها تختلف في الحالتين. ففي الوقت الذي توجد فيه ايونات الصوديوم والكلور بتراكيز عالية في المحيط الخارجي تكاد تنعدم في داخل الخلايا والعكس بالعكس فإن تركيز البوتاسيوم في داخل الخلايا يربو على عشرين ضعفاً من تركيزه في المحيط الخارجي. ان مجرد هذه الاختلافات في مكونات الكائن الحي من حيث التنظيم العالي تجعله في حاجة مستمرة الى الطاقة لادامته وعندما يفقد القدرة على توليد الطاقة ينهار التنظيم المعقد وتعود مكوناته الى مواد اولية تتناثر في المحيط الخارجي.

ومن الأوجه الاخرى النشاط الكائن الحي التي تعد مبادىء عامة للفسيولوجيا ما يأتي:

١. تبادل المواد مع المحيط Exchange of Material with the Environment

على الرغم من تمييز الكائن الحي من محيطه من النواحي التنظيمية والكيميائية يبقى الأخير مصدر للطاقة والمواد الضرورية لنموه ومستلزمات فعالياته الحيوية فالمحيط الخارجي ممتد الى داخل الكائن الحي. ففي الإنسان يصل الى رئته وقناته الغذائية ليجهزه بالاوكسجين والغذاء ويخلص الجسم من الفضلات، وهنا نجد أن للجهاز البولي والجلد دوراً مهماً في عملية الإخراج، ومن اجهزة التبادل مع البيئة الخارجية، الرئتان أو مايقابلها من أعضاء في أحياء أخرى، والقناة الهضمية والكلية والى حد ما الجلد، وهذه الأعضاء كلها تتميز بسعة سطوحها وباتصالها بالأوعية الدموية الشعرية، ويقدر السطح الفعال للأمعاء الدقيقة بحوالي ١٠ مترا مربعاً، وهذا يعادل خمسة أضعاف سطح الجسم، اما السطح الفعال للرئة فيقدر بحوالي ٥٥ متراً مربعاً وللكلية بحوالي ٦ امتار مربعة.

٢ . الأيض Metabolism

يحصل الكائن الحي على الطاقة الضرورية لنموه ولترميم اعضائه ونسجة ولانجاز فعالياته الحيوية من الغذاء، ويتم تحرير الطاقة بتفاعلات كيميائية معقدة بتحطيم الجزيئات الكبيرة الى جزيئات بسيطة أو أكسدتها الى ثاني أوكسيد الكاربون وماء. وعمليات التفويض هذه تدعى عمليات الهدم Catabolism كما يقوم في الوقت نفسه ببناء مواد معقدة من مواد بسيطة وتدعى هذه بعمليات الابتناء Anabolism والمحصلة النهائية للعمليتين هي الأيض Metabolism وعند دراسة الأيض تقع التفاعلات الكيمياوية ضمن مجال الكيمياء الحياتية. اما الجوانب الفسيولوجية فتقتصر على استهلاك الأوكسجين وانتاج ثاني اوكسيد الكاربون او نتائج أخرى وانبعاث الحرارة واستهلاك الغذاء. وقد استخدمت اجهزة قياس السعرات Calrlimeters لتحديد معدلات الأيض.

أن الطاقة التي تتولد من عمليات الأيض لبناء جزئيات ضخمة مثل البروتينات والأحماض النووية او لاداء شغل مثل التقلص العضلي او انتقال السيالات - العصبية. أما عمليات التحويل من غذاء الى طاقة فتتصف بكونها ذات كفاية واطئة لا تتجاوز ٢٥٪ وتتدنى الى ٥٪ في بعض الأحيان لأن معظم الطاقة تتحول الى حرارة بدلا من طاقة نافعة. ومن النقاط الأخرى الجديرة بالاهتمام والذكر أن التفاعلات الأيضية متشابهة الى حد كبير في الأحياء المختلفة وعلى سبيل المثال آن تحطيم جزيئة الكلوكوز الى جزئيات ابسط تمهيداً لاكسدتها في خلايا العضلة هي تفاعلات مشابهة لما تتبعه خلية الخميرة Yeast cell باستثناء بعض الخطوات الاخيرة في تحويل جزيئة الكلوكوز الى جزئتين من الكحول الإثيلي.

٣ . التنسيق الداخلي Internnal Co - ordination

يعتمد التنسيق الداخلي على حجم الكائن الحي، ففي الأحياء الوحيدة الخلية تكون الحركة العشوائية للمواد كافية لانتقالها بين اجزاء الخلية وتحقيق التنسيق الكيميائي أو حتى في هذه الأحياء تعجل الحركة الدورانية Cyclosis عملية التنسيق وفي الأحياء ضخمة الاجسام توجد اليات اخرى لتحقيق التنسيق المطلوب بين اعضائها وخلاياها. ومن بين هذه الاليات الاتي :

أ - وجود جهاز نقل متخصص مثل جهاز الدوران الذي يجلب مواد الى الخلايا ويحمل منها مواد أخرى.

ب - وجود جهاز للغدد الصم ـ الذي يتالف من مجموعة غدد صم تفرز هرموناتها في الدم الذي ينقلها بدوره الى الأنسجة والأعضاء المستهدفة فتزيد نشاطها او تثبطة. وتتميز الهرمونات بعملها التنسيقي البطيء مقارنة بالجهاز العصبي.

ت - وجود الجهاز العصف الذي يحمل الرسائل على هيئة سيالات عصبية بين اجزاء الجسم بسرعة فائقة كما يحصل عند الاستجابة على هيئة منعكسات شوكية.

يعمل جهاز الدوران على نقل المواد من المناطق التي توجد فيها بغزارة الى مناطق اخرى تفتقر اليها مثل نقل الأوكسجين من الرئة الى النسج حيث يستهلك بسرعة او نقل ثاني أوكسيد الكاربون من النسج الى الرئة للتخلص منه، وبنقل المواد المنتجة عن الهضم لحزنها على هيئة كلايكوجين، في الكبد او العضلات الهيكلية او نقل الحزين من شحوم الى الخلايا لاغراض توليد الطاقة او لبناء مواد تحتاجها لأغراض شتى. كما يقوم جهاز الدوران بحمل الفضلات النتروجينية مثل اليوريا الى الكلية لاخراجها. وتنظيم درجة حرارة الدم بنقل الحرارة وتوزيعها في انحاء الجسم من الأعضاء النشطة الى الأعضاء الحاملة نسبياً والتخلص من الفائض منها عن طريق الجلد.

تغير الهرمونات التي تصل الى النسج والأعضاء نشاط هذه الأهداف وقد يكون للهرمون الواحد نشاطان متضادان كما هو الحال مع الأدرينالين الذي يوسع الأوعية الدموية في العضلات الهيكلية ويضيق الأوعية الدموية في الجلد وذلك بمد العضلات بالأوكسجين والطاقة اللازمنين عند الانفعال ولتهيئة الحيوان لحالة الكرب Stress التي تتطلب منه الكر والفر Flight Or Fight.

يحدث التنسيق العصي في حالات تتطلب سرعة التنفيذ كما يحدث في المنعكسات الشوكية التي تستغرق أجزاء من الثانية مقابل التنسيق الهرموني الذي قد يستغرق عدة ساعات امثال ذلك الوقت الذي تستغرقه بعض هرمونات الغدة النخامية مثل هرمون النمو. والملاحظ أن الاستجابات للتأثير الهرموني تكون طويلة الأمد عادة وتحقيق مثل هذه الاستجابات بوساطة الجهاز العصبي ليس بالأمر السهل وتسبب له انهاكاً لانها تتطلب توليد سيالات عصبية متكررة ومستمرة الفترات طويلة.

يشترك الجهاز العصي وجهاز الغدد الصم بالية من النوع الثنائي التأثير المتضاد ويكون نشاط العضو محصلة اما لتأثير هرمونين متضادين او لتأثير تنبيهين عصبيين متضادين وتسمى هذه الالية بالدفع والسحب Push - Pull وهي من حيث النتيجة افضل من استخدام تأثير واحد متدرج يتحكم بنشاط العضو، ومعظم التنسيق العصبي الداخلي يحدثه الجهاز العصبي الذاتي بشقيه الودي ونظير الودي، فالقلب والامعاء وبقية الأحشاء الداخلية خاضعة لإلية الدفع والسحب.

٤ . حالة الاستتباب Homoestasis

يفصل غطاء الجسم في الحيوانات بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية ومن اهم منجزات التنسيق الداخلي تحقيق ثبوت البيئة الداخلية. والكثير من المثبتات Parameters الفسيولوجية مثل درجة الحرارة والأس الهيدروجين (pH) للسوائل الجسمية ونسبة كلوكوز الدم أو تركيز الأيونات تبقى ثابتة ضمن حدود ضيقة، وان أي حيود عنها يمكن أن يعبر عن حالة مرضية. لقد مكنت حالة الاستتباب الخلايا من المحافظة على تركيبها الكيمياوي بما يتناسب ونشاطها واذا ما اختل لسبب او لاخر فسرعان ما يعود الى وضعه السابق بفضل الية التغذية الاسترجاعية Feed back Mechanism وهي على نوعين تغذية استرجاعية موجبة Positive F . B . M ومثالها، أن مستويات متدنية من الاستروجين في الدورة الشهرية تحفز الهرمون المحفز للجريبات FSH الذي بدوره يحفز افراز الأستروجين وتكون النتيجة زيادة في تركيز كل من الاستروجين والهرمون المحفز اللجريبات اما التغذية الاسترجاعية السالبة Negative F . B . M فهي الأكثر شيوعاً في العمليات الفسيولوجية وتحصل عادة استجابة او رد فعل فسيولوجي فعند زيادة مستوى الكلوكوز في الدم يفرز الأنسولين الذي يقوم بتحويل الفائض منه الي كلايكوجين يخزن في الكبد فينخفض مستوى الكلوكوز الى الحد الطبيعي وعندئذ فقط يتوقف افراز المزيد من الأنسولين، ومستوى الهرمون ضد الأبالة ADH مثال آخر اذ يفرز هذا الهرمون من الفص الخلفي للغدة النخامية ويسيطر على اعادة الامتصاص النبي للماء. يزداد افرازهذا الهرمون عند فقدان الجسم للماء وارتفاع الضغط التناضحي للدم فيعاد امتصاص الماء من السائل في داخل النبيب الملتوي الداخلي في النفرون وعندئذ ينخفض الضغط التناضحي للدم ويتوقف افراز الهرمون.

٥. التنسيق الخارجي External Co - ordination

تؤثر التغييرات في عوامل البيئة الخارجية على نشاط وسلوك الاحياء، لذلك جهز التطور العضوي الأحياء بقابليات لفحص المحيط واستشعار مايطرأ عليه من تغيرات ومثل هذه القابليات صارت في الأحياء الوحيدة الخلية من خصائص البروتوبلازم غير انها انتقلت الى الجهاز العصبي وأعضاء الحس الخاص في المتعددة الخلايا، ففي الفقريات تصل المعلومات عن المحيط الخارجي من المستقبلات الي الجهاز العصبي المركزي عبر الالياف العصبية الحسية ويستجيب اليها الحيوان بسيالات عصبية من العصبات المحركة الى المنفذات (العضلات والغدد)، وتكون الاستجابات بسيطة على هيئة منعكسات اذا تمت بمستوي الحبل الشوكي من غير أن يتدخل الدماغ، وذلك لكون رد الفعل السريع يجنب الحيوان الخطر ولايحتاج الى تفكير. أما في حالة تدخل الدماغ فأن الاستجابة تأخذ شكلا معقداً كما يحدث في سلوكيات غريزية تحسباً لظروف الشتاء كجمع الغذاء او الهجرة الى اماكن مناسبة. قد تأخذ الاستجابة شكلاً تكيفيا مثل السبات او نمو الفراء بغزارة أو بناء المساكن وتبدل في عادات التغذية والملبس كما يحدث عند البشر.

قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة الثانية الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

التنفس الخلوي Cellular Respiration

أن أهم ما يميز الكائن الحي هو حاجته الدائمة للطاقة وان وان لم يقم بأية فعالية ظاهرة لان انقطاع مصدر الطاقة عن الكائن الحي معناه الموت . وتعد نتائج هضم الغذاء (التي يأتي الكلوكوز في مقدمتها من حيث الأهمية وسهولة الحصول على الطاقة منه) المصدر النهائي للحصول على هذه الطاقة.

إن الطاقة لا تتحرر مباشرة وانما تمر بسلسلة من الخطوات الصغيرة ، حيث تجرى (٣٠) خطوة مختلفة لتحويل جزيئة واحدة من سكر العنب الي ماء وثاني اوكسيد الكاربون لتحرير الطاقة. وتجرى بعض هذه الخطوات اكثر من مرة ولذلك العدد الكلي للخطوات التفاعلية (١٤٠) خطوة. وليست الخطوات التفاعلية الثلاثين عشوائية فلكل خطوة منها خميرة خاصة اضافة لوجود الكثير من مساعدات الخمائر وتترتب الخمائر ومساعداتها بحيث أن المنتوج من خميرة معينة يكون مادة التفاعل بمساعدة الخميرة التالية.

وتسير الجزيئات المشتقة من سكر العنب من خميرة الى اخرى في السلسلة. ويطلق على سلسلة التفاعلات التي تتم بمساعدة هذه الخمائر بالطريق الايضي (Metabolic Pathway) وتحتوي الخلية الواحدة على المئات من هذه الطرق سواء ما كان منها مسهما في تحليل جزيئات الغذاء ام ما كان منها مسهما في بناء المكونات الخلوية الجديدة.

ان تحليل جزيئة سكر عنب واحدة بصورة كاملة يتطلب ثلاث طرائق أيضية متميزة ولكنها متداخلة وهي:

١ - التحلل السكري Glycolysis

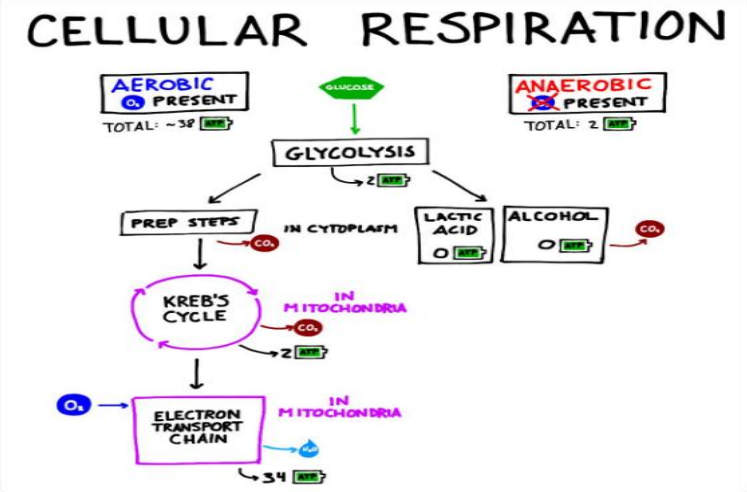
٢ - دورة كريبس Krebs Cycle

٣ - سلسلة الفسفرة التنفسية Respiratory chain phosphorylation

اولاً : التحلل السكري:

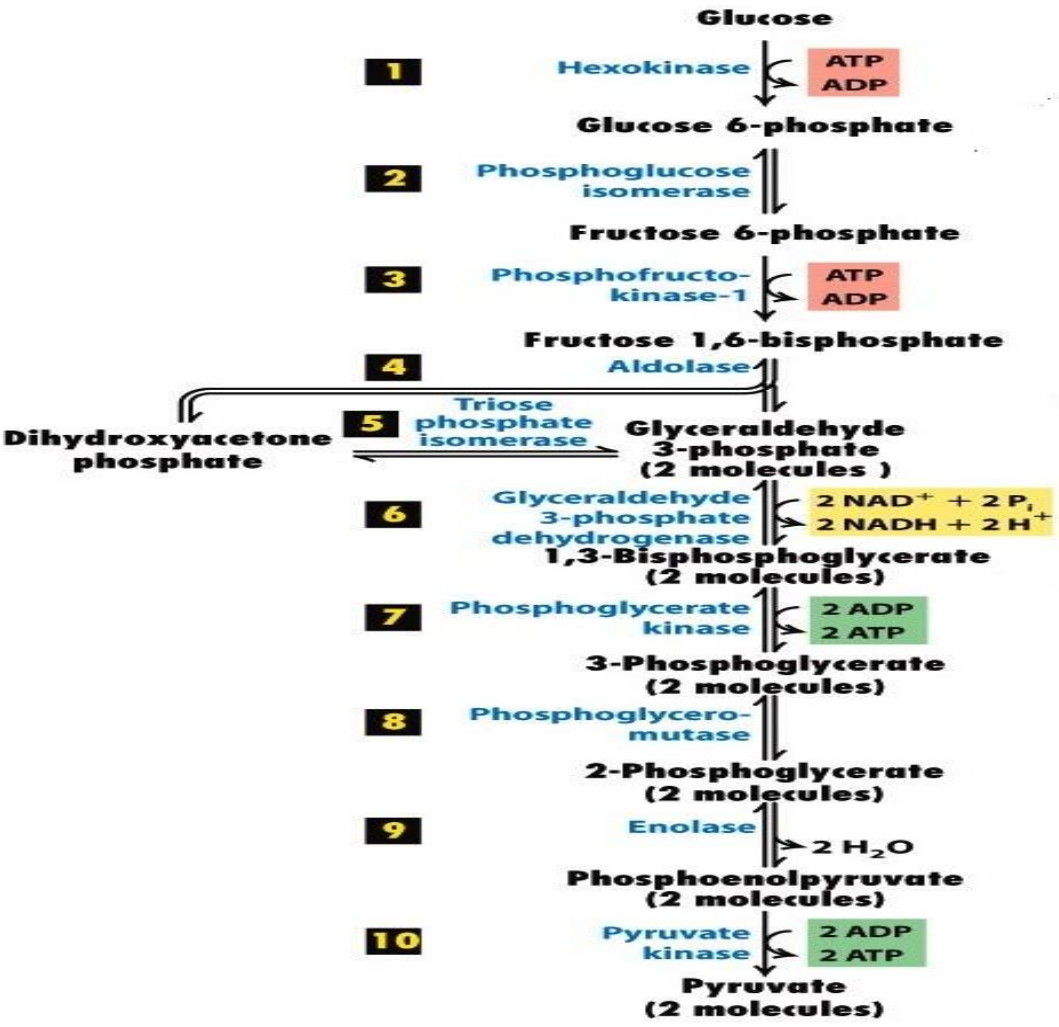
ويسمى هذا الطريق ايضاً طريق اميدن، ماير هوف (Meyerhob - Embden) العالمين اللذين شخصا جميع المركبات الوسيطة لهذا الطريق عام ١٩٣٠. ويشمل هذا الطريق عشر خطوات تحفزها عشر خمائر ويستهلك فيه جزيئتان من ثالث فوسفات الادينوسين في خطوتين من الخطوات الثلاث الأولى ، وليس غريبا إن يستهلك بعض من الـ (ATP) في عملية وجدت أساسياً لانتاج الـ (ATP) ذلك لان الهدف الرئيس من استخدام الـ (ATP) داخل الخلية هو تسهيل التفاعلات الخلوية ، حيث تعمل مجاميع الفوسفات المشتقة من جزيئات الـ (ATP) على تفكيك قيد الالكترونات من الجزيئات العضوية ونقلها من الحالة الخاملة الى الحالة الفعالة ومنتوج هذا الطريق هو انشطار جزيئة سكر العنب الى جزيئتين من حامض البايروفيت (الشكل الأيوني لحامض البايروفيك) وتنتج جزيئتان من الـ (ATP) حيث تكونت اربع جزيئات من الـ (ATP) اثنتان عوضت عما استهلك منها.

يدخل حامض البابروفيت هذا بوجود الأوكسجين الطريق الايضي الثاني (دورة كربس) ويكون المنتوج عند غياب الأوكسجين حامض اللبنيك الذي يعد تراكمه ضارا في الكائنات التي تعتمد على الأوكسجين في تنفسها ، ويتحول حامض البايروفيت في بعض الخلايا الخاملة، الى كحول اثيلي وثاني اوكسيد الكاربون.



يطلق مصطلح التنفس الهوائي على الطريقين الاول والثاني والثالث لأنهما يحتاجان الى الاوكسجين. بينما لايحتاج الطريق الأول اليه ولذلك يطلق عليه التنفس اللاهوائي. ويجري التحلل السكري في السايتوبلازم لأن خمائره الخاصة موجودة هناك بينما يجري الطريقان الاخران في داخل المايتوكوندريا حيث توجد خمائرهما هناك.

التحلل السكري

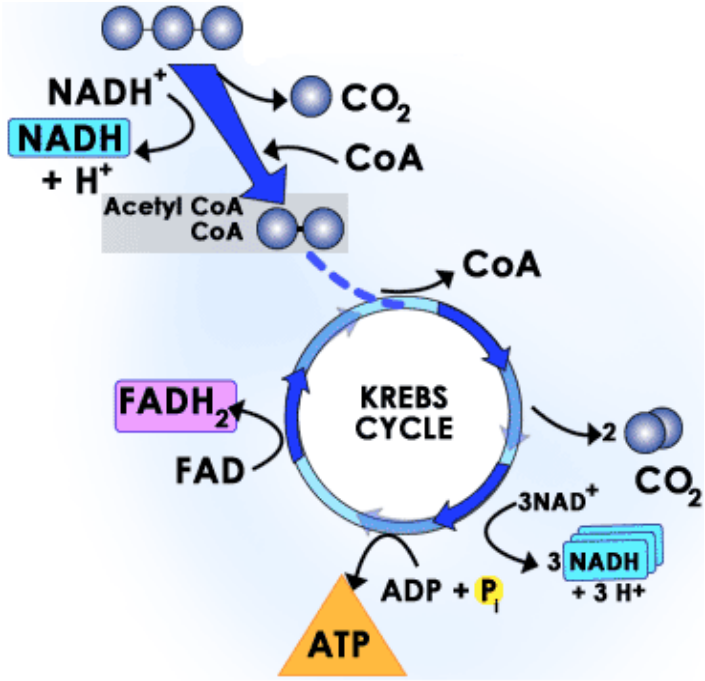


ثانياً: دورة كريس Krebs Cycle:

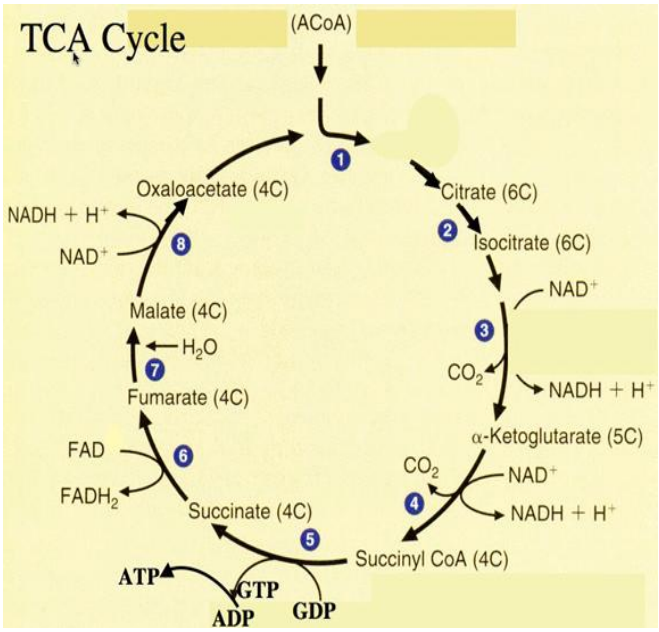
تفقد جزيئة البايروفيت جزيئة من ثاني أوكسيد الكاربون ثم يتحد المنتوج بالخميرة المساعدة Co - A لتكوين مركب الأسيتايل كو - A. ويدخل هذا المركب في سلسلة تفاعلات دورة كريس التي يجري خلالها انتقال ذرات الهيدروجين و الكتروناتها المقترنة بها الى مساعد الخميرة (+ NAD) منتجة مساعد الخميرة المختزل NADH لذلك يمكننا القول ان اهم وظيفة لدورة كريس هي تكوينها مساعدات الخمائر المختزلة. أن منتوج تحلل جزيئة سكر عنب واحدة في دورة كريس هو 2 ATP و$4CO_2$ و 8 (2H).

Krebs Cycle

Acetyl CO-A ——————— 4(2H) + ATP + $2CO_2$



دخول الحامض البايروفي دورة كربس



دورة كربس

ثالثاً: سلسلة الفسفرة التنفسية:

ويتضمن هذا الطريق الايضي نوعين مستقلين من التفاعلات هما:

١ . انتقال الكترون ٢ . الفسفرة.

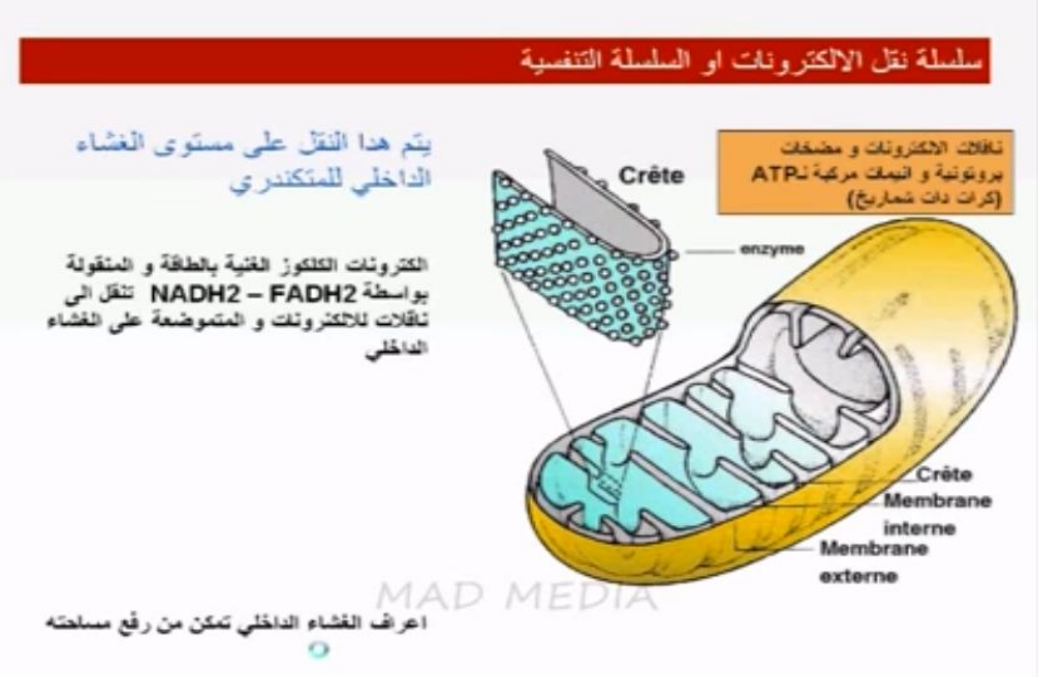
تمر الكترونات ذرات الهيدروجين المأخوذة من تفاعلات دورة كريس من حامل لها الى حامل اخر. وتعرف هذه الحاملات بالسايتوكرومات (اغلبها بروتينات تحتوي على الحديد). ويتناوب كل حامل بين الحالة الاختزالية والتأكسدية. ويعد الأوكسجين اخر مست للالكترون ويختزل بشكل دائم مكوناً الماء وهذا ما يفسر الحاجة الدائمة للاوكسجين في عملية التنفس الهوائي. يفقد الالكترون بعض طاقته عند كل عملية انتقال من سايتوكروم الى اخر. و تستخدم هذه الطاقة لتحويل جزيئات ثاني فوسفات الأدينوسين الي ثالث فوسفات الأدينوسين.

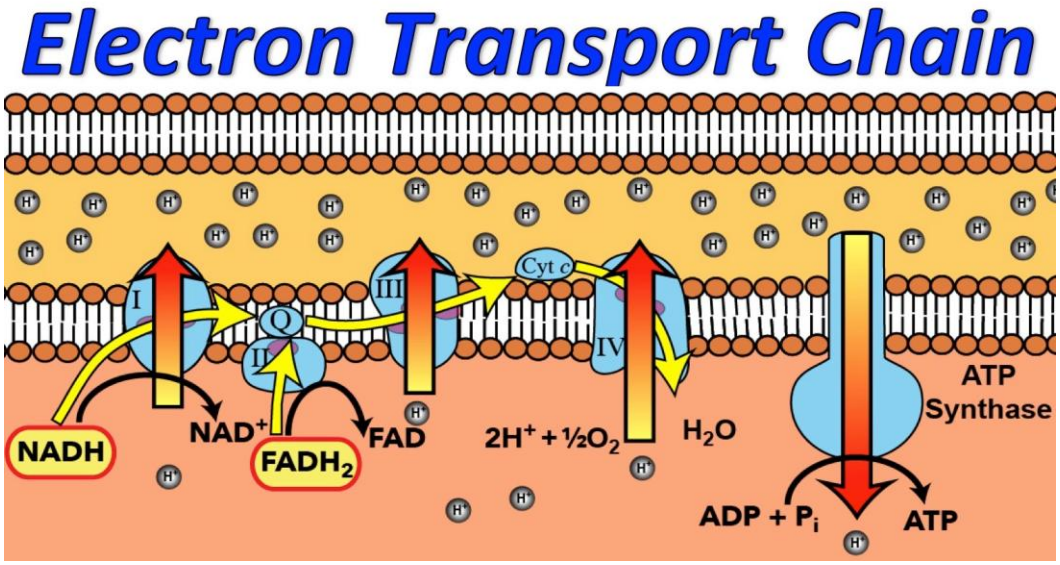
$$1/2\ O_2 \xrightarrow{2e\ (\text{من دورة كربس تحمله السايتوكرومات})} O + 2H \longrightarrow H_2O$$

$$ADP + PI = ATP$$

ويتضح من المعادلة السابقة أن ما يسمى بسلسلة الفسفرة التنفسية هو بأختصار عملية صنع (ATP) من الـ (ADP) نتيجة اكسدة ذرات الهيدروجين الحاصلة من مرحلتي تحلل السكر ودورة كربس. وهي الوسيلة الرئيسة للحصول على الطاقة المفيدة لمعظم الخلايا الحية. وتحصل الخلايا من هذا الطريق على حوالي ٩٠% من الطاقة المفيدة التي يمكن ان تتحرر من جزيئات السكر أو جزيئات المواد الغذائية الأخرى بالمقارنة مع ٥ % من الطاقة المفيدة حاصلة من التحلل السكري واخري من دوره كربس مباشرة.

تحصل الخلية في حالة حرق جزيئة سكر عنب واحدة على ٣٤ جزيئة من الـ (ATP) خلال سلسلة الفسفرة التنفسية بمقارنتها باربع جزيئات تحصل عليها الخلية بصورة مباشرة من مرحلتي تحلل السكر ودورة كربس.





نقل الطاقة Energy Transfer

تقوم جزيئات ثالث فوسفات الأدينوسين (ATP) بحمل الطاقة التي تحررت من عمليات الهدم الى التفاعلات التي تحتاج هذه الطاقة خلال فعاليات الجسم المختلفة. وتعتبر جزيئات ثالث فوسفات الأدينوسين الغنية بالطاقة مصدراً لـ ٤٥% من الطاقة المفيدة بينها تتحرر ٥٥% الأخرى من الطاقة من جزيئات الغذاء بشكل حرارة وتعود الطاقة المخزونة المفيدة في هذه الجزيئات الى المحيط بصورتين.

١. حرارة مباشرة. ٢. عمل آلي.

قد يكون عملاً ظاهرياً كالحركة ورفع الأشياء والكلام وقد يكون داخلياً كحركة القلب والقناة الهضمية أو يكون كيمياوياً كالنمو وبناء المركبات العضوية وتغادر هذه الطاقة في نهاية الأمر بشكل حرارة أيضا.

تتألف جزيئة ثالث فوسفات الأدينوسين من قاعدة نايتروجينية (الأدنين) وسكر احادي، خماسي الكاربون (الرايبوز) وثلاث مجاميع من الفوسفات ترتبط مجاميع الفوسفات في جزيئات ثالث فوسفات الأدينوسين بعضها ببعض بأواصر تكون الاثنتان الاخيرة منها ذات طاقة عالية وتنفصم احدى هاتين الآصرتين في عملية التحلل المائي للجزيئة وتتحرر كمية من الطاقة تقدر بحوالي (٨) كيلو سعرة. ويتحول ثالث فوسفات الأدينوسين الى ثاني فوسفات الأدينوسين (ADP). وتتحرر (٨) كيلو سعرة اخرى عند انفصام الاصرة النهائية الثانية يتحول بعدها ثاني فوسفات الأدينوسين الى اول فوسفات الأدينوسين (AMP). ويعد كلا التفاعلين من التفاعلات الراجعة. فعندما تضاف مجموعة فوسفات الى الـ (AMP) يتحول الى (ADP) وعند اضافة مجموعة فوسفات الى الـ (ADP) يتحول الى (ATP).

وتوجد في العضلات جزيئات فوسفاتية ذات طاقة عالية ايضا هي فوسفات الكرياتين (CreatinPhosphate - CP). ولا يمتلك هذا المركب القدرة على اعطاء طاقته مباشرة الى التفاعل الذي يحتاجه كما يفعل ثالث فوسفات الأدينوسين، ويقتصر دور فوسفات الكرياتين على خزن الطاقة الفائضة ليعطيها وقت الحاجة الى جزيئة الـ (ADP) الذي يتحول حينذاك الى (ATP) ويحصل ذلك بعد انفصام الأصرة الوحيدة التي تربط حزينة الفوسفات الوحيدة بجسم المركب وتتحرر طاقة مقدارها (٩) كيلوسعرة ويعد هذا التفاعل من التفاعلات الراجعة أيضاً. وتخزن الطاقة على هيئة فوسفات الكرياتين عندما يتوافر فيض منها في الخلية. حيث تمنح جزيئات ثالث فوسفات الأدينوسين مجاميعها الفوسفاتية الى الكرياتين ليتحول الى فوسفات الكرياتين وتتحول هي الي ثاني فوسفات الأدينوسين.

ولاتعد جميع المركبات العضوية الفوسفاتية جزيئات ذات طاقة عالية. فالكثير منها كالكلوكوز -٦- فوسفات جزيئات تحمل طاقة قليلة. حيث أن تحللها مائياً ينتج من ٢ - ٣ كيلو سعرة / مول بالمقارنة مع جزيئة الـ (ATP) التي تنتج عند تحللها مائياً من ٨ - ١٠ كيلوسعرة / مول.

قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة الثالثة الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

الجهاز الإخراجي والكلية Excretory and The Kidney

التوازن المائي والملحي

* المحتوى المائي واللحي للأنسجة يبقى ثابت عادةً ولا يغيير وإن تغير في حدود ضعيفة.

* كمية الماء تحدد فعاليات الخلايا لأن الأفعال الحيوية والفسيولوجية تتطلب وسط سائل هو الماء.

* يؤلف الماء حوالي ثلث وزن الجسم، وإن انخفضت النسبة يؤدي ذلك إلى انخفاض الفعاليات الحيوية.

* النسب المئوية للماء في الجسم اللبائن ٦٥%، الضفادع ٧٨%، الإنسان ٧٠%، سمك البحر ٨٢% الدجاج٧٤%، قنديل البحر ٩٥%.

* والحيوان المتمتع بصحة جيدة هو الذي يستطيع تنظيم وسطه الداخلي وبعكسه يكون مريضاً بسبب عطل في بعض الأعضاء والأجهزة المسؤولة عن تنظيم وخزن الماء مثل مرض السكري الكاذب Diabetes insipidus الذي ينتج عن قلة إفراز الهرمون مانع التبول Antidiuretic Hormone ADH، ويعمل هذا الهرمون على:

  ١. يقلل من تكون البول.
  ٢. يزيد من ضغط الدم في الشرايين لأنه يضيق الأوعية.

* وسبب المرض هو عطل أو تحطم في قسم من منطقة تحت المهاد Hypothalamus حيث يصنع هذا الهرمون و يخزن في النص الخلفي للغدة النخامية Posterior Patiutary و يؤدي إلى زيادة في التبول وعطش شديد.

* وسببه أيضاً أورام سرطانية في تحت المهاد Hypothalamus.

* عجز في قشرة الغدد الكظرية Adrenal cortical Insufficiency.

* أمراض الكلية Renal disease.

* التهاب الأمعاء Interitis.

الكحول : مضاد فعال لـ ADH لذلك بتبول الشخص بكميات كبيرة بفعل تأثيراته المثبطة لإفراز هذا الهرمون ، وتتوسع الأوعية الدموية (يحمر الوجه).

* يجب أن نفرق بين السكري الكاذب ومرض السكري Diabetes Mellitus الذي يتميز بـ

* معدل السكر في الدم = من ١٢٠ إلى ١٨٠ ملغم / ١٠٠ سم ٣ في الدم.

* زيادة سكر الدم تسمى Hyperglycaemia.

* ويؤدي إلى زيادة التبول وعطش شديد.

سبب المرض إزالة أو عطل جزيرات لانجرهانس Isletes of Lingerhans في البنكرياس التي تفرز هرمون الأنسولين Insulin.

تنظيم كمية الماء والأملاح في الجسم يتم بواسطة.

الكليتان والجلد في الانسان بالاضافة الى الخياشيم والغدد الخضر في الحيوانات. يتم التنظيم بطريقة: التنافذ (Osmosis) بالنسبة للماء النقل الفعال Active transport الانتشار Diffusion بالنسبة للأملاح تطلق كلمة Osrmoregulation أو التنظيم الأوزموزي على عملية تنظيم المحتوى المائي او الملحي.

التوازن المائي Water Balance

يفقد الجسم الماء ويكتسبه بطرق مختلفة، ولكي تبقي كمية الماء ثابتة في الجسم يجب أن تكون كمية الماء المكتسبة تساوي كمية الماء المفقودة.

أ - طرائق اكتساب الماء من قبل الجسم.

١) ماء التاكسد oxidation water.

ينتج من اكسدة المواد الغذائية داخل الخلايا وتحويلها إلى ماء و CO_2 (كل غرام من الجلوكوزينتج ٠,٦ ملي / لتر ماء وكل غرام من الشحوم ينتج ١ ملي/ لتر ماء وكل غرام من البروتينات ينتج ٠,٤٢ ملى / لتر ماء). ويسمى الماء الناتج من الأفعال الحيوية Metabolic water ويشكل حوالي ٥ - ١٠% من مجموع الماء في الجسم.

* يكون ماء تأكسد الشحوم أكثر من ماء تأكسد البرتينات إضافة إلى أن طرح الفضلات النايتروجينية للبروتينات يحتاج إلى فقدان كمية من الماء في البول بينما الشحوم لا تنتج فضلات نايتروجينية.

* تقدر كمية ماء التأكسد في الإنسان بحوالي ٣٤٠ غم في اليوم.

* بعض الحيوانات مثل جرذ الكنغر Kangaroo Rat تستغني تماماً عن تناول الماء وتكتفي بماء التأكسد لسد حاجتها.

٢) الماء الموجود في الطعام Food Water.

يختلف باختلاف نوع الطعام فمثلاً الخضر والفواكه ، والحليب تحتوي على ٦٠-٩٠% ماء، الحيوانات التي تعيش في المراعي الخضراء لا تحتاج أحياناً إلى شرب الماء.

٣) ماء الشرب Drinking water مهم لانه الوسيلة الوحيدة التي تنظم كمية الماء في الجسم حيث ليس للانسان والحيوان السيطرة على تحديد كمية ماء التأكسد او ماء الطعام تحت الظروف الاعتيادية.

يشرب الانسان الماء استجابة لحافز العطش Thirst stimulus: إن ظاهرة العطش غير مفهومة فسيولوجياً ولكنها تؤدي إلى :

* جفاف الفم والبلعوم نظراً لقلة إفراز اللعاب (ويكون الشعور بالجفاف مؤلماً وقوياً في الإنسان).

* لقد أظهرت الدراسات وجود مركز متخصص للعطش Thirst center يقع في القسم الوسطي من تحت المهاد Medial part of the hypothalarnus في قاعدة المخ.

* تحفيز خلايا هذا المركز كهربائياً يجعل الحيوان يفتش عن الماء بالرغم من عدم حاجته.

* حقن محلول ملحي في هذه المنطقة للدماغ يحفز الحيوان على شرب الماء بالرغم من عدم حاجته إليه.

* عند انخفاض ماء الجسم يزداد الضغط الأوزموزي للدم ويؤدي إلى زيادة تحفيز خلايا مركز العطش فيؤدي إلى الشعور بالعطش.

ب) طرق فقدان الماء من قبل الجسم:

١) في هواء الزفير والرئتان.

* خروج هواء مشبع بالماء عند الزفير نتيجة التبخر الحاصل في سطح الحويصلات الرئوية والمجاري التنفسية.

* تزداد كمية الماء المفقودة في الزفير بزيادة الحركات التنفسية وبانخفاض رطوبة الهواء الجوي.

* كمية الماء المتبخر من سطح الرئتين = كمية الماء في هواء الزفير - كميته في هواء الشهيق

(في الإنسان = ٣٠٠ غم في اليوم).

٢) التبخر من سطح الجسم (التعرق).

* يتبخر الماء من سطح الجسم بصورة دائمة وبكميات قليلة عن طريق التعرق غير المحسوس Insensible perspiration (كميتها لا تتجاوز ١ / ٢ لتر في الإنسان في اليوم).

* عند التعرق الشديد تصل الكمية إلى حوالي ١٠ - ١٥ لتر في اليوم في الإنسان.

* يزداد التبخر في الجو الحار وعند ممارسة الأعمال الشاقة ووجود ريح عالية.

٣) الماء المطروح مع البراز.

* تعتمد كميته على نوع الطعام وتزداد مع الطعام النباتي.

* في الأبقار تصل كمية الماء المطروحة إلى ٢٠ - ٤٠ لتراً في اليوم.

* عند الإسهال تزداد كمية الماء المطروحة ويتعرض الجسم إلى حالة الجفاف نتيجة فقدان كميات كبيرة من الماء كما في مرض الهيضة (الكوليرا)

٤) الماء المطروح عن طريق التبول.

يتحكم الجسم فسيولوجياً بكمية البول حيث يبقي كمية الماء في الجسم ثابتة لذلك يجب ان يكون حجم الماء المكتسب = حجم الماء المفقود.

* لا يمكن للجسم التحكم إلا بكمية ماء الشرب وفسيولوجيا بكمية البول لتنظيم ماء الجسم.

* عند حرمان حيوان من الماء تطرأ تغيرات للاحتفاظ بأكبر كمية من الماء في الجسم وانخفاض في معدل البول وتلعب المواد الذائبة في البول وقابلية خلايا الكلية على تركيز البول دوراً كبيراً في تحديد حجم البول.

تنظيم طرح الماء في البول.

* يتم طرح البول عن طريق الكليتين وينظم عن طريق هرمون مانع التبول ADH.

* يصنع ADH في منطقة تحت المهاد Hypothalamus في الدماغ.

* يخزن في الفص الخلفي للغدة النخامية Posterior pituitary ويعمل الهرمون من خلال تأثيره على نفرونات الكلية Nephrons مسبباً زيادة في إعادة امتصاص الماء Reabsorption مقللاً بذلك حجم البول .

* عند حرمان الحيوان من الماء يتحفز الفص الخلفي للغدة النخامية لإفراز الـ ADH الذي ينقل عن طريق الدم إلى الكلية فيسبب انخفاض البول لإعادة امتصاص كميات من الماء وبالعكس عند إعطاء كميات كبيرة من الماء.

السوائل الجسمية Body Fluids.

إن نسبة عالية من وزن الجسم يكونها الماء مذابة فيه مواد مختلفة ويسمى الماء والمواد المذابة فيه بالسوائل الجسمية. للسوائل الجسمية أهمية كبيرة في حالة صحة الإنسان والحيوان أو مرضه، تبقى السوائل الجسمية ثابتة الحجوم والتراكيب و اذا تغيرات انحرفت صحة الفرد (مما يدل على وجود مرض). في الكوليرا يفقد الجسم كمية كبيرة من سوائله على شكل قيىء أو إسهال، وفي مرض الإسهال الصيفي Summer diarrhical في الأطفال يفقد الجسم كمية من سوائله.

أقسام السوائل الجسمية Fluid compartment of the body.

تقسم إلى ما يلي:

١. السائل داخل الخلايا Intracellular fluid يبلغ ٥٠% من وزن الجسم.

اغشية الخلايا تملك قابلية عالية في النفاذية بشكل يسمح بمرور بعض الأيونات ويمنع مرور اخرى.

٢. السائل خارج الخلايا Extracellular fluid يبلغ ٢٠ % من وزن الجسم . ويقسم إلى:

أ - مصل أو بلازما الدم Plasma يبلغ ٥%.

ب - السائل البيني Interstitial يبلغ ١٥% يفصل بين القسمين جدار الأوعية الدموية.

ج - السوائل الجسمية الخاصة مثل:

١- السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal fluid.

٢ - السائل المفصلي Synovial fluid.

٣ - السائل العيني Aqueous hurnor.

٤ - سائل القناة الهضمية (العصارات الهاضمة).

٥ - سائل الصفراء.

٦ – البول.

أغشية الخلايا الجسمية .

تتمتع اغشية الخلايا (عدا بطانة الأوعية الدموية) على قابلية إنتخابية عالية في مرور الأيونات High selective permeability إضافة إلى النقل الفعال Active transport. أما بطانة الأوعية الدموية فتتميز بأنها:

١ - لا تسمح بمرور كل من خلايا الدم الحمر RBC ونسبة عالية من بروتينات مصل الدم Plasm proteins والمواد ذات الوزن الجزيني العالي.

٢ - تسمح بمرور الأيونات غير العضوية Inorganic ions والماء Water والمواد ذات الوزن الجزيني الواطىء . وتتأثر عملية التبادل المستمر بين مصل الدم والسائل بحركة القلب وضغط الدم . ويتأثر تركيز السوائل داخل وخارج الخلايا بما يلي:

أ - النفاذية الإنتخابية التي تتمتع بها اغشية الخلايا.

ب -النقل الفعال (مضخة ايونية Electrolyte pump بواسطتها يمكن نقل الأيونات من الخلايا ذات التركيز الواطيء إلى التركيز العالي) مثل إخراج ايون الصوديوم + Na من داخل الخلايا (تركيز واطيء) إلى خارجها (تركيز عالي). أو إدخال أيون البوتاسيوم + K من خارج الخلايا (تركيز واطيء) إلى داخلها (تركيز عالي).

أما حركة الماء فتم حسب ما يأتي:

* تخترق جزيئات الماء معظم الخلايا بسهولة (حسب الضغط).

* عند حقن حيوان بكمية من الماء في الوريد (I . V) يلاحظ:

إن زيادة ضغط الدم نتيجة وجود الماء تؤدى الى انتقاله إلى المسافات البينية ثم إلى داخل الخلايا وبعدها (يحدث توازن في التركيز لكافة السوائل الجسمية).

* حقن الماء بكميات كبيرة في الوريد يمكن أن يؤدي إلى موت الحيوان نتيجة لتشبع الخلايا بالماء ويعرف ذلك بالتسمم المائي Water intoxication.

* يحدث نفس الشيء عند حقن محلول مخفف من ملح الطعام Hypotonic Nacl.

* أما عند حقن محلول متعادل من ملح الطعام Isotonic Nacl (متعادل مع مصل الدم) فيسبب، توزيع الماء بشكل منتظم في الأجزاء المختلفة التي تحوي سائل خارج الخلايا والسائل الخلوي.

* أما حقن محلول مركز من ملح الطعام Hypertonic NaCl فيؤدي إلى سحب الماء إلى مصل الدم وحصول نقص في الماء الخلوي وجفاف الخلايا cellular dehydration.

تركيز السوائل الجسمية

إن تحديد انواع وتراكيز المواد المختلفة في

١. مصل الدم أو الكريات الحمر (سهل) بالحصول على عينات من هذه المواد.
٢. السائل البيني (معقد) نظراً لصعوبة الحصول عليه لأن المسافات بين الخلايا لا يتجاوز سمكها ١,٥ مايكروميتر (اقرب شيء إليه هو اللمف).
٣. السائل داخل الخلايا اكثر تعقيداً لأن النتائج التي تحصل عليها من النسيج لا تمثل السائل داخل الخلايا فقط وإنما السائل البيني ايضاً.

تتكون السوائل الجسمية من

* الماء والمواد المختلفة المذابة فيه.
* يختلف تركيب السائل داخل الخلايا عن السائل خارج الخلايا وبقية السوائل الجسمية.
* السائل داخل الخلايا غني بـ الأيونات الموجبة مثل أيونات البوتاسيوم +K (تشكل معظم الأيونات الموجبة) وأيونات الصوديوم والكاليسيوم والمغنسيوم +Na، ++Ca، ++Mg على التوالي.
* الأيونات السالبة العضوية - كالأحماض الأمينية والبروتينات والأحماض العضوية واللاعضوية مثل الكلور والبيكربونات والفوسفات والكبريت.

البلازما والسائل البيني

يتشابهان في التركيب عدا خلو المواد البروتينية في السائل البيني وتتكون من ايونات موجبة : + , ++Mg , Na+ , K+ , ++Ca وأيونات سالبة - CI (بصورة رئيسية) و - HPO4 و-HCO3 وقليلاً من الأيونات العضوية . أما السوائل الجسمية الخاصة فتتكون من الدم وهي في توازن ديناميكي مع الدم لكنها تختلف عن تركيب المصل . مثلاً العصارة المعدية : شديدة الحموضة (الجزء الأعظم منها ايونات موجبة مثل + H إضافة إلى + Na وهذان الأيونان الموجبان يتعادلان بواسطة - CI وكذلك + Na (حسب قانون تعادل الكهربائية)

المحيط الخارجي والمحيط الداخلي

المحيط الخارجي ويشمل:

الهواء بدرجة حرارته ورطوبته وكمية الأوكسجين فيه حيث يؤثر على الكائن الحي .

المحيط الداخلي وهو:

المحيط الذي يحمله الكائن الحي داخل جسمه و يتمثل بالسائل البيني الذي يحيط بكل خلية من خلايا الجسم والسوائل الأخرى التي في تبادل مستمر مع السائل البيني مثل السائل داخل الخلايا ، ومصل الدم، والسوائل الجسمية الخاصة . وأي إرباك في كمية وتركيب هذه السوائل تؤدي الى المرض واختلال التوازن.

أول من وضع فكرة السائل البيني العالم الفرنسي كلودبر نارد Claude Bernard الذي عاش في القرن الماضي حيث أشار إلى أن

* المحيط الخارجي كالهواء والماء لا يمثل المحيط الحقيقي لخلايا الجسم . لأن المحيط الحقيقي هو السائل البيني الذي يحيط بالخلايا وكذلك مصل الدم الذي هو في تبادل مستمر معه وقد سمي السائلين بالوسط الداخلي ليميزه عن الوسط الخارجي .

* وبالرغم من تغير المحيط الخارجي من وقت لآخر يبقى الوسط الداخلي ثابتاً بواسطة وسائل تنظيمية مختلفة .

* اطلق العالم الأمريكي والتركانون Walter Cannon كلمة ثبوت داخلي omeostasis على ثبات الوسط الداخلي للجسم مثل :

١ - درجة حموضة الدم pH ثابت = ٧,٤ عند انخفاضها عن هذا الحد يصاب الشخص بزيادة حموضة الدم Acidaemia عند ارتفاعها عن الحد يصاب الشخص بزيادة قاعدية الدم Alkalaemia وكلتا الحالتين مصحوبة باعراض شديدة مرضية كاضطراب التنفس والغيبوبة .

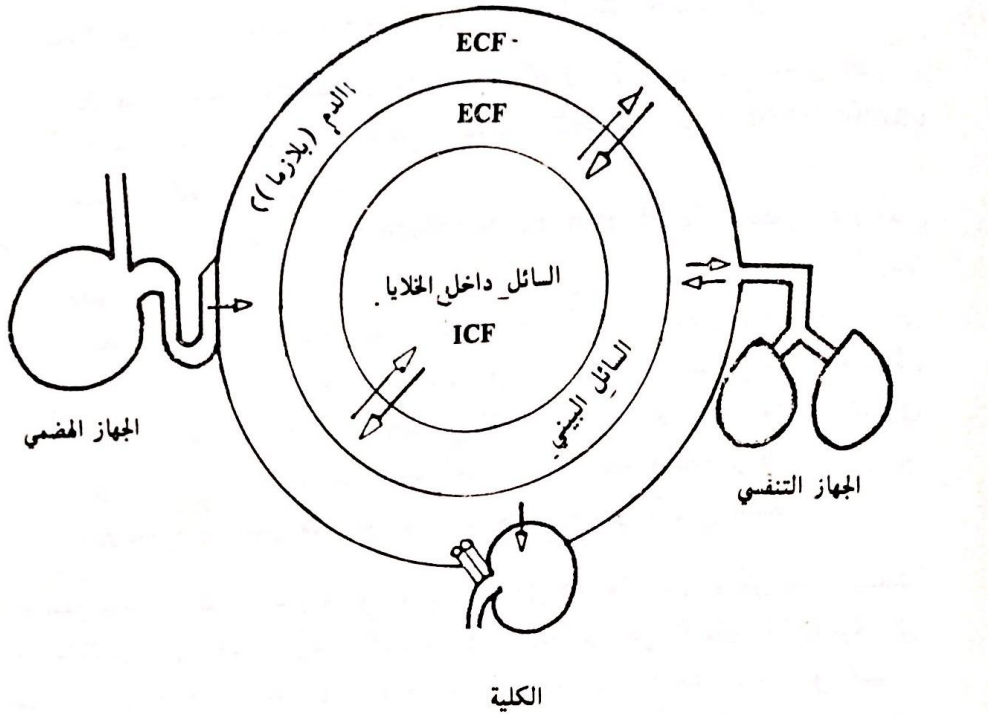
٢ - تركيز الكالسيوم في الدم (١٠ ملغم / ١٠٠ سم ٣) إذا تغير عن هذا الحد أدى إلى أعراض مرضية حادة .

٣ - كذلك تغير مستوى الكلوكوز في الدم ومستوى الصوديوم والبوتاسيوم في السوائل الجسمية وكمية الماء في الجسم .

تعتبر جميع هذه الحالات المرضية إرباك في السوائل الجسمية وتغير ثبوتية Constancy الوسط الداخلي للجسم اي تغيير في التوازن Homeostasis

التبادل بين السوائل الجسمية المختلفة :

يوجد تبادل مستمر بين المصل والسائل البيني وبين الاخير والسائل داخل الخلايا ولكن بالرغم من هذا التبادل الذي يتناول الماء والمواد المذابة فيه تبقى تراكيب السوائل الجسمية المختلفة متميزة عن بعضها وذلك بوجود الأغشية الفاصلة بين هذه السوائل الجسمية وهي الغشاء البلازمي الذي يفصل بين السائل داخل الخلايا والسائل البيني وجدران الأوعية الشعرية الدموية التي تكون حاجزاً بين المصل والسائل البيني. يتناول هذا التبادل الماء وجميع المواد المذابة فيه عدا البروتينات التي تلاقي جزيئاتها صعوبة في اختراق الأغشية الخلوية . ان التبادل بين المصل والسائل البيني اسهل من التبادل بين الأخير والسائل داخل الخلايا لذا فان المصل يشابه في تركيبه السائل البيني فيما عدا خلو الأخير من البروتينات.



رسم تخطيطي يوضح التبادل بين السوائل الجسمية المختلفة مع بعضها البعض ومع المحيط الخارجي في الحيوانات عموما

ومن جهة اخرى هناك فروق واضحة بين تركيب السائل البيني والسائل داخل الخلايا. يضمن التبادل الحر بين المصل والسائل البيني ايصال الأوكسجين والمواد الغذائية من الدم الى الخلايا وايصال الفضلات من الخلايا الى الدم تمهيدا لطرحها الى الخارج ، أم التبادل المقيد بين داخل وخارج الخلايا فيضمن للخلية اختيار المواد الضرورية وبالكميات اللازمة لحدوث الأفعال الحيوية المختلفة .

التبادل بين المصل والسائل البيني :

يحدث هذا التبادل عن طريق جدران الأوعية الشعرية الدموية لان جدران الشرايين والأوردة هي عضلية سميكة لاتسمح بمرور أية مادة خلالها بينما تتألف جدران الأوعية الشعرية الدموية من صف واحد من الخلايا الطلائية المسطحة. تسمح جدران الأوعية الشعرية الدموية بمرور الماء وجميع المواد المذابة فيه بسهولة كبيرة عدا المواد البروتينية.

تتحكم قوتان في تبادل السوائل بين المصل والسائل البيني هما :

١) الضغط الشعيري capillary pressure الذي يعمل على دفع مصل الدم الى خارج الأوعية الشعرية وتدعى العملية بالترشيح الفوتي ultrafiltration الخلو الراشح من البروتينات .

٢) الضغط الأوزموزي الغروي colloid osmotic pressure لمصل الدم الذي يعمل حسب القواعد الأوزموزية على ارجاع السوائل الى داخل الاوعية الشعرية الدموية. يعزي هذا الفرق في الضغط الأوزموزي على جانبي جدران الأوعية الشعرية الى التباين في تركيز البروتينات في المصل والسائل البيني وليس الى المحاليل الملحية في المصل لأن تراكيز هذه المحاليل متساوي على الجانبين بسبب نضوحية الجدران التامة لهذه المواد . آن تركيز البروتينات في المصل هو أكثر من تركيزها في السائل البيني بسبعة أضعاف.

يبلغ معدل الضغط الشعيري في الانسان حوالي ٢٥ ملم زئبق ولكن هذا الضغط غير متجانس على طول الوعاء الشعيري وانما يتضائل من النهاية الشريانية الى النهاية الوريدية حيث يبلغ في النهاية الشريانية حوالي ٣٥ ملم زئبق وفي النهاية الوريدية ١٥ ملم زئبق. اما الضغط الأوزموزي الغروي الذي سببه المواد البروتينية الموجودة في المصل فيبلغ حوالي ٢٥ ملم زئبق ايضاً وهو متساوي في جميع مناطق الوعاء الشعري. لاتسبب المواد المذابة الأخرى اي فرق في الضغط الأوزموزي على جاني جدران الأوعية الشعرية الدموية لأن تراكيزها متساوية على جانبي هذه الجدران بسبب نضوحية جدران الأوعية الشعرية لها سبقت الإشارة الى ذلك. بما أن الضغط الشعيري في النهاية الشريانية للوعاء الشعري الدموي يفوق الضغط الأوزموزي الغروي فان الماء والمواد المذابة فيه (عدا البروتينات بسبب اوزانها الجزيئية العالية) تخرج من الأوعية الشعرية الي مابين الخلايا اما في النهاية الوريدية فالعكس صحيح أي أن الضغط الأوزموزي الغروي يفوق الضغط الشعيري لذا فان الماء يدخل الى الأوعية الشعرية الدموية في هذه النهاية.

ان اول من اوضح دور هاتين القوتين في عبور السوائل خلال جدران الأوعية الشعرية الدموية هو عالم الوظائف الانكليزي ستارلينك Starling وذلك في بداية هذا القرن. لقد استطاع عالم الوظائف الأمريكي لاندس من قياس الضغط الشعري في المناطق من الوعاء الشعري وذلك في قاعدة الأظافر من اصابع اليد.

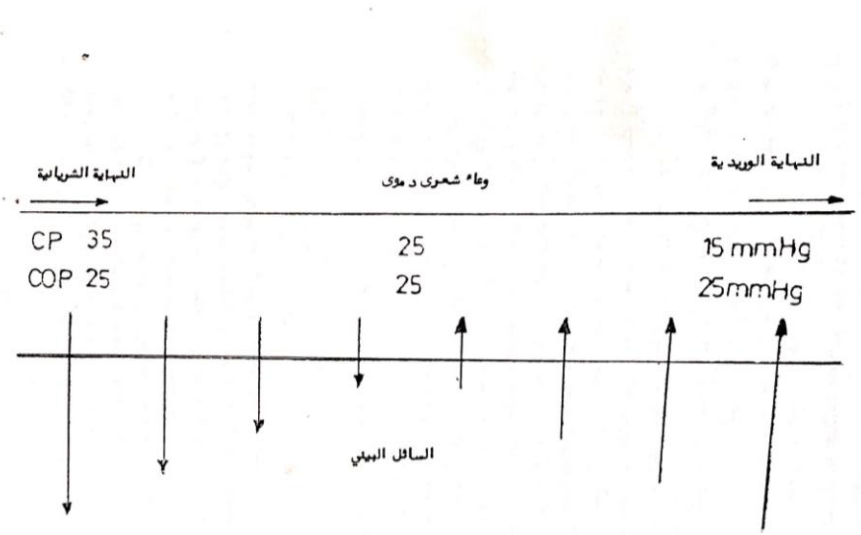
يشبه السائل الخارج من الوعاء الشعري مصل الدم في جميع مكوناته مع فرق واحد مهم وهو أنه لا يحتوي الا على كميات ضيئلة من المواد البروتينية. لا تستطيع الكميات القليلة من البروتينات المتسربة الى السائل البيني أن تعود الى الدم لذا فان هناك احتمال تجميع المواد البروتينية في السائل البيني لولا وجود الجهاز اللمفاوي الذي يعيد هذه المواد الى المجرى الدموي. لقد أظهرت القياسات بان تسعة أعشار السائل الذي يخرج من الأوعية الشعرية الدموية في النصف الأول من الوعاء يعود فيدخل الدم في النصف الأخير منه. اما العشر الباقي من هذا الراشح فانه ايضاً يعاد الى الدورة الدموية ولكن بواسطة الجهاز اللمفاوي، لذا فان حجم كل من المصل والسائل البيني يبقى ثابتاً في حالات الصحة و ان اي تبدل في قيم احدى هاتين القوتين (الضغط الشعيري او الضغط الأوزموزي الغروي) يؤدي الى ارباك في توزيع السوائل بين المصل والسائل البيني وبالتالي الي حدوث حالات مرضية خطيرة.

التبادل بين السائل داخل الخلايا والسائل البيني :

يستطيع الماء أن يخترق الغشاء البلازمي بدون اي عائق ويتبع في ذلك القوانين الأوزموزية أي انه ينقل من المحلول ذو التركيز الواطيء الى المحلول ذو التركيز العالي، فاذا قل تركيز السائل البيني او زاد عن تركيز محتوى الخلايا ادى ذلك الى دخول او خروج الماء الى ومن الخلايا على التوالي. إن أهم عامل وظيفي يؤثر على انتقال الماء بين داخل الخلايا وخارجها هو الفعاليات الحيوية لأن هذه الفعاليات تؤدي الى انتاج مواد ذائبة ذات تأثير اوزموزي مثل حامض اللبنيك lactic acid في العضلات والي ذلك يعزي انتفاخ وتصلب العضلات بعد الرياضة العنيفة نتيجة لتجمع الماء في الألياف العضلية ، تختلف سرعة تبادل الماء بين الداخل والخارج باختلاف الخلايا فهي عالية في الكريات الحمراء وكذلك في خلايا الكبد والمعدة أما العضلات الهيكلية والعظام فإن تبادل الماء فيها أبطا.

لقد سبقت الإشارة مرات عديدة بأن تركيز المواد المذابة على جاني غشاء الخلية مختلف تماماً. لاتستطيع البروتينات وغيرها من المواد ذات الجزيئات الكبيرة أن تخترق اغشية الخلية أما المواد المذابة الأخرى فهي في تبادل مستمر بين خارج الخلية وداخلها والعوامل المساعدة على هذا التبادل هي :

١) الانتشار البيط simple diffusion الذي هو نتيجة وجود فرق في التركيز أو في الجهد الكهربائي فتنتقل المواد من الجانب الذي تكون فيه بتركيز عالي الى الجانب ذو التركيز الواطيء او مع فرق الجهد الكهربائي.
٢) النقل الفعال active transport الذي يحتاج الى صرف الطاقة والذي يسمح بنقل المواد ضد فرق التركيز او ضد الجهد الكهربائي بالاضافة الى انتقالها بهذه الطريقة مع الفرق في الجهد الكهربائي - الكيميائي ايضاً.



القوى المتحكمة في تبادل السوائل بين الدم والسائل البيني CP الضغط الشعيري

COP الضغط الازموزي الغروي

تستطيع المركبات العضوية ذات الأوزان الجزيئية الواطئة مثل اليوريا والأحماض العضوية والأحماض الأمينية والكلوكوز أن تخترق غشاء الخلية بحرية بالانتشار البسيط او النقل الفعال، لذا فانها لاتسبب فرقاً في الضغط الأوزموزي على جاني غشاء الخلية. أما الأيونات وبصورة خاصة ايونات الصوديوم والبوتاسيوم فانها تلاقي صعوبة كبيرة في العبور خلال الغشاء البلازمي بينما هي تخترق جدران الأوعية الشعرية الدموية بسهولة. تقوم الخلية بطرد ايونات الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم وبذلك يمكن ابقاء تراكيز هذه الأيونات داخل الخلايا أوطأ من تراكيزها في السائل البيني. اما البوتاسيوم فانه على العكس يركز داخل الخلايا.

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.

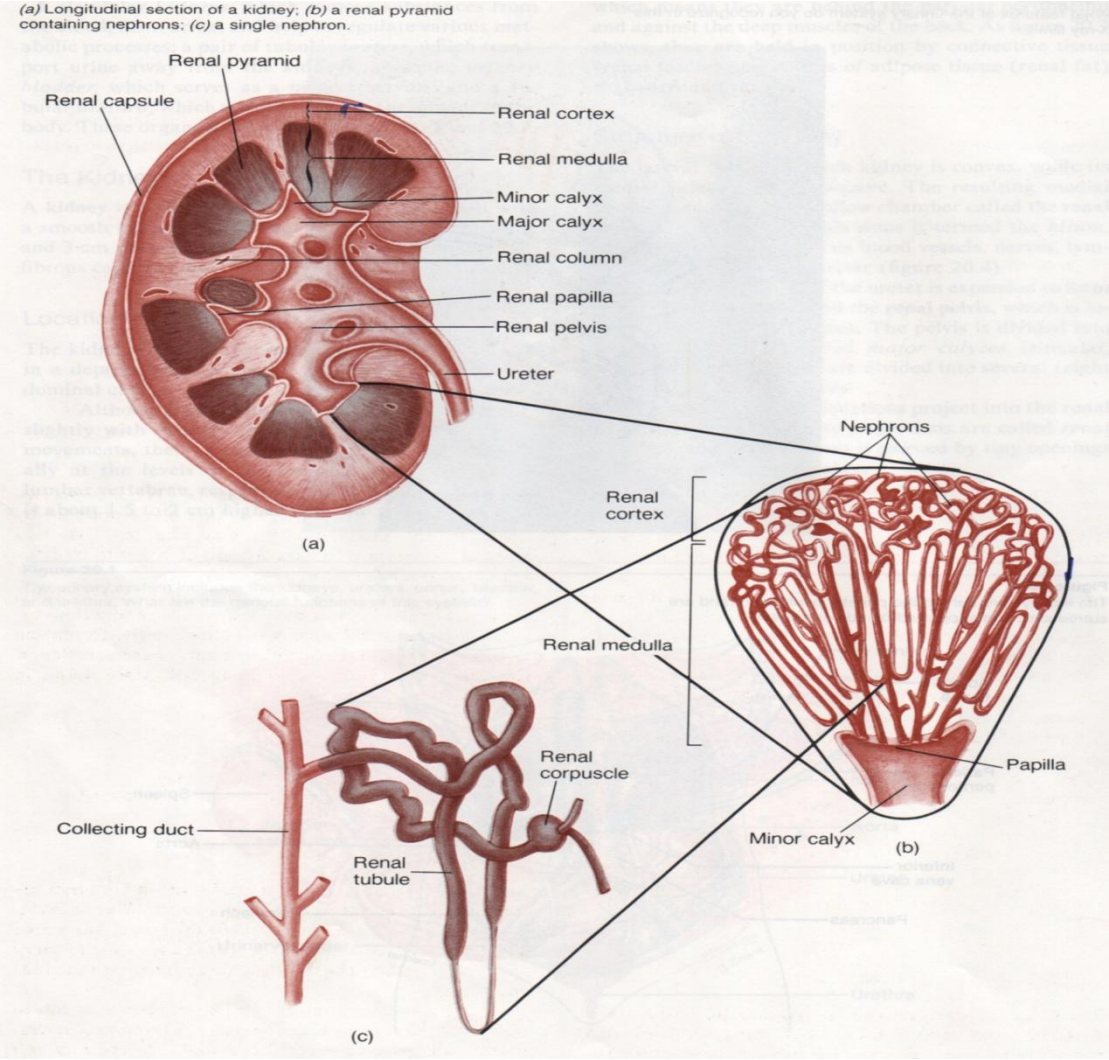
تشريح الكليتين Anatomy of the kidney

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:

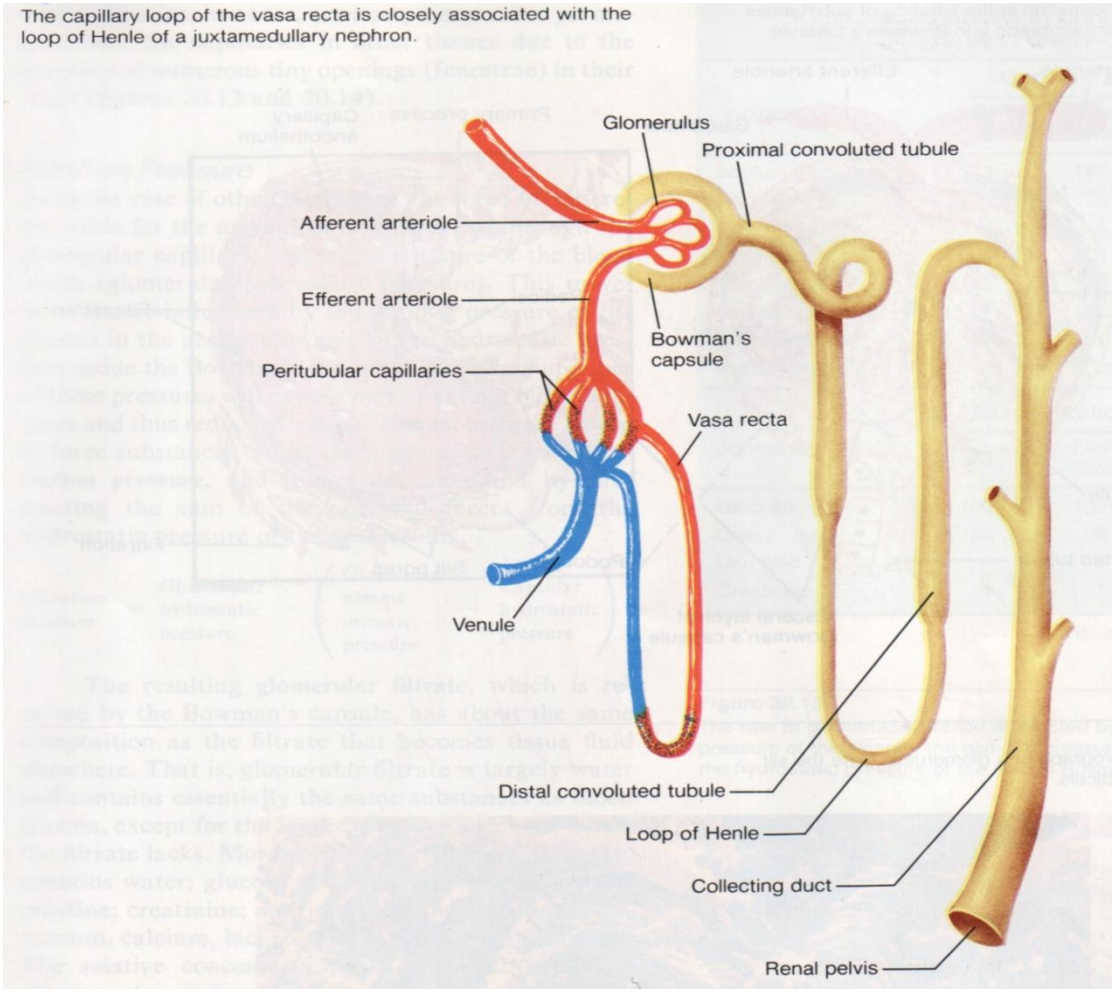
أ - مفصص Lobulated مثل الدجاج والأبقار

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.

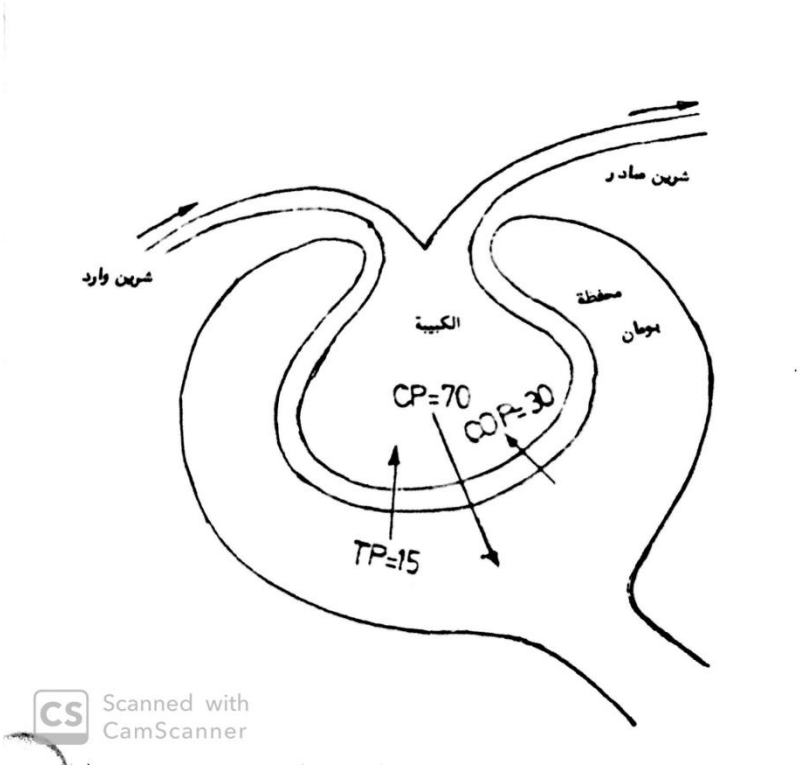
* إن الحد الأعلى للوزن الجزيئي الذي يمكن الترشيح هو حوالي ٣٥٠٠٠.

* 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 نفرونات 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^3 / دقيقة.

يتم في الأنبوبة الملتوية السفلى وفي الأنابيب الجامعة امتصاص ١٤ سم^3/ دقيقة من الماء لذلك لا يتجمع في حوض الكلية سوى ١ سم^3 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 $PO_4^=$.

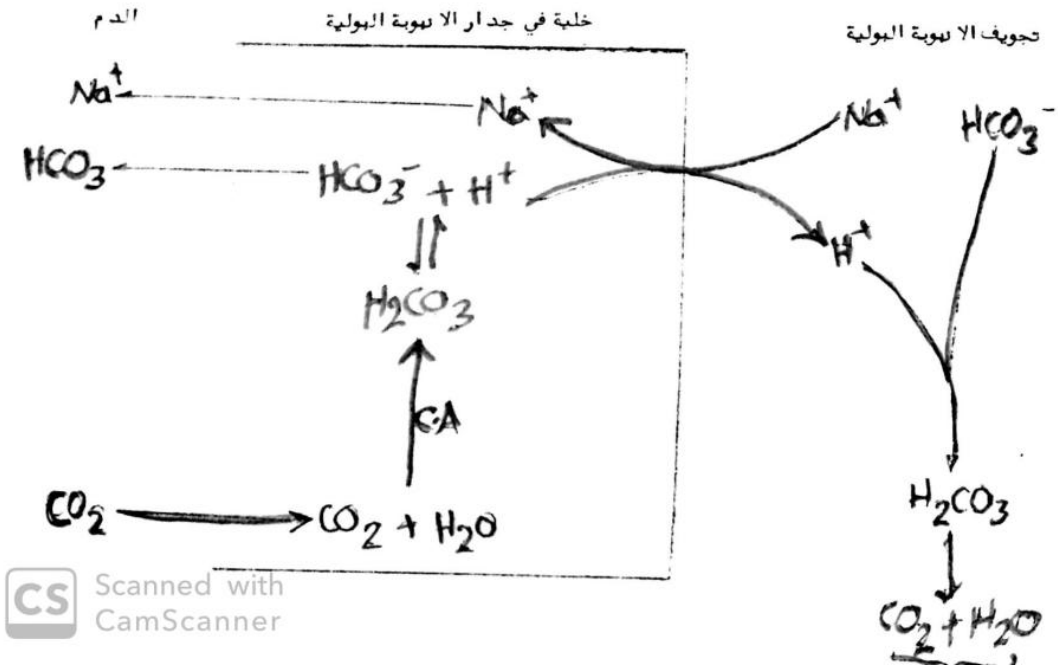
$$PO_4^= + H^+ \text{ -------- } HPO_4^- + Na^+ \text{ --------- } NaHPO_4$$

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.

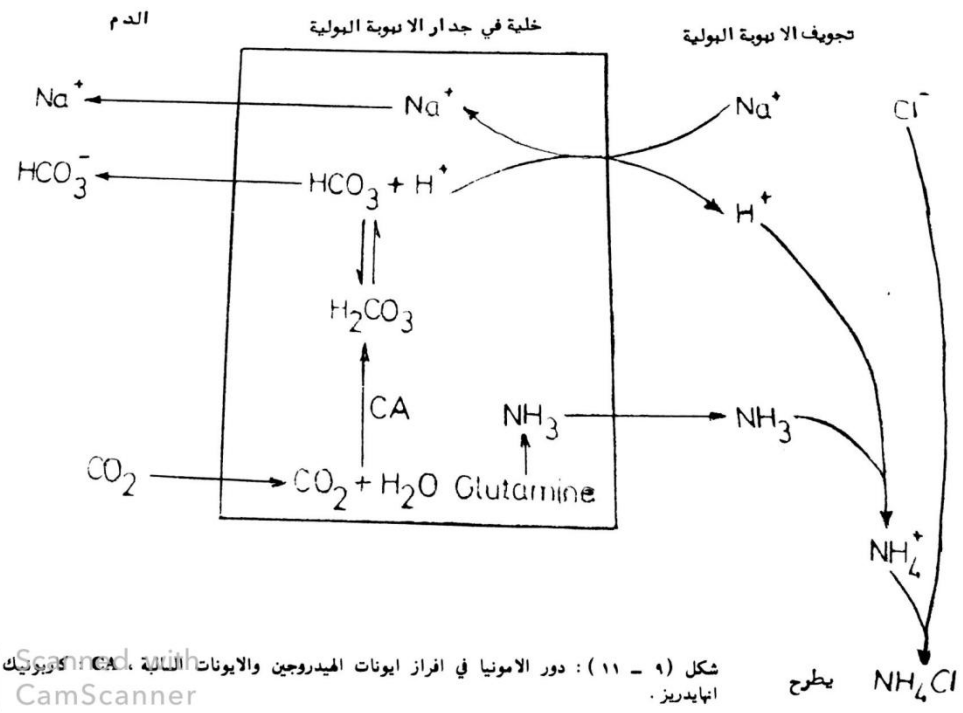
إفراز مواد أخرى:

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

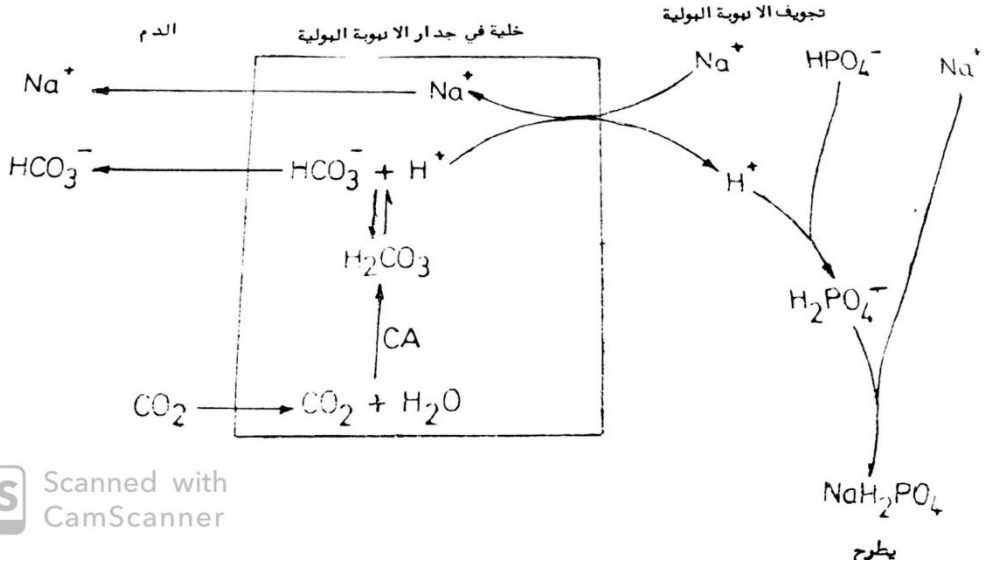
أفراز H^+ في الانبوبة الملتوية البعيدة في الكلية



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 النفرونات 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 ملليتر 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 ملم^{٣} 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 ملم^{٣}، بينما يحتوي البول على ٦٠٠٠ ملغم انيولين في كل ١٠٠ ملم^{٣}. أما البول فيخرج بما معدله ملم^{٣} واحد في الدقيقة، وبتطبيق المعادلة فان

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

قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة الخامسة الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

الهضم Digestion

ويقصد بالهضم نشاط القناة الهضمية وغددها لتحضير الغذاء لغرض الإمتصاص وكذلك طرح المواد الباقية غير الممتصة. والهضم عبارة عن تحلل مائي Hydrolysis تفصم فيه أواصر كيميائية بإضافة الماء وبمعدل جزئية واحدة لكل أصرة ويتم هذا التحلل بتأثير الأنزيمات الهضميةDigestive Enzyme التي تفرزها الغدد الهضمية الواقعة في جدران القناة الهضمية Digestive tract أو غدد خارجية مثل البنكرياس والكبد والغدد اللعابية وتكون معظم الأغذية التي يتناولها الإنسان أو الحيوان بحالة غير ذائبة Insoluble، لذلك يجب تغييرها في القناة الهضمية إلى مواد ذائبة بسيطة لغرض الإمتصاص Absorption عبر الدم أو اللمف ثم نقلها إلى خلايا الجسم للإستفادة منها في تحرير الطاقة اللازمة الأفعال الحيوية.

وهناك عدد من العوامل المتعلقة بالهضم التي تشمل العوامل الميكانيكية مثل المضغ Mastication والبلع Swallowing والارتجاع Regurgitation والتقيؤ Vomiting وحركة الأمعاء إضافة إلى الإبراز Defecation. والعوامل الإفرازية مثل نشاط الغدد الهضمية ومنها الغدد اللعابية Salivary glands والبنكرياس Pancrease. والعوامل الكيميائية التي تشمل الأنزيمات التي تكونها القناة الهضمية وبعض الأنزيمات الموجودة في الغذاء نفسه إضافة إلى حامض الهيدروكلوريك HCl الذي تكونه الغدد المعدية Gastric glands والعوامل الميكروبية الحيوية مثل الميكروبات التي تشمل البكتيريا (Microflora) والبروتوزوا (Microfauna). وتوجد هذه الأنواع من الميكروبات في الأمعاء الغليظة للإنسان والحيوانات غير المجتره وفي الكرشة في الحيوانات المجترة.

ولكي يعيش الإنسان والحيوان بصحة جيدة، يجب أن يحوي غذاؤه مزيجاً من العناصر الغذائية المهمة التي تشمل:

١. البروتينات Proteins.
٢. الكاربوهيدرات Carbohydrates.
٣. الدهون Lipidls.
٤. الفيتامينات Vitamins.
٥. الأملاح والعناصر النادرة Minerals and Trace elements.
٦. إضافة إلى الماء.

ولا يحتاج الماء والفيتامينات والأملاح إلى هضم، لأنها تتألف من أيونات أو جزيئات صغيرة بإمكانها إجتياز الغشاء المخاطي mucous membrane المبطن للقناة الهضمية بسهولة لتصل إلى الدم وسوائل الجسم الأخرى حيث ينتقل بعد ذلك إلى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.

أما البروتينات والكاربوهيدرات والدهون فإنها ذات جزيئات كبيرة الحجم لا يمكن إمتصاصها، ولا يمكن الإستفادة منها حتى لو إمتص بعض منها حيث أن لها ردود فعل ضارة عند وصولها إلى الدم مثل تكوينها للحساسية Allergy، ولكل نوع من العناصر الغذائية المذكورة سابقاً فوائد مهمة للجسم قد يسبب نقصه الإصابة ببعض الأمراض.

الجهاز الهضمي Digestive System:

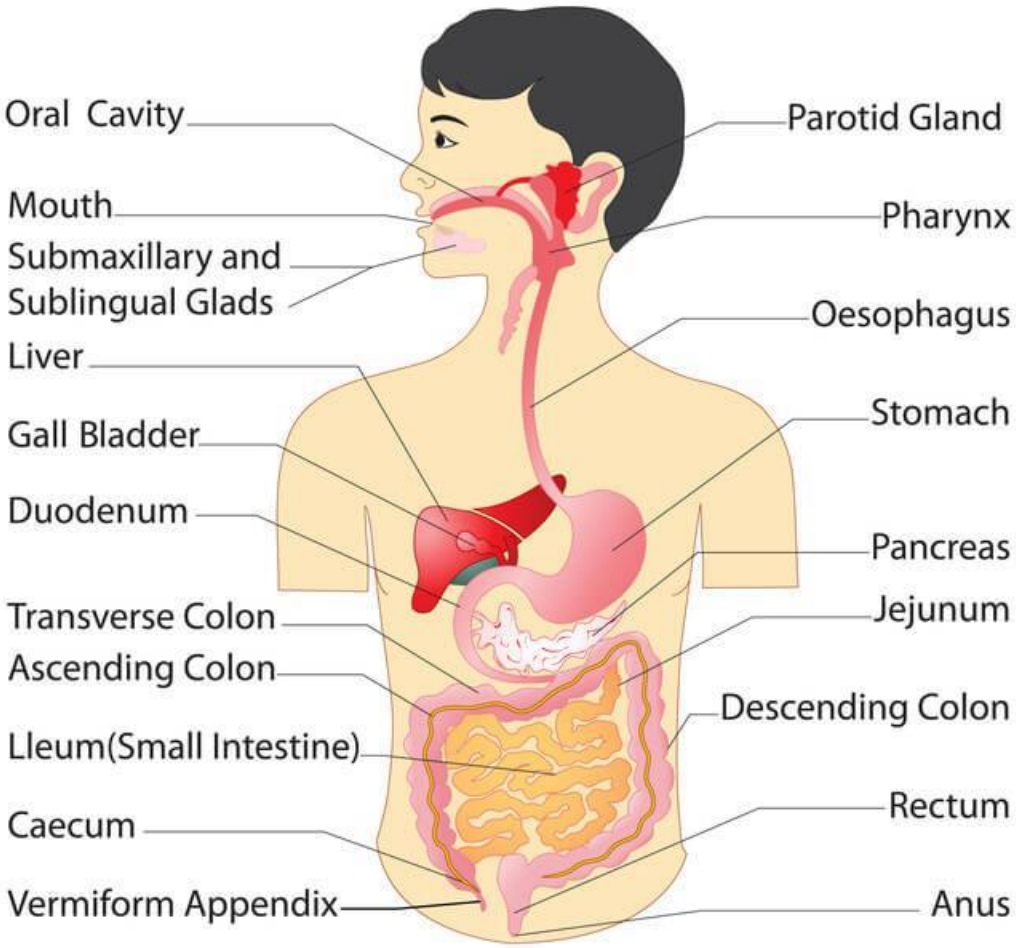
يتألف الجهاز الهضمي من قسمين رئيسين هما:

١. القناة الهضمية Alimentary tract (Gut).

وهي القناة الداخلية في الجسم وتتكون من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة (وتشمل الإثني عشر والصائم واللفائفي) والأمعاء الغليظة والمستقيم ثم المخرج، وتكون المواد الغذائية في حالة حركة مستمرة في داخل القناة الهضمية لكي تضمن تماسها وامتزاجها مع الإفرازات التي تكونها الغدد الهاضمة.

٢. الغدد اللاحقة Accessory glands.

وتشمل الغدد اللعابية والبنكرياس والكبد.



الجهاز الهضمي

تناول الغذاء:

ويقصد بذلك عملية إدخال الطعام إلى الفم التي تختلف باختلاف نوع الحيوان، وتستعمل الأسنان لمضغ الطعام وتقطيعه وطحنه لتحويله إلى كتلة طرية بعد مزجه بصورة جيدة مع اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية.

الغدد اللعابية Salivary Glands:

وهي الغدد التي تفرز اللعاب وتشمل:

١. الغدد النكفية Parotid glands:

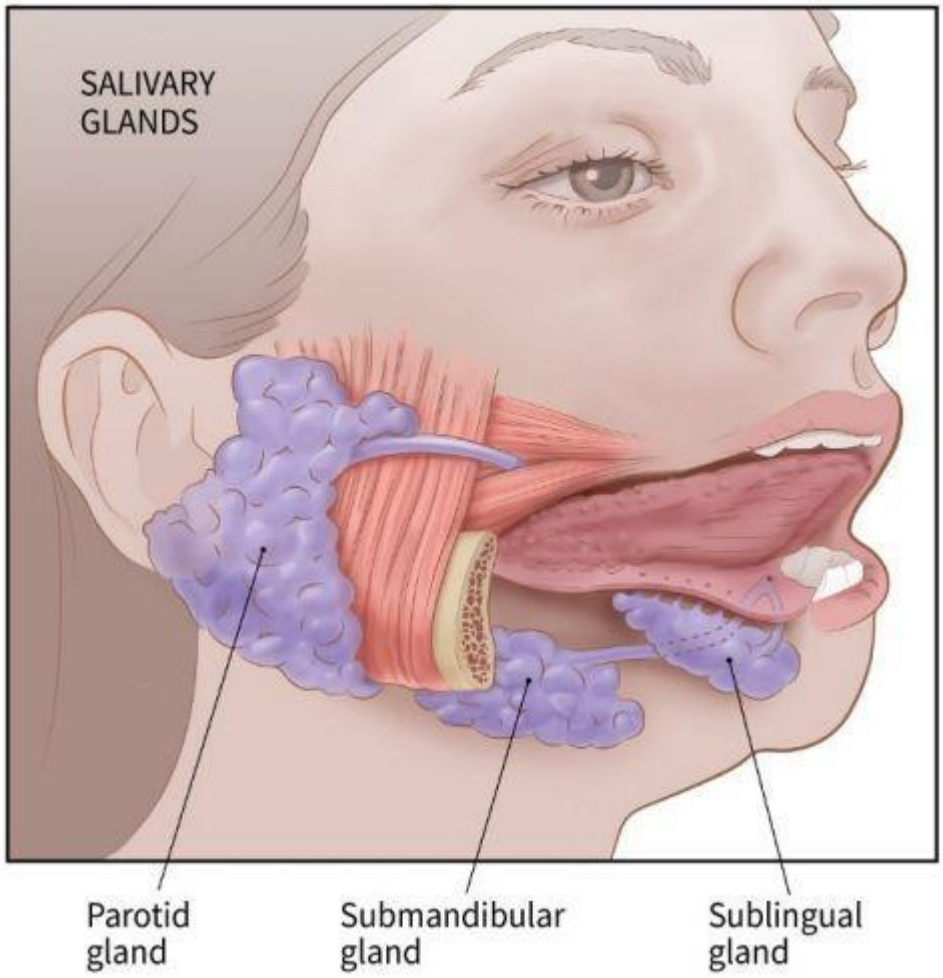
وهما زوج من الغدد التي تلتهب وتتضخم في حالة الإصابة بمرض النكاف (Mumps)، ويقعان في اسفل الأذنين وتفتح قناتهما بالقرب من الطواحن العليا الثانية في الإنسان. ويتميز لعاب هذه الغدد بإحتوائه على كمية كبيرة من الماء وإفتقاره إلى أنزيم الاميليز.

٢. الغدد تحت الفكية Submandibular or Submaxillary glands:

وهما زوج من الغدد، ويفتحان أسفل اللسان.

٣ . الغدد تحت اللسانية Sublingual glands.

وهما زوج من الغدد، ويفتحان بواسطة عدد من القنوات الدقيقة في الجزء الأمامي من قاع الفم.



مكونات اللعاب

يتكون اللعاب من نسبة كبيرة من الماء تبلغ ٩٩,٥٪. أما الـ ٠,٥٪ الباقية فتكون المواد الصلبة المذابة في الماء التي تحتوي على مواد صلبة عضوية (أملاح عضوية) Organic Salts ومواد صلبة لا عضوية (املاح لا عضوية) Inorganic salts.

وتشكل المواد الصلبة العضوية المواد البروتينية مثل المخاطين Mucin والمواد المخاطية الأخرى ووظيفتها تسهيل عملية البلع، والأنزيمات مثل التاليلين Ptyalin والمالتيز Maltase واللابييز Lipase واللايسوزايم Lysozyme والكتليز Catalase وغيرها، وتشمل ايضا الواد اللابروتينية مثل اليوريا Urea والكرياتين Creatine.

أما المواد الصلبة اللاعضوية فتشكل الأيونات السالبة مثل الكبريتات SO^{2-} والكلور Cl^- والكاربونات Co^{3-}. والأيونات الموجبة مثل الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{2+} والمغنيسيوم Mg^{2+}، ويشكل كلوريد الصوديوم الجزء الأعظم من هذه الأملاح.

وظائف اللعاب:

١. يربط الطعام ويسهل عملية المضغ، ويعمل المخاطين Mucin الموجود في اللعاب على تجميع جريئات الطعام ليجعل منها كتلة أو لقمة يسهل إبتلاعها، ويسهل اللعاب أيضاً الكلام في الإنسان.
٢. يساعد اللعاب على تحفيز الحلمات الذوقية Taste buds الموجود في اللسان بإذابة المواد الصلبة من الغذاء.
٣. يحتوي اللعاب على أنزيم التايلين Ptyalin، الذي يساعد على التذوق إضافة إلى عملية هضم النشاء (Starch) وتحويله إلى مواد أبسط هي الدكسترين Dextrin والسكر الثنائي Maltos. ويستمر عمل انزيم التايلين في داخل المعدة حوالي نصف ساعة حيث يثبط بعد ذلك بفعل حامض كلوريد الهايدروجين HCl.
٤. إن وجود أنزيم اللايسوزايم Lysozymne في اللعاب يعطيه خاصية مظهره للفم Antiseptic.
٥. يساعد اللعاب على تنظيم حرارة الجسم ولا سيما في الكلاب والقطط، حيث أن لعق الحيوان لجسمه ثم تبخر اللعاب يساعد على فقدان حرارة الجسم إضافة إلى فقدان الحرارة عن طريق اللهاث وتبخر اللعاب في اللسان.
٦. للعاب اهمية كبيرة في بعض الحيوانات حيث يوفر وسطاً ملائما لنمو بعض أنواع البكتيريا المفيدة كما في الحيوانات المجترة.

طرائق تحفيز إفراز اللعاب:

١. الطريقة الفيزيائية:

وتشمل النظر Sight أو الرائحة Odor أو حتى مجرد التفكير بالطعام التي تحفز الإفرازات اللعابية وتجعل الفرد يحس بالجوع. وتختلف طبيعة اللعاب المفرز بإختلاف طبيعة الحافز أو نوع الطعام. وتعمل الأعصاب المستقبلية الموجودة في المراكز النظرية أو الشمية على تحفيز المخ وخاصة المخيخ لإظهار المنعكس النفسي Psychic reflex.

٢. الطريقة الميكانيكية او الكيميائية:

إن مجرد دخول الطعام إلى الفم يحفز إفراز كميات كبيرة من اللعاب ويسمى بالرغوة أو الزبد Froth وذلك نتيجة تحفيز المراكز اللعابية بوساطة عمل الطعام على المستقبلات الكيميائية Chemorceptors الموجود في الحلمات الذوقية الموجودة في اللسان. وهناك أربعة أنواع من المستقبلات الذوقية هي: الحامضية Acid، والحلوة Sweet، والمالحة

Salt والمرة Bitter. وتنتقل هذه السيالات Impulses إلى مراكز اللعابية في النخاع المستطيل وبذلك ينتج التحفيز الإنعكاسي لإفراز اللعاب، كما يفرز اللعاب أحياناً بتحفيز المستقبلات في مناطق أخرى من الجسم مثل تهييج بطانة المعدة أو الاثني عشر الذي يصاحب الإحساسات التي تسبق التقيؤ Vomition.

٣. الطريقة العصبية:

تجهز الغدد اللعابية نوعين من الأعصاب أحدهما ودية والأخر نظير الودية. وتعمل الألياف العصبية الودية على تقليص الأوعية الدموية للغدد وبذلك تقلل من كمية اللعاب المفرز. بينما تعمل الألياف العصبية نظير الودية على توسيع الأوعية الدموية المجهزة للغدد وبذلك تزيد من كمية اللعاب المفرز، ويمكن تحفيز إفراز الغدد اللعابية بحقن الأستيل كولين Acetyl choline أو المواد المثبطة لعمل الاستيل كولين أستيريز مثل عقار الأيسرين Eserine. أما العقاقير المثبطة لعمل الأستيل كولين نفسه فإنها تعمل على منع إفراز اللعاب مثل عقار الأتروبين Atropine لأنها تشل عمل الألياف العصبية الودية.

البلع Swallowing:

تم عملية بلع الطعام بثلاث مراحل هي:

١. المرحلة الأولى أو مرحلة الفم Buccal Stage.

وتكون هذه المرحلة من البلع تحت السيطرة العصبية الإرادية حيث تتحرك اللقمة الممضوغة من الطعام إلى السطح العلوي للسان ثم تسحب إلى الخلف بوساطة عمل العضلات لتصل بعد ذلك إلى البلعوم pharynx الذي يحاط من الجهتين بعضلتين إثنتين.

٢. المرحلة الثانية أو مرحلة البلعوم Pharyngeal stage.

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللاإرادية حيث يعبر الطعام من خلال البلعوم نتيجة تقلص عضلاته التي تعصره وتدفعه بقوة إلى المريء Oesophagus.

١. المرحلة الثالثة او مرحلة المريء Oesophageal stage.

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللاإرادية ايضا حيث يعبر الطعام اسفل المريء إلى المعدة. ويتحرك اللعام خلال المري، بواسطة الحركات التمعجية وعند إقتراب الطعام من المعدة ينفتح الصمام الفؤادي Cardiac sphincter ويدخل الطعام إلى المعدة.

الهضم في المعدة:

تتسلم المعدة الغذاء بعد البلع، وتؤثر على الغذاء في المعدة عدة عوامل حيث يحدث ما يعرف بالهضم المعدي Gastric digestion.

تقسم الحيوانات بالنسبة لمكونات المعدة وعملها إلى ماياتي:

١. الحيوانات ذات المعدة البسيطة Simple stomach.

وتشمل الإنسان وجميع الحيوانات الحقلية المسماة بالحيوانات غير المجترة Non ruminants وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من حجرة واحدة One compartment.

٢. الحيوانات ذات المعدة المعقدة Complex stomach.

وتشمل جميع الحيوانات الأخرى المسماة بالحيوانات المجترة Ruminants، وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من أربع حجرات Four compartments هي: الكرشة Rumen، والشبكة

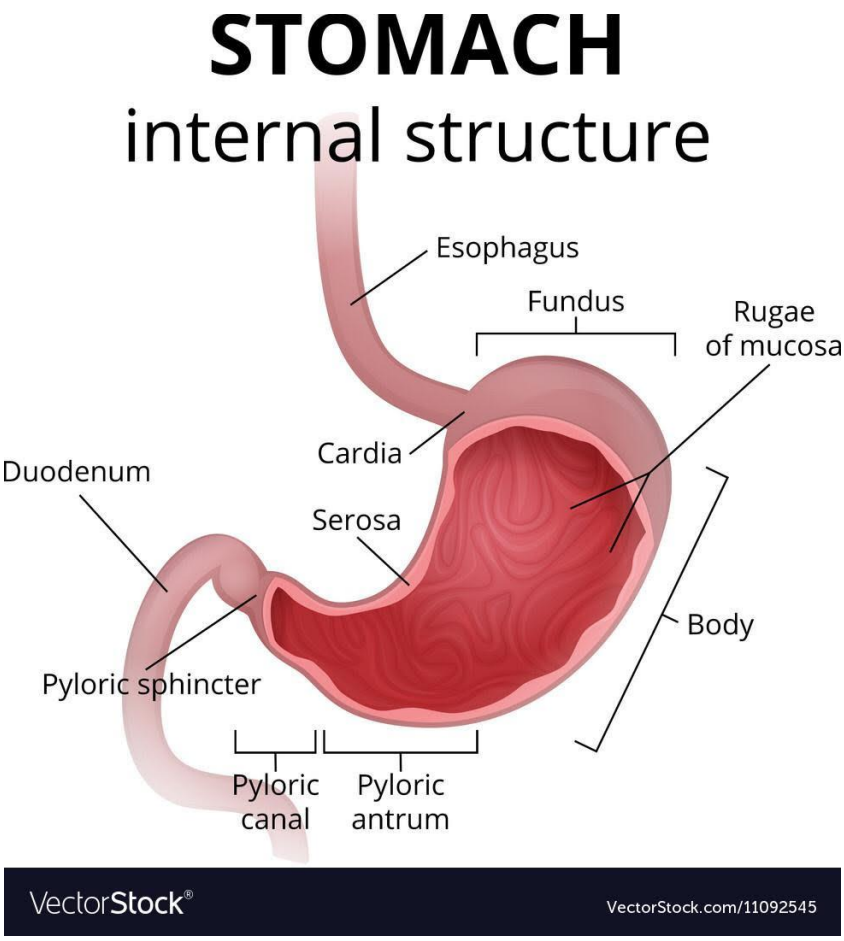
أو القلنسوة Riticulum، والقبة أو ذات التلافيف Omasum، والمنفحة أو المعدة الحقيقية Abomasum.

وظيفة المعدة البسيطة:

تعمل المعدة البسيطة بوصفها مخزناً للغذاء بعد البلع وتتميز بقابليتها على التوسع لإستيعاب الطعام، كما أنها تحتوي على عوامل مهمة تساعد في عملية هضم الطعام مثل الانزيمات المهمة في إمتصاص فيتامين B12 وعوامل تكوين الدم Haematopoiesis إضافة إلى العصير المعدي Gastric juice. وتعمل جميع هذه العوامل مع ما هو موجود في الغذاء على تكوين عامل مضاد لفقر الدم Anti - anaemic factor.

مكونات المعدة البسيطة:

١. المنطقة الفؤادية Cardiac Zone وتحتل الجزء الفؤادي أو القلبي من المعدة.
٢. المنطقة القاعية Fundic Zone: وتسمى أيضاً بالمنطقة الجسمية Body Zone وتحتل جسم المعدة.
٣. المنطقة البوابية Pylorie Zone: وتتصل بالإثني عشر Deudenum عن طريق البواب Pylorus او الصمام البوابي Pyloric sphincter.



الغدد المعدية Gastric glands:

توجد الغدد المعدية في الغشاء المخاطي المبطن للمعدة وتفتح قنواتها في حفر على سطحه بعدة فتحات وتشمل هذه الغدد:

١. الغدد الفؤادية Cardiac glands: وتحتل المنطقة الفؤادية من المعدة وتتكون من غدد مخاطية إفرازية Mucous - secreting glands.
٢. الغدد القاعية Fundic glands: وتحتل المنطقة القاعية أو الجسمية من المعدة، وتتكون من ثلاثة أنواع من الخلايا الغدية المهمة وهي:
   أ. خلايا جسمية رئيسة Body chief cells وتفرز الأنزيمات.
   ب. خلايا مخاطية عنقية Mucous neck cells وتفرز المخاط.
   ت. خلايا جدارية أو حامضية Parietal or Oxyntic cells وتفرز حامض كلوريد الهيدروجين HCI.
٣. الغدد البوابية Pyloric glands: وتحتل المنطقة البوابية من المعدة وتتكون إفرازاتها من المخاط وكميات قليلة من الأنزيمات الهاضمة للبروتينات Proteolytic enzymes.

العصيرالمعدي Gastric juice:

ويقصد بالعصير المعدي جميع إفرازات الغدد والخلايا المعدية المذكورة سابقاً.

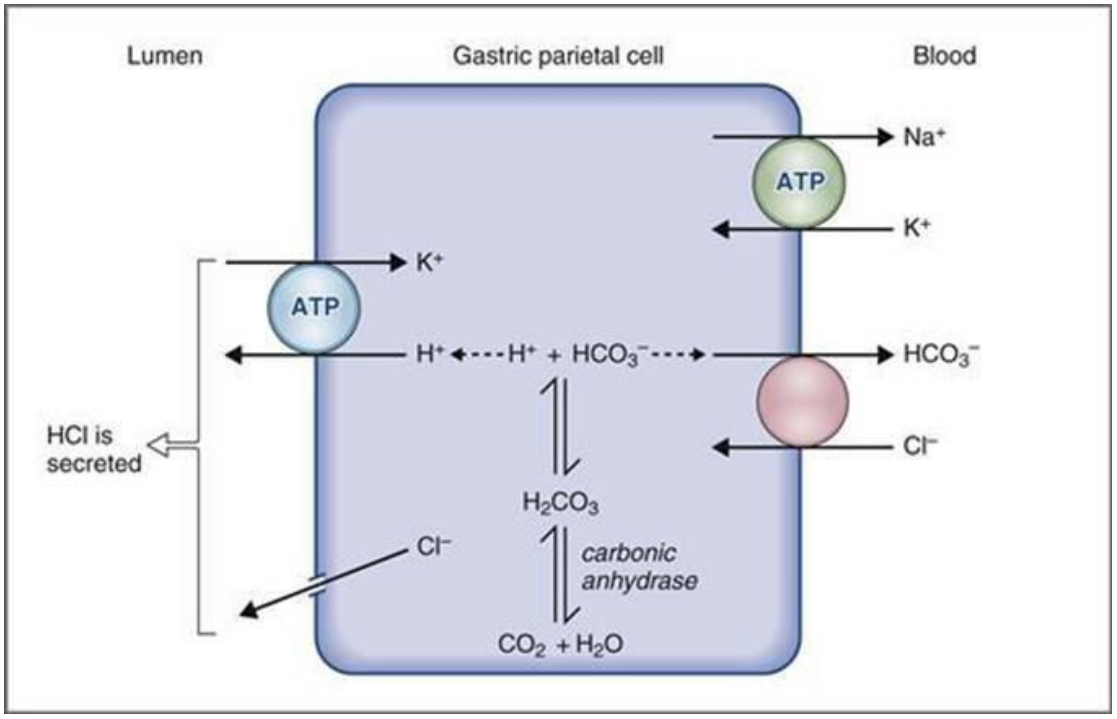
مكونات العصير المعدي:

لقد أظهرت البحوث ان العصير المعدي يتكون من:

١. الماء: ويشكل حوالي ٩٥ % من العصير.
٢. الأنزيمات: ويكون أنزيم الببسين Pepsin الأنزيم الرئيس بالإضافة إلى كميات قليلة من أنزيم الرنين Rennin .
٣. الأيونات: وتتكون من أيونات سالبة مثل الكلور (وهو الغالب) إضافة إلى البيكاربونات أما الأيونات الموجبة فتشمل أيونات الهيدروجين والصوديوم (وهي الغالبة) إضافة إلى الكالسيوم والبوتاسيوم.
٤. حامض كلوريد الهيدروجين HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية أو الحامضية من الغدد القاعية.

إفراز حامض كلوريد الهيدروجين Hydrochloric Acid:

تفرز المعدة كميات كبيرة من حامض كلوريد الهيدروجين HCl، حيث يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي ٠,١٪ (pH : 2) اما تركيز الحامض في الخلايا الحامضية فهي أعلى بكثير ويتراوح بين ٠,٤ و ٠,٥ (pH :١). ويمكن إفراز الحامض بالطريقة التالية:



مخطط يوضح كيفية افراز حامض كلوريد الهيدروجين من قبل الخلايا الحامضية للمعدة

تأخذ الخلايا الحامضية أيونات الكلور - CI من الدم وتفرزها بوساطة النقل الفعال إلى قنوات الغدد المعدية، ومقابل ذلك تفرز الخلايا كمية مساوية من البيكاربونات -HCO_3 في الدم، وتتكون هذه البيكاربونات نتيجة تفاعل ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 مع الماء بمساعدة انزيم الكاربونك أنها يدريز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية.

C.A

$$CO_2 + H_2O \text{ --------- } H_2OC_3 \text{ --------- } H^+ + HCO_3^-$$

أما ايونات الهيدروجين المنتجة فإنها ترافق أيون الكلور على شكل حامض كلوريد الهيدروجين. يتضح من ذلك أن إفراز أيونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب أيونات الهيدروجين الموجودة في الدم حيث ان إفرازه يقابل إضافة ايون البيكاربونات إلى الدم. إن هذا لا يؤثر من درجة حموضة الدم لوجود وسائل كفيلة بإزالة تأثير الهيدروجين منه مثل الدارئات الكيميائية Chemical Buffers إضافة إلى العصارة البنكرياسية ذات القلوية العالية.

وظائف حامض كلوريد الهيدروجين في المعدة:

لحامض كلوريد الهيدروجين عدد من الوظائف المهمة في المعدة فهو:

١. يؤثر في البروتينات ويسهل عملية هضمها.
٢. يحلل بعض السكريات الثنائية إلى سكريات بسيطة مثل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز.
٣. يساعد على ذوبان أيونات الحديد والنحاس ثم إمتصاصهما.
٤. له عمل مطهر للمعدة.
٥. ينشط عملية تحول الببسينوجين Pepsinogen إلى ببسين Pepsin.
٦. يسيطر على عمل الصمام البوابي الذي يربط المعدة بالاثني عشر.

البيسين والرنين Rennin & Pepsin:

يوجد انزيم البيسين في الخلايا الجسمية الرئيسية على شكل بيسينوجين غير فعال لا يستطيع هضم البروتينات ولكنه يتحول إلى ببسين بعد إفرازه بفعل حامض كلوريد الهيدروجين والببسين المتكون لأول مرة.

$$\text{Pepsingen} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{Pepsin}$$

ويعمل البيسين على هضم البروتينات في محيط شديد الحامضية حيث يحولها إلى مواد ابسط

$$\text{Proteins} \xrightarrow[\text{HCl}]{\text{Pepsin}} \text{Proteoses} + \text{Peptonse}$$

ويعد تحفيز العصب التائه Vagus nerve من أقوى العوامل المحفزة لإفراز انزيم البيسين. كما أن حقن استيل كولين Acetylcholine أو العقاقير المشابهة لفعله يزيد من إفراز هذا الانزيم بينما يعمل الأتروبين Atropin على تقليل إفرازه.

اما انزيم الرنين فيعمل على تحويل الكازائين في محيط حامضي الى مواد ابسط.

$$\text{Casein} \xrightarrow[\text{HCl}]{\text{Renin}} \text{Proteoses} + \text{Peptones} + \text{Ca Caseinate}$$

السيطرة على الإفرازات المعدية:

لقد أظهرت التجارب ان الإفرازات المعدية تقع تحت السيطرتين العصبية Nervous control والسائلية Humoral control.

١. السيطرة العصبية.

وتتم بوساطة الآليات العصبية الودية Sympathetic والألياف العصبية نظير الودية Parasympathetic وتسيطر الألياف العصبية ونظير الودية على حركة جدران القناة الهضمية ونشاط الغدد عن طريق ضفيرتين تكونان شبكة من الخلايا العصبية تقع إحداهما بين الطبقة الطولية والطبقة الحلقية للعضلات وتسمي ضفيرة أورباك Auerbach ' s plexus والأخرى إلى خارج الطبقة تحت المخاطية و تسمى ضفيرة مايسنر Meissner' plexus. ويعمل النوعان من الألياف بصورة متضادة Antagonistically، فتكون الألياف الودية مثبطة لكل من الإفراز والحركة بينما تكون الألياف نظير الودية محفزة للإفراز والحركة.

٢. السيطرة السائلية.

وسميت بهذا الاسم لان المواد التي تؤثر في الإفراز تحمل بوساطة السوائل الجسمية، كما أن الإصطلاح مشتق من كلمة Humor ومعناها سائل Fluid. وتعد السيطرة الهرمونية نوعا خاصاً من السيطرة السائلية. وتتم السيطرة الهرمونية بوساطة عدد من الهرمونات التي تصنع وتفرز بوساطة الغشاء المخاطي للقناة الهضمية حيث يحملها الدم إلى الغدد الهضمية التحفيزها على الافراز وهذه الهرمونات هي:

أ- هرمون الكاسترين Gastrin.

ويفرز من الغدد البوابية نتيجة توسعها عند إمتلائها بالطعام ويعمل على تحفيز إفراز الغدد المعدية للأنزيمات والعوامل المساعدة وبعض الهرمونات.

ب- هرمون الأنتيروجاسترون Enterogastron.

يفرز من بطانة الإثني عشر نتيجة وجود الدهن والحوامض الدهنية وملامستها للبطانة ويعمل على تثبيط إفراز وحركة المعدة.

قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة السادسة الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

الجهاز الوعائي القلبي Cardiovascular system
أو جهاز الدوران The Circulatory System
أو الجهاز الناقل Transport system

وهو جهاز النقل الرئيسي في الجسم. لقد وصف الطبيب العربي إبن النفيس منذ عام ١٢٦٨م دوران الدم ومروره خلال الرئتين ودرس نفس هذا الموضوع العالم مايكل سرفيتيس عام ١٥٥٣م.

وفي عام ١٦٢٨م نشر ويليم هارفي كتابه المسمى عمل القلب الذي يبين فيه على أن الدم يدور في الجسم في الأوعية الدموية ويقوم القلب بضخ الدم الذي يستلمه من الأوردة إلى الشرايين ولكنه لم يستطع وصف كيفية الاتصال بين الشرايين والأوردة حيث لم يستطع معرفة الشعيرات الدموية التي لم تكن رؤيتها ممكنة في ذلك الوقت لعدم اكتشاف المجهر، وفي عام ١٦٦١م تم اكتشاف الشعيرات الدموية Blood capillaries بواسطة المجهر من قبل العالم مالبيجي Malpighi.

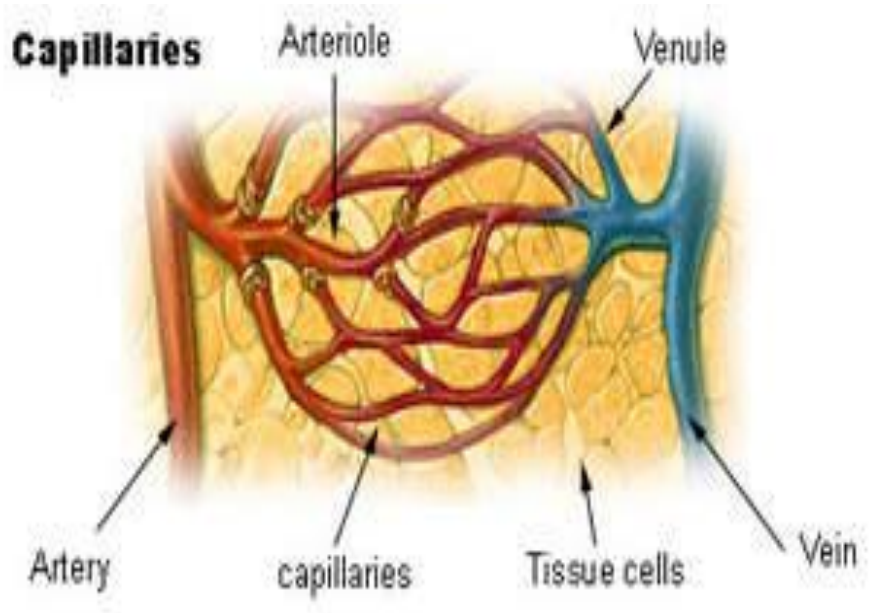
الدورة الدموية

يبلغ جهاز الدوران أعلى درجات التكامل في الحيوانات الفقرية ولكنه غير موجود في عدد كبير في شعب المملكة الحيوانية مثل الإبتدائيات والإسفنجيات والديدان المسطحة والخيطية ولكنه جيد التكوين في الديدان الحلقية والنواعم والمفصليات.

جهاز الدوران المغلق Closed circulatory system:

وهو جهاز الدوران في الديدان الحلقية والفقريات ومنها الانسان، تتصل الأوعية الدموية الرئيسية في هذا الجهاز بعد تفرعها في الجسم باوعية دموية أخرى بواسطة الشعيرات الدموية.

لا يحتوي هذا الجهاز في الديدان الحلقية على القلب ولكنه يعوض عنه بالحركة الدورية Peristalsis في جدران الأوعية الدموية الرئيسية وكذلك وجود الصمامات Valves التي تساعد على سير الدم باتجاه واحد فقط.



الأوعية الشعرية الدموية

جهاز الدوران المفتوح Open circulatory systern:

هو جهاز الدوران في النواعم والمفصليات، في هذا الجهاز لا تتصل الشرايين بالأوردة بواسطة الشعيرات الدموية وإنما تصب الشرايين في تجاويف بين الأنسجة تدعي الجيوب Sinuses التي تحتوي على الجدران الخلوية أو الفجوات Lacunae الخالية من الجدران وفي الأخيرة لا يفصل الدم عن خلايا الجسم سوى أغشية الخلايا نفسها.

جهاز الدوران

ويتكون من:

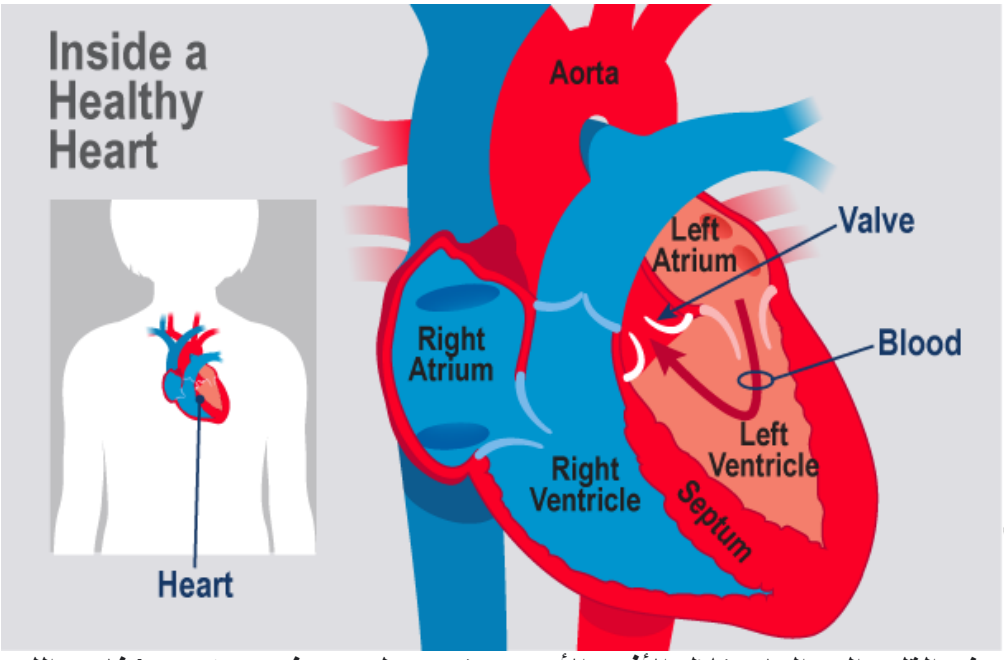
١. القلب والأوعية الدموية والدم.
٢. الأوعية اللمفاوية واللمف.

أما الغرض من وجود جهاز الدوران فهو:

١. إيصال المواد الغذائية والأوكسجين والهرمونات وغيرها من المواد الكيميائية الضرورية إلى أنسجة الجسم المختلفة للاستفادة منها في التمثيل الغذائي.
٢. نقل الفضلات إلى الأعضاء لغرض طرحها إلى الخارج والتخلص منها مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق الرئتين والبول وعدد من الفضلات عن طرق الكليتان.

القلب Heart: يعتبر قلب الإنسان وبقية الفقريات عدا الأسماك بمثابة مضخة مزدوجة.

* الجزء الأيسر يستلم الدم المؤكسج من الرئتين ويضخه خلال الشرايين إلى أنحاء الجسم المختلفة.
* الجزء الأيمن يستلم الدم المثقل بـ CO_2 من الجسم ويضخه إلى الرئتين لكي يتخلص من هذا الغازويتزود بكمية من الاوكسجين القلب. لقلوب الفقريات ومعظم اللافقريات القابلية على النبض الذاتي لذلك تسمى قلوب عضلية المنشأ Myogenic Hearts لأن قابليتها على التقلص تكمن في عضلاتها. يتألف قلب الفقريات (عدا الأسماك والبرمائيات) من أربعة تجاويف هي.



تجاويف القلب الدم المار خلال الأذين الأيمن يحتوي على دم غير مؤكسج (غامق اللون) بينما الدم المار خلال الأذين الأيسر يحتوي على دم مؤكسج (احمر قاني اللون).

* الأذينان Atria ومفردها Atrium أو Auricle وهما أيمن وأيسر.
* البطينان Ventricles وهما أيمن وأيسر.

يقوم الأذينان بالتقلص والانبساط في وقت واحد كما يقوم البطينان بالتقلص والانبساط سوية ولكن بالتعاقب مع الأذينين.

أما قلب الأسماك فيتألف من أذين واحد يتسلم الدم من أنحاء الجسم المختلفة وبطين واحد يقوم بضخه إلى الغلاصم (للتزود بالأوكسجين والتخلص من CO_2) ثم إلى أنحاء الجسم.

* لقلوب بعض اللافقريات خاصية عدم التقلص إلا تحت تأثير الإيعازات العصبية لذلك فإنها تسمى قلوب عصبية المنشأ Nenrogenic Hearts، كما في سرطان الملوك King Crab أو Limulus.
* في القلوب عضلية المنشأ تقوم الأعصاب المتصلة بالقلب بتحوير سرعة وقوة النبض تحت الظروف المختلفة.
* التحفيز الودي Sympathetic يحدث عند الانفعال أو ممارسة الرياضة فيزداد النبض سرعة وقوة.
* التحفيز نظير الودي Parasympathetic يبطىء القلب وقد يوقفه أحياناً وتسمى مثل هذه الحالة الغشية التائهية Vagal syncope.

يعمل القلب بصورة طبيعية كمضخة Pump يجب أن تتقلص وتنبسط تجاويفه الأربع بانتظام تام لأن أي ارباك في عملها يعرقل الدورة الدموية الطبيعية وينتج عنها مضاعفات صحية خطيرة.

يسير الدم بانتظام بين التجاويف الأربعة وكذلك بين القلب والأوعية الدموية الرئيسة المتصلة به فهناك عدد من الصمامات وهي:

الصمامات الأذينية البطينيه Atria - ventricular التي تفصل الأذين عن البطين الذي تحته والصمامات الشبه هلالية Sermilunar valves التي في بداية كل من الأبهر والشريان الرئوي يتألف الصمام الأذيني - البطيني الأيمن Right Atria - Ventricular valve من ثلاث صفائح لذلك فإنه يسمى بالصمام الثلاث الصفائح Tricuspied valve.

أما الصمام الأذيني - البطين الأيسر Left Atria - Ventricular valve فيتألف من صفيحتين فقط ويسمى بالصمام الثنائي الصفائح Bicuspid valve أو الصمام التاجي Mitral valve.

photograph of the semilunar valves of the heart. Note the difference in thickness of the blood vessel walls.

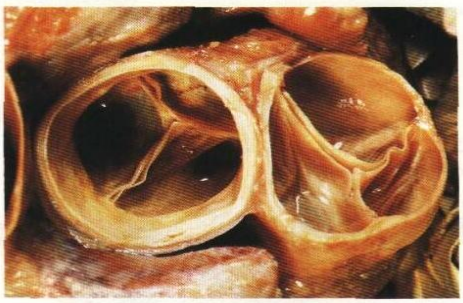
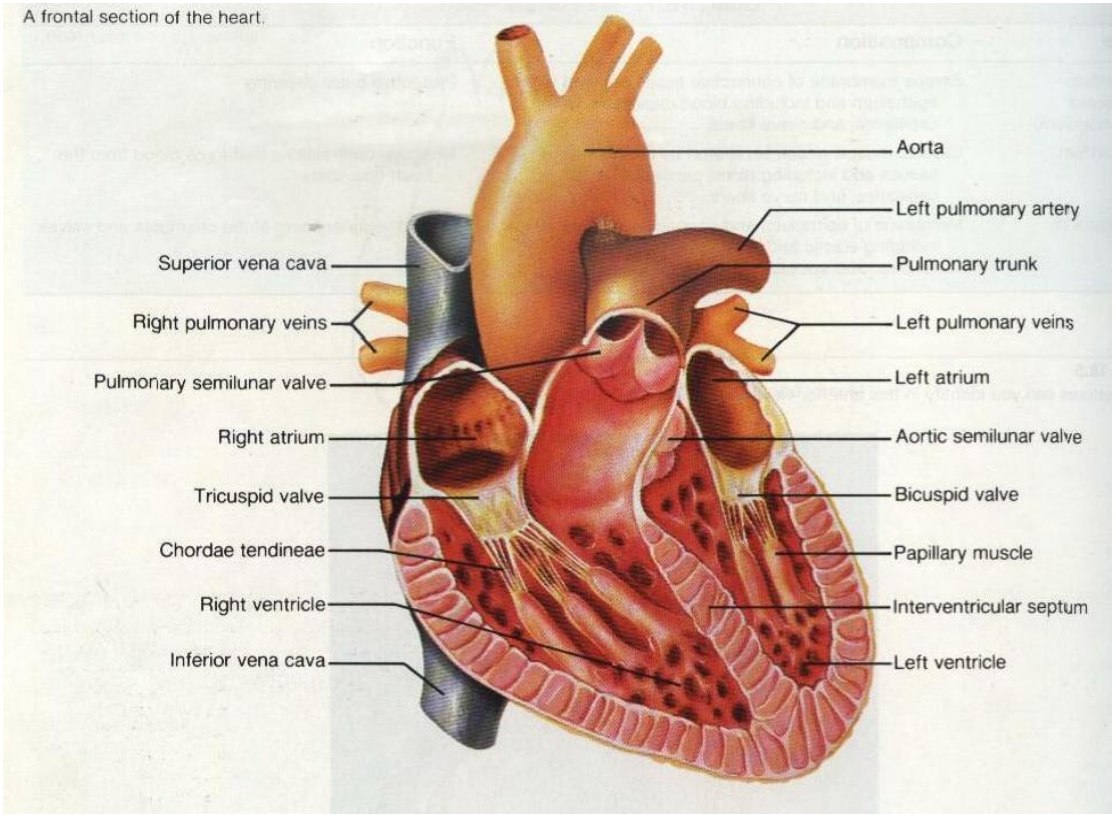


Chart 18.2 Valves of the heart

Valve	Location	Function	Valve	Location	Function
Tricuspid valve	Right atrioventricular orifice	Prevents blood from moving from right ventricle into right atrium during ventricular contraction	Bicuspid (mitral) valve	Left atrioventricular orifice	Prevents blood from moving from left ventricle into left atrium during ventricular contraction
Pulmonary semilunar valve	Entrance to pulmonary trunk	Prevents blood from moving from pulmonary trunk into right ventricle during ventricular relaxation	Aortic semilunar valve	Entrance to aorta	Prevents blood from moving from aorta into left ventricle during ventricular relaxation

تتصل حافات صفائح الصمامات بعدد من الحبال الرفيعة القوية والمسماة بالحبال الوترية Chordae tendinae والتي تتصل نهايائها الأخرى بنتوءات عضلية تقع على السطح الداخلي اللبطين تسمى العضلات اللبيبة Papillary muscles أن وظيفة الحبال الوترية والعضلات اللبيبة هي منع دخول حافات الصفائح المكونة للصمامات الأذينية - البطينية في الأذين أثناء تقلص البطين. يتم انفتاح الصمامات والذي يتم بتباعد حافات الصفائح عن بعضها نتيجة زيادة الضغط في الأذينين عما هو في البطينين خلال فترة معينة من النبض. لذلك فإن وظيفة الصمامات الأذينية - البطينية هي غلق الفتحة الكائنة بين الأذين والبطين ومنع رجوع الدم من البطين إلى الاثين أثناء تقلص البطين أما وظيفة الصمامات الشبه ملالية فهي منع رجوع الدم من الشريان الأبهر Aorta إلى البطين الأيسر، وكذلك من الشريان الرئوي Pulmonary Artery إلى البطين الأيمن اثناء انبساط البطينين وانخفاض الضغط دون الضغط الموجود في الشريانين.



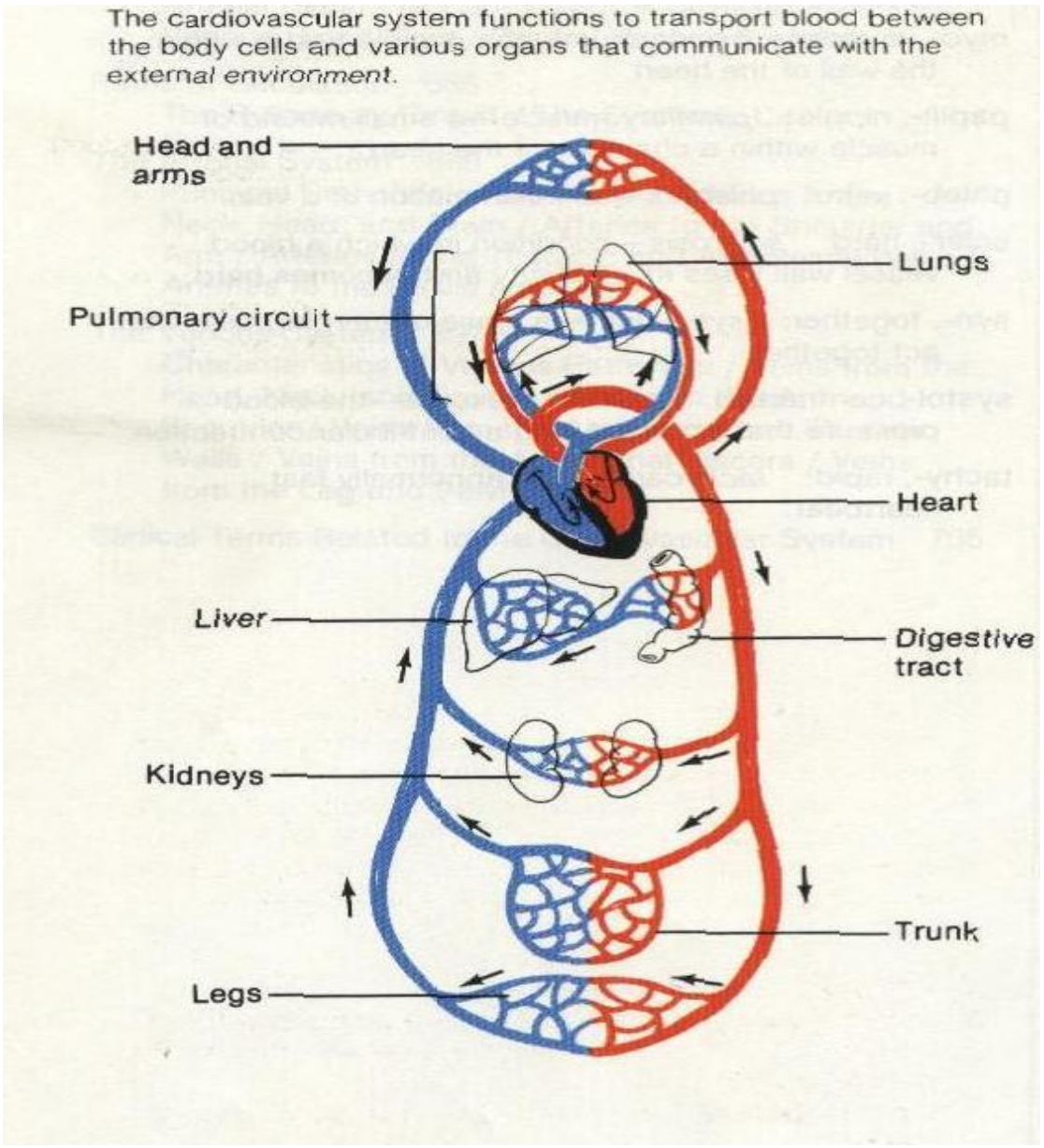
القلب
لاحظ الصمامات الاذينية- البطينية و الصمامات شبه الهلالية
لاحظ الحبال الوترية والعضلات اللبيبية

الدورة الدموية
الدورة الدموية الجهازية (الكبرى) Systemic or Greater Circulation.

يغادر الدم القادم من الرئة القلب عن طريق الشريان الابهر Aorta ليصل الى جميع اعضاء الجسم و انسجته التي تمتص الاوكسجين عبر الشرايين والشرينات والاوعية الشعرية يتم امتصاص الدم غير المؤكسد عن طريق الاوردة الصغيرة ثم الاوردة الاكبر ثم تنقلها الى الوريدين الاجوفين العلوي والسفلي والتي تصب في الاذين الايمن.

الدورة الدموية الصغرى (الجهازية) Pulmonary or Lesser Circulation.

يغادر الدم غير المؤكسج الجزء الايمن (البطين الايمن) من القلب عن طريق الشريان الرئوي الذي يوصل الدم الى الرئتين وهناك تقوم كريات الدم الحمراء بتحرير غاز ثنائي اوكسيد الكاربون والاتحاد بالاوكسجين خلال عملية التنفس يغادر الدم المؤكسج الرئتين عن طريق الاوردة الرئوية التي تصب في الاذين الايسر.



الدورة الدموية

الجهاز الناقل لنبض القلب Conducting system

منشأ وانتقال نبض القلب Origin & conduction

تسمى التقلصات الإيقاعية Rhythmic contractions للقلب بالنبض Beat ويزود قلب اللبائن (ومنها الإنسان) بمجموعة من الأنسجة المتحورة المخصصة لنقل النبض تكون أكثر انتشارا وتعقيدا مما هو في بقية الحيوانات مثل الضفدع.

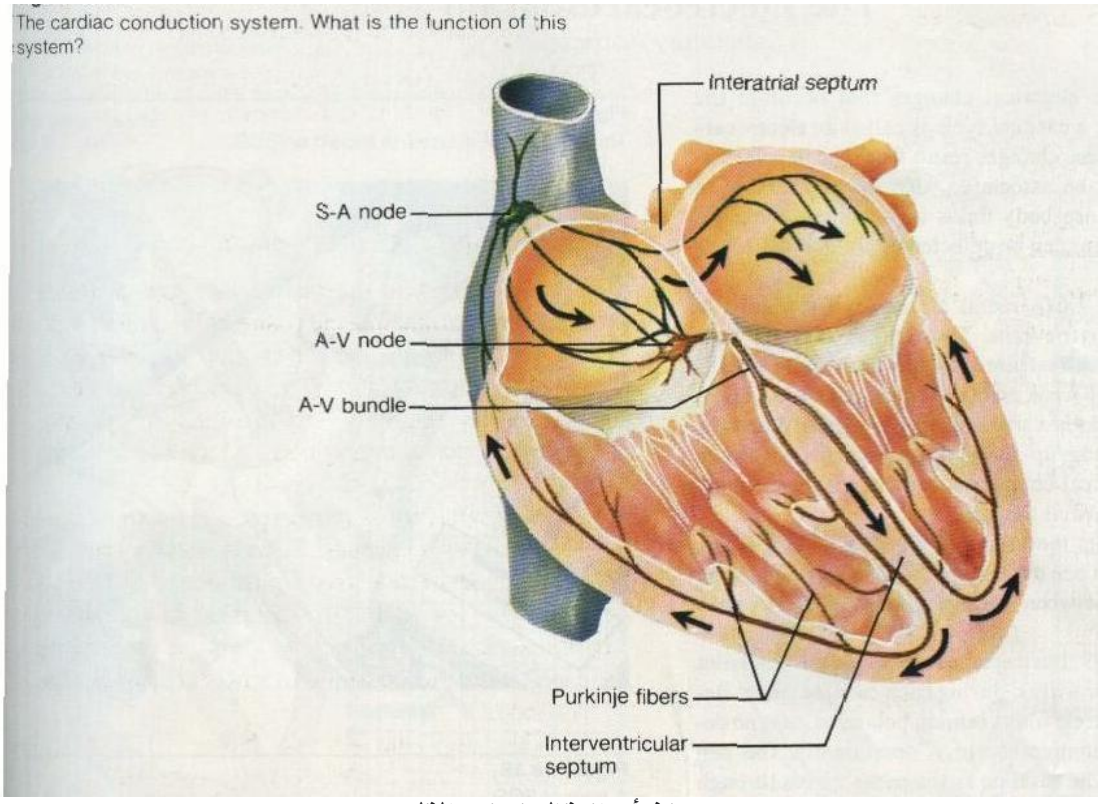
يبدا النبض في كتلة من الأنسجة المتحورة تقع في الأذين الأيمن Right atriumn تدعى بالعقده الكيسيه الأذينية Sino - Atrial node ويرمز لها S - A node وهذه العقدة هي منظم الخطى Pacemaker في القلب وتتألف من ألياف عضلية متحورة لها القابلية على زوال الاستقطاب في أغشيتها بصورة ذاتية رتيبة، ويدعى زوال الاستقطاب هذا بجهد المنظم Pacemaker potential.

تنتقل موجة التقلص من العقدة الكيسية الأذينية خلال عضلات جدران الأذينين Both Atria إلى كتلة من الأنسجة المتحورة الواقعة في أعلى البطين الأيمن تدعى العقدة الأذينية البطينية Atrio - ventricular node ويرمز لها A . V node . تمتد من هذه العقدة إلى الجدار الفاصل بين البطينين حزمة من الألياف العضلية المتحورة التي تسمى حزمة هيس Bundle of His التي تتفرع إلى ثلاثة فروع رئيسية هي:

١. الفرع البطيني الأيمن Right Ventricul branch.
٢. الفرع البطيني الأيسر Left Ventricul branch.
٣. الفرع العلوي Superior branch.

وكل فرع من هذه يتشعب إلى عدد كبير من الألياف التي تمتد في جدران البطينين تدعى ألياف بركنجي Purkinje fibers إن أي تلف يصيب أحد التراكيب المذكورة يؤدي إلى اضطراب في نبض القلب ويتميز باختلال الانسجام في تقلص وانبساط تجاويف القلب الأربعة.

كما أن نبض القلب لا ينتقل من الأذين إلى البطين مباشرة بواسطة العضلات القلبية العادية.



منشأ وانتقال نبض القلب

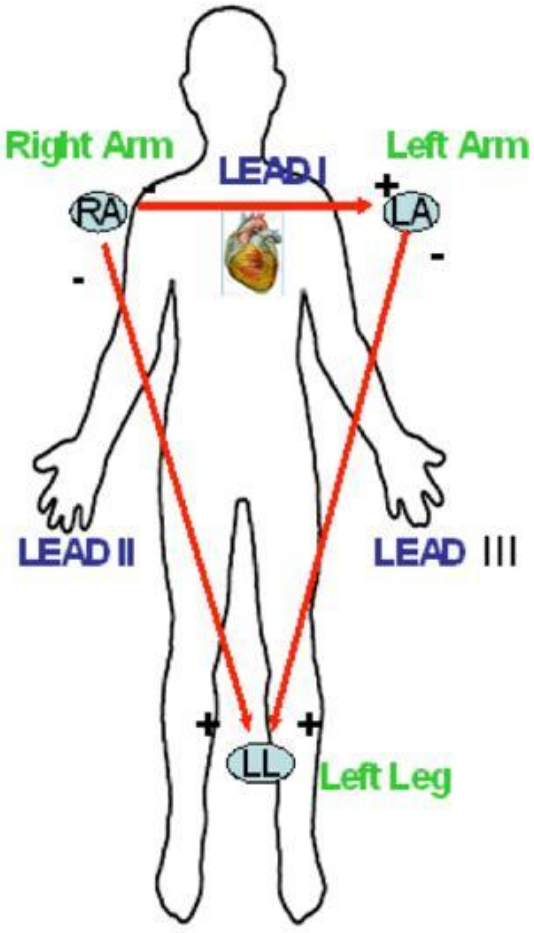
الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب

النبض هو تقلص وانبساط في الجدران العضلية للقلب. يسبق التقلص تغير في الجهد الكهربائي على جانبي أغشية الألياف العضلية. تسري موجة التقلص العضلي من العقدة الكيسية الأذينية S . A node إلى قمة القلب بعد أن تكون قد سبقتها ببضع ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي بنفس الاتجاه حيث تكون الأنسجة المتقلصة سالبة أكثر من الأنسجة التي لم تتقلص بعد، أما عند انبساط المناطق المتقلصة مرة ثانية فإنها تكون موجبة. **لذلك يمكن اعتبار النبض من الناحية الكهربائية** موجة من زوال الاستقطاب Depolarization أثناء الانقباض (التقلص) Systole (-) تعقبها موجة من عودة الاستقطاب Repolarization أثناء الانبساط Diastole (+).

التسجيل القلبي الكهربائي Electrocardiogram (E . C . G)

بالامكان تسجيل موجة التغير الكهربائي في العضلات القلبية وذلك:

* بوضع قطبي التسجيل على القلب مباشرة ثم ربطها بجهاز حساس لقياس فرق الجهد الكهربائي مثل جهاز الكلفانوميتر Galvanometer.
* في الإنسان توضع أقطاب التسجيل على سطح الجسم يربط القطبان إما بالذراعين Lead I أو بالذراع الايمن و الساق الايسر Lead II أو بالذراع الايسر والساق الايسر Lead III تسمى طرق الربط هذه بمثلث اينتهوفن Einthoven Triangle هناك نوع آخر من الربط يوضع بموجبه أحد القطبين على مناطق مختلفة من الصدر ويربط القطب الأخر بثلاث من الأطراف.



مثلث اينتهوفن Einthoven Triangle

ينتقل التبدل الكهربائي المرافق للنبض إلى سطح الجسم لأن السوائل الجسمية والأنسجة جيدة التوصيل للكهربائية.

آن مقدار فرق الجهد المنتقل إلى جانبي الجسم ضئيل لا يمكن تسجيله إلا بواسطة جهاز حساس جدا يدعى جهاز تخطيط القلب الكهربائي Electrocardiograph.

يعود الفرق في الجهد الكهربائي على جانبي الجسم من جراء النبض القلبي إلى كون أحد الجانبين يكون موجبا في لحظة معينة بالنسبة للجانب الاخر وبالعكس وذلك لعدة عوامل أهمها:

١. ميلان المحور الطولي للقلب عن المحور الطولي للجسم حيث تكون قمة القلب مائلة نحو اليسار بينما تكون قاعدة القلب مائلة نحو اليمين.
٢. وجود فرق في سمك جدران البطينين حيث أن جدران البطين الأيسر أسمك من جدران البطين الأيمن.

هذا يؤدي إلى فرق زمني طفيف في وصول موجة التغيير الكهربائي إلى مناطق متناظرة في البطينين.

يمكن تضخيم ومضاعفة فرق الجهد الكهربائي على جانبي الجسم نتيجة نبض القلب لغرض تسجيلها لانها لا تتجاوز ملي فولت واحد وذلك بواسطة الجهاز المضخم "Amplifier " المربوط في جهاز تخطيط القلب الكهربائي.

يسجل التبدل في الكهربائية بين القطبين بصورة مستمرة على ورق على شكل خطوط بيانية، تصاحب النبض ثلاث موجات رئيسية وهي:

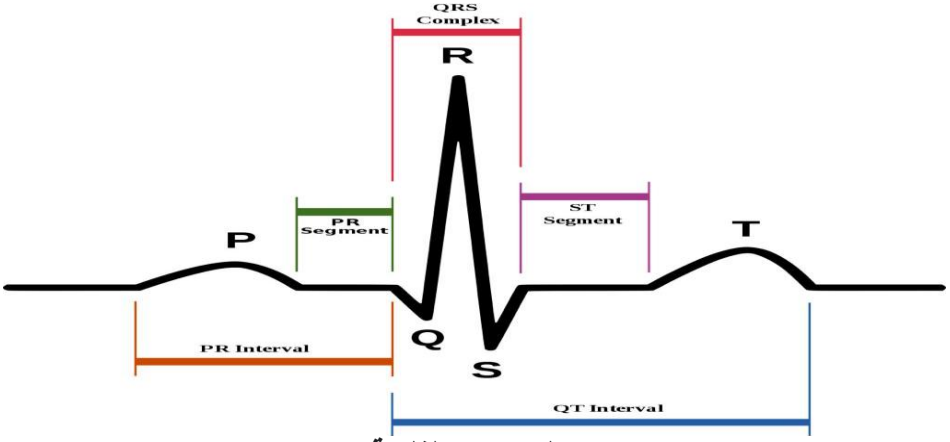
موجة P: وتمثل عملية زوال الاستقطاب Depolarization في الأذينين. (تمثل الانقباض الأذيني).

موجة QRS: وتمثل زوال الاستقطاب Depolarization في البطين (تمثل الانقباض البطيني).

موجة T: وتمثل عوة الاستقطاب Repolarization في البطين (تمثل الانبساط البطيني).

أما الانبساط الأذيني فلا يظهر في التخطيط لتغلب QRS عليه. أما الفترة الزمنية بين R و P هي الزمن اللازم لانتقال التغيير الكهربائي (سرعة التوصيل) من الأذينين إلى البطينين.

باستطاعة الطبيب تشخيص تلف أو تضخم القلب وتجاويفه أو اليافه بواسطة التخطيط فمثلا: زيادة طول فترة P - R تعني تلف الأنسجة الموصلة لموجه التغيير الكهربائي من الأذينين إلى البطينين مثل الحصر القلبي Heart block اما زيادة طول الفترة الزمنية لمعقد QRS والذي يستغرق ٠,٠٦ في الاشخاص الاصحاء فهو دليل على بطيء في التوصيل في عضلات البطينين بسبب التضخم البطيني.



الموجات القلبية

الدورة القلبية Cardiac Cycle.

ويقصد بها جميع الحوادث المرافقة للنبضة القلبية الواحدة.

الانبساط الأذيني Auricular Diastole يستغرق ٠,١ ثانية.

عند انبساط الأذينين:

يمتلىء الأذين الأيمن بالدم الوارد من أنحاء الجسم بواسطة الأوردة الجوفاء. ويمتلىء الأذين الأيسر بالدم الوارد من الرئتين بواسطة الوريدين الرئويين. والقوة التي تعمل على سريان الدم من هذه الأوردة نحو الأذينين هي فرق الضغوط بين الأوردة والأذينين ويكون الضغط داخل الأذينين أقل من الضغط داخل الأوردة نتيجة لـ:

١. ارتخاء جدران الأذينين أثناء عملية الانبساط.
٢. ارتفاع ضغط الأوردة نتيجة تدليك العضلات الهيكلية لجدرانها.

يبلغ الضغط الوريدي العام حوالي ١٠ ملم زئبق، وينخفض الضغط داخل الأذينين إلى حوالي صفر أو تحته بقليل أثناء عملية الشهيق بعدها يحدث: الانقباض الأذيني Auricular systole (يستغرق ٠,١ ثانية). يرتفع الضغط داخل الأذينين ليبلغ:

* حوالي ٤ - ٦ ملم زئبق في الأذين الأيمن.
* وحوالي ٧ - ٨ ملم زئبق في الأذين الأيسر.

في هذه الأثناء يحدث: الانبساط البطيني Ventricular Diastole (يستغرق ٠,٢ ثانية) ينخفض الضغط داخل البطينين إلى ما يقارب الصفر (وعند ابتداء الانخفاض تنغلق الصمامات شبه الهلالية لتمنع رجوع الدم إلى البطينين). يؤدي ارتفاع الضغط في الأذينين عنه في البطينين إلى انفتاح الصمامات الأذينية - البطينية Atrio - ventricular valves ودخول الدم من الأذينين إلى البطينين.

وبعد ذلك يحدث: الانقباض البطيني Ventricular systole (يستغرق ٠,٢ ثانية) وهو اقوى من الانقباض الأذيني بفضل الجدران العضلية السميكة للبطينين ويؤدي إلى ارتفاع كبير في ضغط الدم داخل البطينين.

يبلغ الضغط في البطين الأيسر ١٢٠ ملم زئبق أو أكثر وفي البطين الأيمن ٢٥ ملم زئبق يؤدي ارتفاع الضغط في البطينين عنه في الأذينين إلى: انغلاق الصمامات الأذينية - البطينية ومنع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين، وكذلك تنفتح الصمامات شبه الهلالية Semilunar Valves فيندفع الدم بقوة:

* من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر حيث يكون الضغط فيه ١٢٠ ملم زئبق.
* من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي حيث يكون الضغط فيه ٢٢ ملم زئبق.

بعد الانقباض يعتري البطينين الانبساط الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط فيهما إلى الصفر. ولكن حالما يبدأ الضغط داخل البطينين بالانخفاض أقل من الضغط في الشريان الأبهر والشريان الرئوي، تنغلق الصممات شبه الهلالية وبذلك يمنع رجوع الدم إلى البطينين وتسمى مجموع هذه الحوادث بالدورة القلبية Cardiac Cycle.

- لا يرجع الدم من الأذينين إلى الأوردة الرئيسة أثناء التقلص الأذيني بالرغم من عدم وجود صمامات بين هذه الأوردة والأذينين للاسباب الآتية:

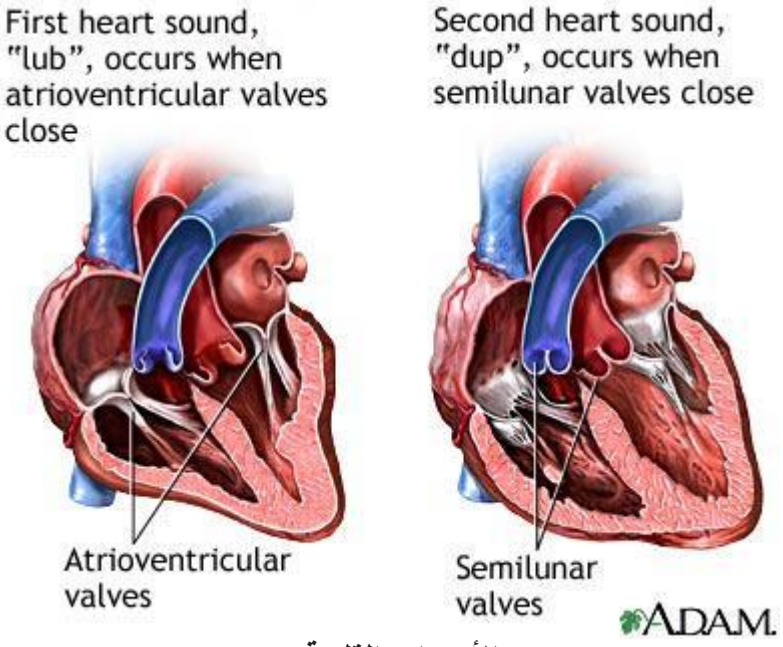
١. ضعف الانقباض الأذيني بحيث أن الضغط في الأذنين أثناء الانقباض لا يتعدى الضغط في الأوردة المتصلة بها مطلقا.
٢. ضعف المقاومة الأمامية لانتقال الدم في الأذنين إلى البطينين نظراً للترتيب الخاص للصمامات الأذينية البطينية.
٣. وجود الياف عضلية حلقية عند اتصال الأوردة بالأذينين تعمل على تضييق الفتحة الكائنة بين الوريد والأذين أثناء انقباض الأذين.

الأصوات القلبية Heart Sounds

يرافق نبض القلب صوتان متميزان هما:

١. الصوت الأول أو الانقباضي First or systolic sound: يكون هذا الصوت اطول من الصوت الثاني واوطأ نغمة ويشبه اللفظة " Lubb " يعتقد أن سببه الاهتزاز الذي يحدث في الصمامات الأذينية - البطينية أثناء انغلاقها عند ابتداء الانقباض البطيني Ventricular systole وكذلك الاهتزاز في جدران البطينين. إن أي عطب يصيب الصمامات الأذينية البطينية يؤثر على هذا الصوت ويسمى الصوت الناتج باللفظ Murmur.

٢. الصوت الثاني أو الانبساطي Second or diastolic sound: وسببه الاهتزاز الحادث في الصمامات شبه هلالية نتيجة انغلاقها عند ابتداء الانبساط البطيني - Ventricular diastole ويشبه اللفظ " Dup " . لذلك فإن نبض القلب يشبه صوت اللفظين " Lubb - Dup ". وتعاد هذه في كل دورة قلبية، وتبلغ عدد النبضات حوالي ٧٢ مرة في الدقيقة للإنسان البالغ الصحيح. أحياناً يمكن سماع أصوات إضافية في القلب الطبيعي.



الأصوات القلبية

ضغط الدم Blood Pressure

يتكون ضغط الدم نتيجة لانقباض جدران البطين العضلية. ويقصد بضغط الدم باللغة الطبية: الضغط داخل الشرايين الجهازية والتي تشمل الأبهر وتفرعاته. بالمعنى الوظيفي: الضغط في تجاويف القلب الأربع أثناء الانقباض والانبساط وداخل الشرايين والأوردة والأوعية الشعرية.

يقاس الضغط في الإنسان في الشريان العضدي Brachial artery بواسطة جهاز قياس الضغط Sphygmomanometer ويتالف من كيس الضغط Pressure cuff وسماعة الطبيب Stethoscope ومنفاخ مطاطي على شكل حويصلة مطاطية bulb، مانوميتر زئبقي.

جهاز قياس ضغط الدم

* بربط الكيس حول العضد فوق المرفق بحوالي بوصة واحدة وتوضع السماعة تحت الكيس وفوق الشريان.
* ننفخ بواسطة الحويصلة المطاطية إلى أن يصبح الضغط داخل الكيس حوالي ٢٠٠ ملم زئبق.
* نظراً لأن هذا الضغط أعلى من ضغط الدم في الشريان العضدي فإنه يؤدي إلى سد الشريان.
* بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية بفتح الصمام للتخلص من الهواء الزائد.
* يستمر ذلك حتى يسمع صوت يمثل مرور الدم في الشريان العضدي بعد ان كان مغلقا ويسمى صوت كوروتكوف Korotkoff sound بواسطة السماعة التي توضع على الشريان العضدي، يمثل الضغط الذي يقرأ على المانوميتر الضغط الانقباضي Systolic Pressure.
* بعد ذالك يخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية الأمر الذي يجعل الصوت أعلى فأعلى إلا أن يخفت بصورة فجائية وهذا هو الضغط الإنبساطي Diastolic Pressure.

عندما ينقبض البطين الأيسر يرتفع الضغط داخله إلى ١٢٠ ملم زئبق، يؤدي هذا إلى انفتاح الصمام شبه الهلالي الكائن في بداية الأبهر. يندفع الدم داخل الشريان الأبهر ويرتفع الضغط فيه إلى ١٢٠ ملم زئبق أيضاً. يسمى هذا بالضغط الانقباضي SystolicPressure. بعد ذلك يبدا البطين الأيسر بالإنبساط فينخفض الضغط داخله إلى أن يصل الصفر تقريباً، أما الضغط داخل الأبهر والشرايين المتفرعة منه فيبدأ هو الآخر بالانخفاض. عندما يصل الضغط حوالي ٨٠ ملم زئبق وينغلق الصمام شبه الهلالي وبذلك لا ينخفض الضغط في الشرايين دون هذا مطلقا.

يسمى هذا بالضغط الإنبساطي Diastolic pressure.

يسمى الفرق بين الضغطين الإنقباضي والانبساطي بضغط النبض.

ضغط النبض = ١٢٠ - ٨٠ = ٤٠ ملم زئبق في البالغين الأصحاء.

أما المعدل الحسابي للضغطين الإنقباضي والانبساطي فيدعى متوسط ضغط الدم. متوسط ضغط الدم = (١٢٠ + ٨٠) ÷ ٢ = ١٠٠ ملم زئبق.

العوامل المؤثرة على ضغط الدم

١. الضخ القلبي Cardiac Output: ويعتمد على معدل النبض Heart rate وحجم الضربة Volume stroke.

٢. المقاومة المحيطية Peripheral resistance: تتأثر بـ أقطار الأوعية الدموية، وحجم الدم، ولزوجة الدم.

معدل النبض (٧٢ نبضة / دقيقة).
حجم الضربة (٧٠ مليلتر).
الضخ القلبي (٥ لتر / دقيقة).
متوسط ضغط الدم (١٠٠ ملم زئبق).
المقاومة المحيطية.
أقطار الشريان.
لزوجة الدم (١,٥٤).
حجم الدم (٦ لتر).

تتناسب المقاومة التي يلاقيها الدم عبر مروره خلال الأوعية الدموية عكسياً مع القوة الرابعة لأنصاف أقطار الأوعية الدموية (أنصاف أقطار الأوعية الدموية)^{٤} وطردياً مع لزوجة الدم.

وبما أن ضغط الدم يتناسب طرديا مع المقاومة الحيطية لذلك فإن ضغط الدم يتناسب عكسياً مع القوة الرابعة لانصاف أقطار الأوعية وطرديا مع لزوجة الدم.

ضغط الدم α (الزوجة الدم / أنصاف أقطار الأوعية الدموية)^{٤} .

المقاومة المحيطية:

تقع معظم المقاومة في الشرينات . وبما أن الشريان والأوعية الدموية لها القابلية على تغيير أقطارها لذا فإن ضغط الدم يعتمد على توسع Vasodilataion وانقباض Vasoconstriction الشرينات.

ويقع الانقباض والانبساط في أقطار الشرايين تحت تأثير الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق الألياف العصبية الودية التي هي قابضة للشرينات.

وتؤدي زيادة فعالية هذه الألياف إلى انقباض عام للشرينات وبالتالي ارتفاع ضغط الدم (وهذا يفسر ارتفاع الضغط المفاجيء عند الانفعال). كما أن قلة فعالية هذه الألياف تؤدي إلى انبساط الشرينات وبالتالي انخفاض ضغط الدم العام.

لزوجة الدم Blood viscosity

وتعتمد على عدد الكريات الحمراء ومقدار بروتينات بلازما الدم. إن انخفاض هذه المكونات بسبب الإصابة بفقر الدم الشديد يؤدي إلى انخفاض اللزوجة في الدم وبالتالي انخفاض الضغط. كما أن ازدياد عدد الكريات الحمر كما في مرض فرط الكريات Polycythemia يؤدي إلى ارتفاع لزوجة الدم وكذلك ارتفاع ضغط الدم.

ضغط الدم وجريانه في الأوعية المختلفة

يتناقص ضغط الدم بصورة تدريجية ابتداء من الأبهر (حيث متوسط الضغط البالغ ١٠٠ ملم زئبق) وانتهاء في الأوردة الجوفاء Venae Cavae التي تصب في الأذين الأيمن والتي يصل الضغط فيها إلى الصفر تقريبا. ويلاحظ أن معظم الهبوط في الضغط يحصل في الشرينات وذلك لأن هذه الأوعية الدموية تحمل أعلى مقاومة لجريان الدم بسبب أقطارها الضيقة بالنسبة للشرايين التي تتفرع منها.

سرعة الجريان الدموي

تتناسب سرعة جريان الدم عكسياً مع لمساحة الكلية المجموع مقاطع الأوعية الدموية التي يمر الدم خلالها.

لذا فإن الدم يكون سريع الجريان في الأبهر والشرايين الرئيسية المتفرعة منه وفي الأوردة واوطأ ما يكون في الشعيرات الدموية.

الوعاء	المجموع الكلي للمقاطع	سرعة الجريان
الشرايين الكبيرة (الأبهر)	٤٠٠ ملم^2	٢٠٠ ملم / ثانية
الشعيرات الدموية	١٦٠,٠٠٠ملم^2	١ - ٢ ملم / ثانية
الأوردة الكبيرة	٦٠٠ ملم^2	١٣٣ ملم / ثانية

سرعة الجريان ولا تعتمد على الضخ القلبي وإنما على سعة المجرى الذي يمر فيه الدم يلاحظ بأن مجموع مساحة مقاطع الشعيرات هو ٤٠٠ مرة اكثر من مساحة المقطع العرضي للأبهر، لذا فإن سرعة جريان الدم في الشعيرات هي ٤٠٠ مرة أقل مما هو عليه في الأبهر.

السيطرة العصبية Nervous control

يقع كل من نبض القلب وتوسع وتمدد الأوعية الدموية وضغط الدم تحت السيطرة العصبية.

نبض القلب

للقلب القابلية على النبض الذاتي إلا أن الجهاز العصبي له تأثير محور لسرعة هذه النبضات تحت الظروف المختلفة كالرياضة لخدمة الجسم الأنية.

يزود القلب بنوعين من الألياف العصبية هي:

١. الالياف الودية Sympathetic fibers التي تزيد من سرعة وقوة النبض.
٢. الألياف نظير الودية Parasympathetic fibers التي تثبط سرعة وقوة النبض.

في أثناء الراحة هناك توازن بين الفعل المحفز للألياف الودية والفعل المثبط للألياف نظير الودية بحيث يبقى النبض قريباً من ٧٢ نبضة / دقيقة. وفي أثناء الرياضية أو الأعمال الشاقة يزداد التحفيز الودي مما يؤدي إلى تسارع القلب ولكن ضعف النبض.

الدم Blood

وهو من الأنسجة الرابطة السائلية ولكنه أكثرها ديناميكية وتخصصا في الجهاز الناقل. وتضاف للدم في كل لحظة عشرات الأنواع من المواد المختلفة من القناة الهضمية على شكل نواتج هضم المواد الغذائية المختلفة كما يضاف اليه الأوكسجين من الرئتين وهرمونات عديدة. وتزال من الدم أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات تطرح بواسطة الكليتين مع البول أو CO_2 بواسطة الرنتين، وعلى الرغم من الاضافة والطرح يبقى الدم محافظة على تركيبه ومكوناته وخواصه، ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم الذي يتميز بالثبوتية بالرغم

من تبدل المحيط الخارجي، ويشكل الدم حوالي ٥ ألتار وحسب وزن الجسم (يبلغ ٧،٧% من وزن الجسم).

مكونات الدم

١. البلازما (٥٥ %) ويشكل الماء حوالي ٩٠% من نسبته ويحتوي على بروتينات البلازما Plasma Proteins وهي الألبومين والكلوبيولين والفايبرينوجين.

* بروتينات منظمة وواقية وهي الهرمونات والأجسام المضادة والأنزيمات.
* مواد لا عضوية مثل Na . CI , Ca . K . HCO_3 . I , Fe.
* غازات التنفس وهي CO_2 ، O_2 .

٢. مواد عضوية ، وتشمل:

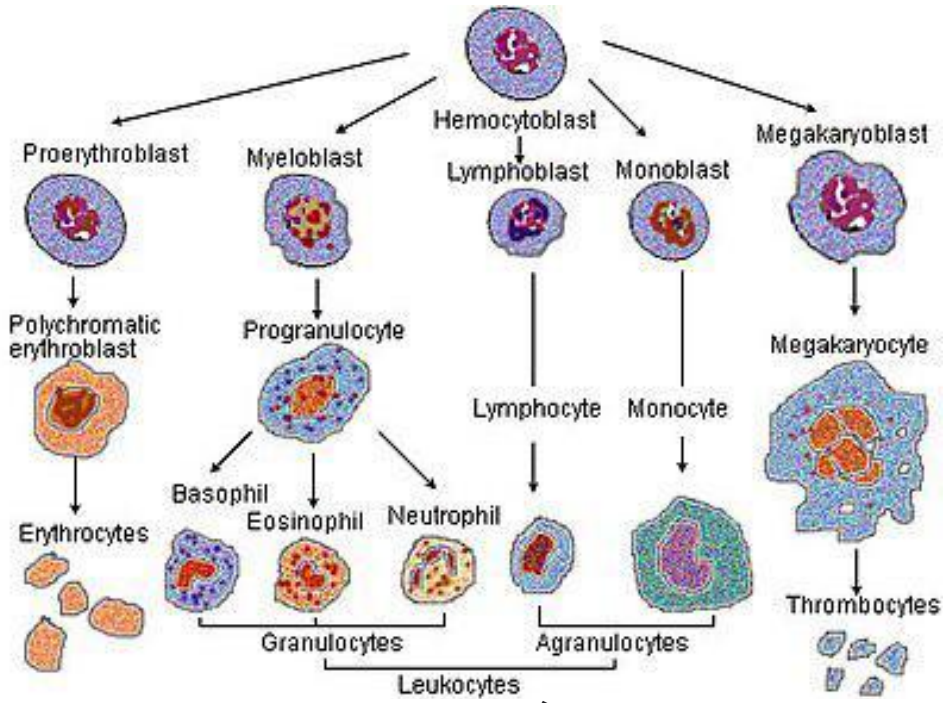
* الفضلات مثل اليوريا وحامض اليوريك والكرياتين والأمونيا . . . الخ.
* مواد غذائية مثل الحوامض الأمينية، وسكر العنب والدهون والكوليسترول.

٣. خلايا الدم وتشكل ٤٥% وهي أثقل من البلازما فلذلك تغطس إلى القعر عند أخذ العينة الدموية وتشمل:

أ - خلايا الدم البيض WBCs وتشكل ٥٥٠٠-٩٠٠٠ في كل ملم^3 واحد وتدافع عن الجسم ضد المواد الغريبة والبكتيريا.

ب - خلايا الدم الحمر RBCs وتشكل ٤،٢- ٦،٤ مليون في كل ملم ^{3} واحد وتعمل على نقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون.

ج - الأقراص الدموية Platelets or Thrombocytes. وتشكل ٢٥٠ - ٥٠٠ ألف في كل ملم^3 واحد وهي مهمة في تخثر الدم الطبيعي.



مكونات الدم في الانسان ومراحل تكونها

بروتينات البلازما Plasma Proteins

* توجد بشكل ذائب في البلازما.
* تشكل حوالي ٦ - ٨ % من وزن البلازما.
* تتكون من ثلاثة أنواع هي:

أ - البومين مصلي Serum albumin

* نسبته ٤ - ٥ %.
* ويكسب الدم ضغطه الأوزموزي.

ب - كلوبيولين مصلي Serum Globulin

* نسبته ٢,٧- ٣ %.
* يتكون من ثلاثة أنواع هي الفا، بيتا، كاما.

١. الفا كلوبيولين α Globulin ويعمل على نقل البليروبين Bilirubin والليبيدات والستيرويدات.
٢. بيتا كلوبيولين β Globulin ويعمل على نقل الحديد Fe والنحاس Cu في البلازما.
٣. كاما كلوبيولين δ Globulin وله علاقة بتكوين الأجسام المضادة والمناعة.

ج - الفايبرينوجين Fibrinogen

* ضروري لتكوين الفايبرين Fibrin المهم في عملية تخثر الدم.
* نسبته ٠,٣%.

أهمية بروتينات بلازما الدم

* تكسب بروتينات البلازما ضغطا أوزموزيا Osmotic pressure يقدر بحوالي ٢٥ – ٣٠ ملم زئبق.
* وهي مهمة في تنظيم حجم الدم Blood Volume وتوازن السوائل الجسمية Body ' s fluid balance.
* مسؤولة عن الزوجة الدم Viscosity وضرورية في استمرار ضغط الدم الطبيعي.
* إضافة إلى تكوينها شبكة التخثر الدموي.
* يصنع معظم الألبومين والفايبرينوجين تقريباً في الكبد. اما الكوبيولين فيصنع في الكبد والعقد اللمفاوية.
* يصنع الكبد بروتينات البلازما بسرعة وبمعدل ٥٥ غم كل ٢٤ ساعة ويعتمد معدل صنع البروتينات من الكبد على تركيز الحوامض الأمينية في الدم.
* بالامكان فصل بروتينات البلازما بواسطة جهاز الهجرة الكهربائية Electrophoresis فعند تعريض قطرة صغيرة من البلازما موضوعة على ورق ترشيح إلى تيار كهربائي ضعيف في جهاز تتحرك الجزيئات البروتينية باتجاه القطب الموجب Anode لانها ذات شحنة سالبة.
* ونظراً لإختلاف درجة سالبية الجزيئات المختلفة من بروتينات البلازما وتباين اوزانها الجزيئية فإنها تتحرك نحو القطب الموجب بسرع مختلفة وبذلك تنفصل عن بعضها على فرق الترشيح.
* تقوم بروتينات البلازما بوظائف أخرى فهي تعمل على حمل بعض الهرمونات مثل الثايروكسين Thyroxin وهرمونات قشرة الكظرية وهرمونات المناسل.
* نقص تركيز بروتينات البلازما يسمى Hypoproteinemia ويحدث عند المجاعة أو التهاب الكلى Nephritis.

إفرازات البنكرياس

ا - الأنزيمات الهاضمة للبروتينات وتشمل:

١. التربسين Trypsin: ويعمل على تحويل البروتينات إلى بيتايد وحوامض أمينية.

Trypsin

Protein ---------- Peptid + Peptones

٢. الكايموتربسين Chymotrypsin: ويعمل على تحويل البروتينات إلى بيتايد وبيتونز كما في التربسين.

٣. الكاربوكسي بيتايديز Carboxypeptidase: ويعمل على تحويل البيتايد إلى حوامض امينية.

Carboxy peptidase

Peptides ---------- Amino acid

ب . الأنزيمات الهاضمة للكاربوهيدرات:

وتحتوي العصارة البنكرياسية انزيم واحد هاضم للكاربوهيدرات وهو اميليز البنكرياس Pancreatic amlase الذي يحول النشا إلى دكسترين ومالتوز

Pancreatic amylase

Starch ---------- Dextrins + Maltose

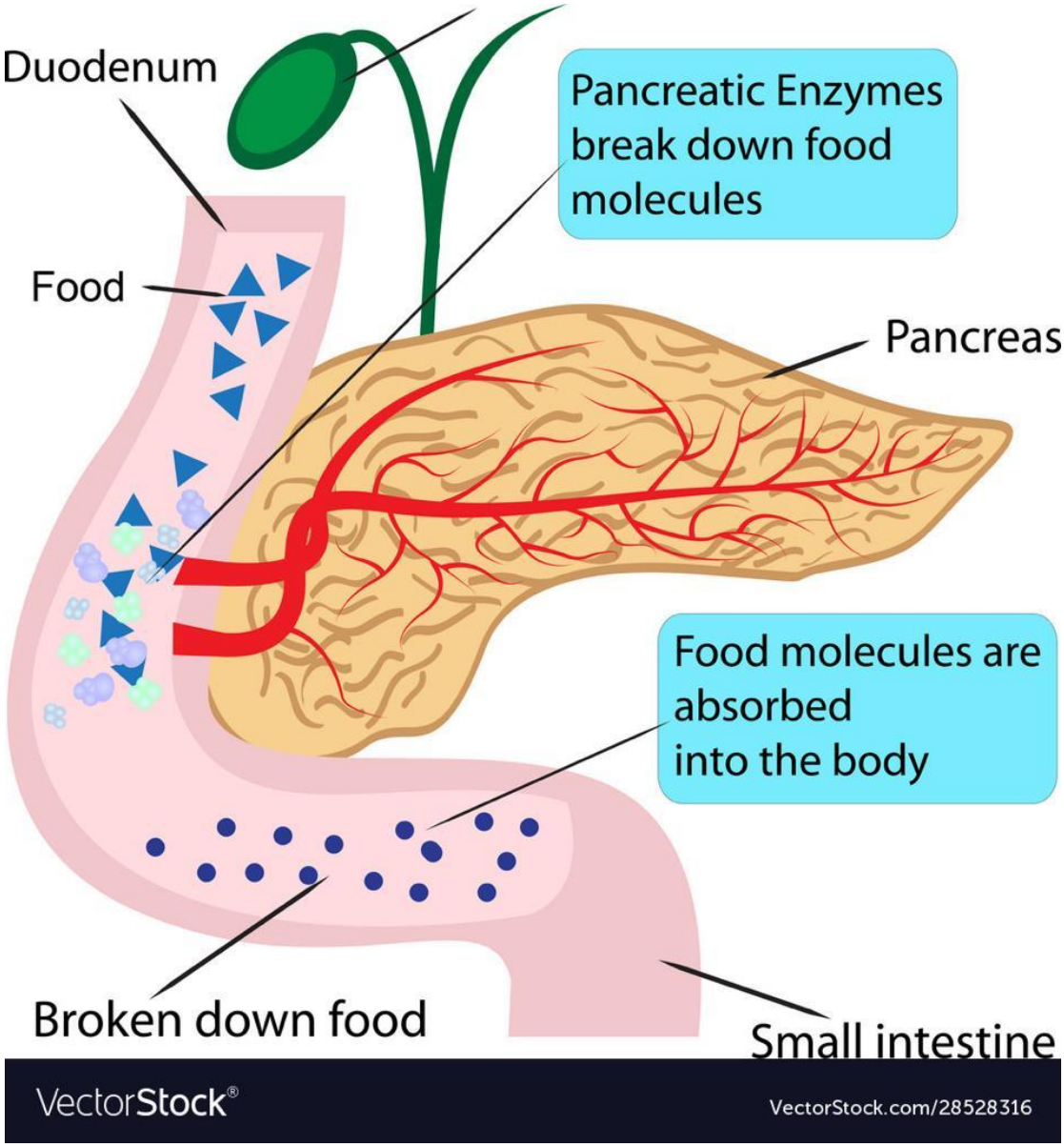
ج - الأنزيمات الهاضمة للشحوم:

وتشمل لأيبيز البنكرياس Pancreatic Lipase الذي يعمل على تحويل الشحوم إلى حوامض شحمية بسطية وكليسيريدات.

Pancreatic Lipase

Fats ---------- Fatty acids + glycerides

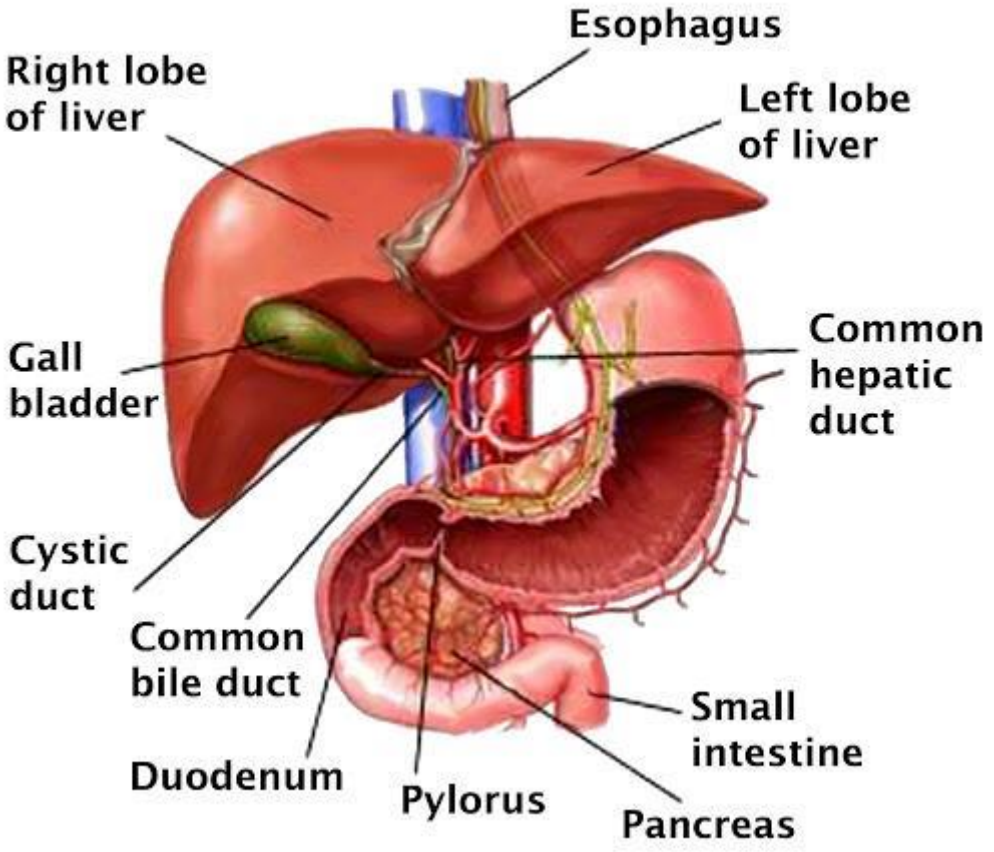
د. كما تحتوي العصارة البنكرياسية على كمية كبيرة من البيكاربونات والأيونات السالبة الأخرى مثل CI^- , SO_4^{-2} , HPO_4^{-2} وأيونات موجبة مثل البوتاسيوم، والكالسيوم والغنيسيوم وتبلغ حموضة العصارة البنكرياسية حوالي ٨ (pH : ٨).



الكبد Liver:

وهو غدة كبيرة في الجسم وله وظائف كثيرة أهمها ما يأتي:

١. إفراز الصفراء Bile.
٢. تكوين وخزن الكلايكوجين وتنظيم كمية ومستوى السكر في الدم.
٣. تكوين بروتينات بلازما الدم وخاصة البروثرومبين Prothrombin والفايبرينوجين Fibrinogen.
٤. تكوين اليوريا وعزل الأمونيا Deamination من الحوامض الأمينية وتحطيم حامض البول Uric acid.
٥. خزن وتنظيم إنتشار عامل فقر الدم الخبيث Antipernicious anaemia.
٦. خزن الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A , D , E , K.



الكبد

لاحظ كيس الصفراء (المرارة) والقناة الصفراوية المشتركة

الصفراء Bile:

الصفراء Bile تقوم الخلايا المبطنة للقنوات canaliculi في الكبد بصنع الصفراء الذي لا يمر الى الاثني عشري مباشرة وانما يخزن في كيس الصفراء bladder حيث يتسرب حسب الحاجة الى الاثني عشري . ولأفراز الصفراء وظيفتان احدهما هاضمة والاخرى إبرازيه . يقوم الكبد عن طريق افراز الصفراء المستمر بتخليص الدم من عدد كبير من الفضلات الناتجة من الأفعال الحيوية . اما الوظيفة الهضمية فتتم بطرح الصفراء الى داخل الاثني عشري لكي يساعد على هضم المواد الدهنية بالرغم من عدم احتواء الصفراء على اي انزيم هاضم الا أنه ضروري جداً لعملية هضم هذه المواد . فهو لاحتوائه على أملاح الصفراء bile salts يقوم بتجزئة المادة الدهنية الى قطيرات صغيرة جداً مما يجعل السطح المعرض لانزيم اللابييز واسعاً جدا.

يتراوح حجم الصفراء المفرزة يومياً في الانسان حوالي ٥٠٠ الي ١٠٠٠ سم^{3} والافراز مستمر ولكن يزداد قليلاً عند منتصف النهار ويقل اثناء الليل . ومن أهم العوامل التي تحفز خلايا الكبد على افراز الصفراء وجود املاح الصفراء في الأمعاء التي يعاد امتصاصها فيحملها الدم الى الكبد ليتم افرازها من جديد ، تخزن الصفراء في المرارة التي تسع حوالي ٥٠ سم نتيجة لانسداد صمام اودي sphincter of Oddi الواقعة عند اتصال القناة الصفراوية المشتركة common bile duct مع الاثني عشري وبذلك يمنع انسياب الصفراء

الى الأمعاء وبدلاً من ذلك تتجه نحو المرارة عن طريق القناة الكيسية cystic duct حيث تخزن هناك

عند تدفق الكايموس الى الاثني عشري ترتخي عاصرة أودي وبذلك تنساب الصفراء الي الاثني عشري على شكل دفقات تعقب دفقات الكيموس ، وتدفق الصفراء هو نتيجة لتقلص جدران المرارة ويقع هذا التقلص تحت التأثير العصي وتحت تأثير هورمون يدعى كولي سيستوكنين cholecystokinin الذي يفرز من خلايا الأمعاء تحت تأثير حامض الهيدروكلوريك والدهون ويحمل بواسطة الدم الى كيس الصفراء.

والصفراء مادة افرازية وابرازية في نفس الوقت فهي تحتوي على مواد افرازية يصنعها الكبد مثل أملاح الصفراء bile salts والكولسترول cholesterol وعلى فضلات هي الصبغات الصفراوية bile pigments الناتجة من تحلل الهيموكلوبين المتحرر من الكريات الحمر المتهدمة . تشمل الصبغات الصفراوية البيليروبين bilirubin ذو اللون الأصفر والبيليفردين الاخضر اللون biliverdin . اذا تقاعس الكبد لسبب من الأسباب عن افراز هاتين الصبغتين او لم يتم طرح الصفراء كما يحدث عند انسداد المجاري الصفراوية فان الصبغات الصفراوية تتجمع في الدم وتسبب اصفرار بياض العينين والبشرة وتدعي الحالة باليرقان jaundice ، وهناك ثلاثة أنواع من البرقان تصيب الجسم وهي:

١. اليرقان التحللي Haemlytic jaundice وينتج من زيادة تكسر خلايا الدم الحمر مسبباً فقر الدم.
٢. اليرقان التسممي Toxic Jaundice وينتج من التسمم ببعض المواد التي لها القابلية على التأثير في كمية الصبغات.
٣. اليرقان الانسدادي Obstructive Jaundice وينتج من انسداد القناة الصفراوية المشتركة بوساطة حصاة Gall Stone تتكون داخل تجويفها نتيجة ترسب الكولسترول غير الذائب في كيس الصفراء.

اما الاملاح الصفراوية فاهمها كلايكوكولات وتوروكولات الصوديوم اللذان يخفضان التوتر السطحي وبذلك يسببان استحلاب emulsification المواد الدهنية. أن مصدر الكولسترول الموجود في الصفراء هو الطعام ولكن تصنع خلايا اكيد كميات اضافية منه من الماء وحامض الخليك. ليست الصفراء عصارة هضمية بالمعنى الصحيح لعدم احتوائها على أنزيمات ولكن بالرغم من ذلك فهي ضرورية لهضم المواد الدهنية، فعند عدم وصول الصفراء الى الاثني عشري يخرج حوالي ٦٠ الي ٩٠% من دهون المتناولة في الغائط بالمقارنة بهضم وامتصاص حوالي ٩٠% من الدهون تحت الأحوال الطبيعية. تدعى هذه الحالة بالاسهال الدهني.

ويوجد بين أتصال القناة الصفراوية المشتركة Common bile duct والاثني عشري ما يعرف بصمام أودي Sphinctor of Oddi الذي يمنع انسياب الصفراء الى الأمعاء في الأحوال الاعتيادية، اما دخول الطعام الهضوم Chymes الى الاثني عشر فينبه بطانة الاثني عشر لإفراز هرمون خاص الى مجرى الدم يسمى كولي سيستوكينين Cholecystokinin بسبب انقباض كيس الصفراء وانبساط الصمام و بذلك تنساب عصارة الصفراء من الكيس الي الاثني عشر على شكل دفعات تعقب دفعات الطعام المتدفق.

وظائف عصارة الصفراء:

يمكن تلخيص وظائف عصارة الصفراء الى ما يلي:

١. تعد مصدراً مهماً للقاعدية حيث تقوم بمعادلة حامض كلوريد الهيدروجين الداخل الى الأمعاء والممزوج مع الطعام.

٢. تساعد على تنشيط لايبيز البنكرياس وتسريع عمل أميليز البنكرياس.

٣. تعمل املاح الصفراء على تخفيف التوتر السطحي للدهون عن طريق تقسيمها الى جزيئات صغيرة وبذلك تساعد على استحلابها Emulsification.

٤. تعمل املاح الصفراء على المساعدة في امتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A و D و E و K.

٥. تتحد املاح الصفراء بالأحماض الدهنية غير الذائبة لتكوين معقد الاحماض الدهنية واملاح الصفراء الذي يمتص بسهولة.

٦. ينظم عصارة الصفراء نمو بعض انواع البكتريا حيث تعمل وسطاً زرعياً لها اضافة الى عملها بوصفها مطهرة للأمعاء Antiseptic.

٧. تساعد العصارة بصورة غير مباشرة في هضم الكثير من أنواع الأغذية وتنشيط عمل الانزيمات الهاضمة عليها.

الافراز المعوي:

بالاضافة الى العصارة البنكرياسية والصفراء تفرز جدران الامعاء سائلا يدعى العصير المعوي succus entericus الذي يفرزه نوعان من الغدد هي غدد برونر Brunner ' s glands وخبايا ليبركون تقع غدد برونر في البطانة المخاطية للاثني عشري ويتميز افرازها بانه لزج شديد القلوية خال من الأنزيمات. اما افراز خبايا ليبركون والتي تقع في جدران بقية الأمعاء الدقيقة فهو اقل لزوجة ويحتوي على انزيمات هاضمة عديدة هي:

١. البيبتيديزات الثنائية dipeptidases والتي تحول البيتيدات الثنائية dipeptides الناتجة من هضم الببيسين والتربسين والانزيمات الاخرى الهاضمة للبروتينات proteases الموجودة في العصارة البنكرياسية الى احماض امينية.
٢. السكريزات الثنائية disaccharases وهي انزيمات تحول السكريات الثنائية الى سكريات احادية وتشمل مالتيز الذي يجزء مالتوز الى جزيئتين من كلوكوز، وانزيم اللاكتيز الذي يحول سكر اللاكتوز الى جزيئة كلوكوز وجزيئة كالاكتوز واخيراً سكريز الذي يهضم سكر السكروز الى كلوكوز وفروكتوز.
٣. lipase يهضم الدهون fats الى احماض شحمية وكليسيرول.

بعد افراز هذه الأنزيمات في العصارة المعوية تمتز adsorbed حالاً على سطوح الزغابات المجهرية المكونة لحافة الفرشاة وتؤدي عملها على هذه السطوح.

الإمتصاص Absorption:

تتخصص المنطقة السفلية من الأمعاء الدقيقة بشكل ممتاز لعملية الإمتصاص حيث تتكون بطانتها من عدد كبير من الطيات إبتداء من منطقة مصب القناة الصفراوية المشتركة وحتى منطقة الصمام اللفائفي الأعوري Ileo Caecal valve وتغطي هذه الطيات ملايين من البروزات الدقيقة وتدعى بالزغابات التي يبلغ طول الواحدة منها ملليمتراً واحداً تقريباً ويدلك تزيد هذه الزغابات من توسع السطح الماص بما معدله عشرة أضعاف.

امتصاص الماء والأيونات:

يتم إمتصاص الماء بعملية الإنتشار البسيط وفق القواعد الأوزوموزية أو التنافذية Osmosis بوصفه نتيجة ثانوية لإمتصاص الأيونات ومنتوجات الهضم الأخرى على أساس التركيز بالنسبة للدم.

اما إمتصاص الأيونات الأحادية فيتم بسهولة كما في حالة الصوديوم والبوتاسيوم والكلور وغيرها، بينما يكون إمتصاص الأيونات المتعددة التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات ضعيفاً. ويتم إمتصاص الأيونات وخاصة الصوديوم بعملية النقل الفعال حيث ينتج عن ذلك جهد كهربائي يعمل على جذب أيونات سالبة مثل الكلور من تجويف الأمعاء إلى السائل البيني. ومن الأيونات الأخرى التي تمتص بصورة فعالة أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم والحديد والفوسفات والبيكاربونات والمغنيسيوم.

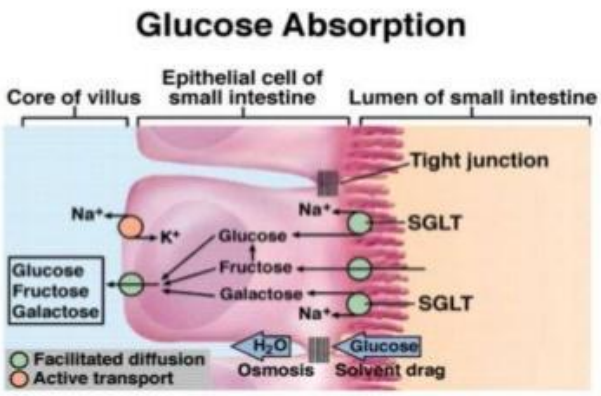
امتصاص الكاربوهيدرات

تتحول جميع الكاربوهيدرات في عملية الهضم الى السكريات الأحادية monosaccharides وفي الكلوكوز والكالاكتوز والفروكتوز. لذا فإن امتصاص الكاربوهيدرات هو في الحقيقة أمتصاص هذه السكريات الأحادية، يتم امتصاص هذه المواد بالنقل الفعال وذلك لان الميوكوسا لا يسمح للجزيئات التي يزيد وزنها الجريني عن ١٠٠ من المرور خلاله بعملية الانتشار.

يتأثر معدل امتصاص بعض السكريات بوجود ايون الصوديوم في تجويف الأمعاء حيث أن التركيز العالي له يساعد على دخول السكريات الى الخلايا الطلائية. لقد أظهرت البحوث بان كلا من كلوكوز وصوديوم يشترك في جهاز نقل واحد، وبالنظر لأن تركيز " Na داخل الخلايا واطيء فانه يدخل بالانتشار الى الخلايا الطلائية أخذاً معه جزيئات الكلوكوز التي تتحرر داخل الخلايا. اما الصوديوم فانه ينقل الى خارج الخلايا بالنقل الفعال، كما ينتقل الكلوكوز بالانتشار الي السائل خارج الخلايا ومنه الى الأوعية الشعرية الدموية، وهكذا فان الطاقة اللازمة لنقل الكلوكوز من تجويف الأمعاء الى الدم تستمر بصورة غير مباشرة من نقل ايونات الصوديوم الى خارج الخلايا (ATP). يتبع سكر الكالاكتوز نفس طريقة امتصاص كلوكوز اما فركتوز فانه ينقل بواسطة جهاز ناقل أخر كما ان امتصاصه لا يعتمد على توفر الصوديوم او يتأثر بامتصاص كل من كلوكوز او لاكتوز.

ABSORPTION OF CARBOHYDRATES

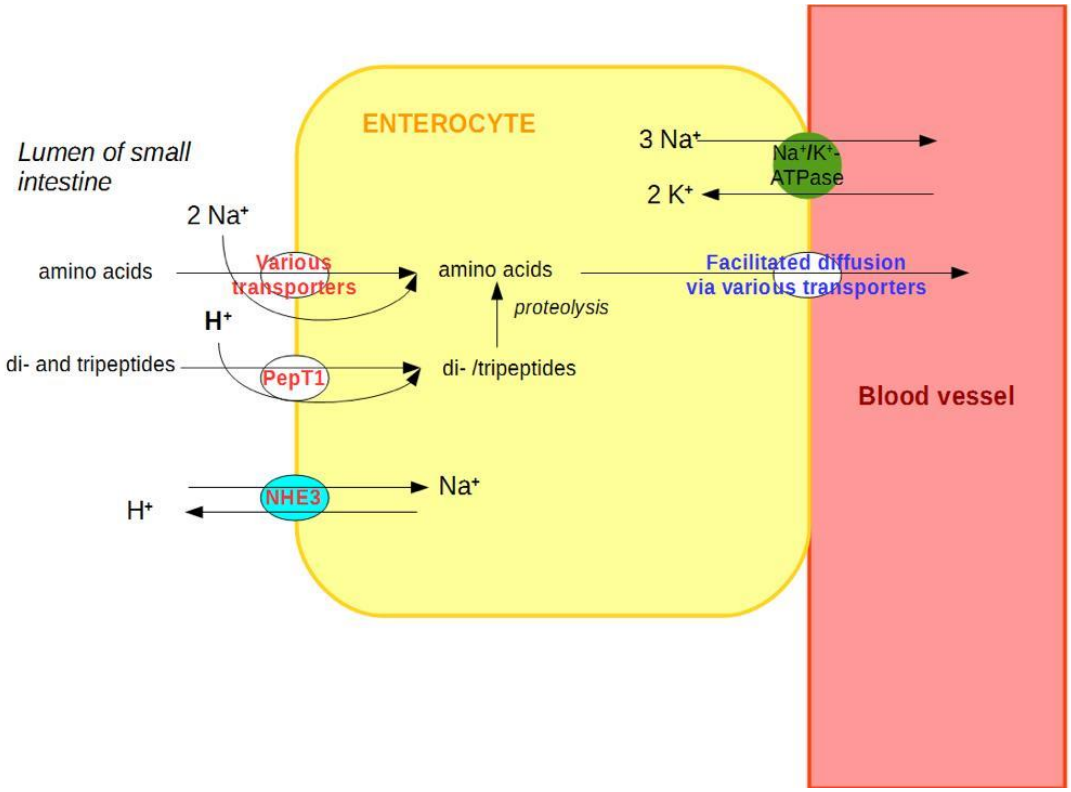
- Digested food from alimentary canal to blood stream.
- Monosaccharide is absorbed in small intestine.
- Sodium Glucose Transport Protein(SGLT) in membrane helps absorb glucose and galactose.
- Fructose absorbed is converted to glucose inside cell.



امتصاص الأحماض الأمينية:

تحتوي الأطعمة النباتية والحيوانية أنواعاً لاتحصى من البروتينات ولكن نتيجة لعملية الهضم تحول جميع أنواع البروتينات الي حوالي (٢٥) نوعا من الجزيئات الأصغر في الحوامض الأمينية amino acids، فامتصاص البروتينات هو في الحقيقة امتصاص الأحماض الأمينية التي بالإضافة الي عددها المحدود لها تركيب اساسي متشابه الأمر الذي يجعل ميكانيكية الامتصاص متشابهة في الحوامض الأمنية المختلفة، يتم امتصاص الأحماض الأمينية بالنقل الفعال.

بالاضافة الى امتصاص الحوامض الأمينية يتم امتصاص كميات ضئيلة جدا من الببتيدات الثنائية dipeptides وكميات أقل من البروتينات التي يتم امتصاصها بعملية الشرب الخلوي pinocytosis.



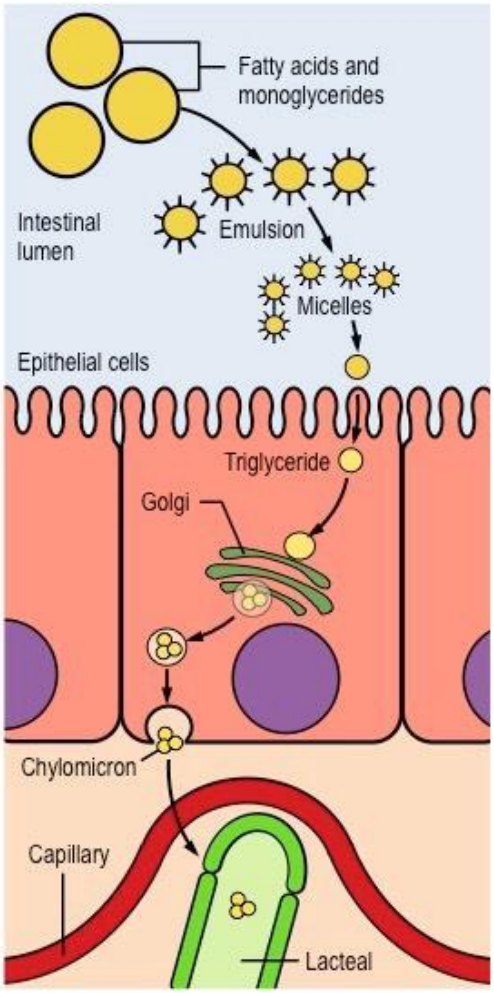
إمتصاص الشحوم

يتم إمتصاص الشحوم على شكل حوامض شحمية وكليسيرول وكليسيريدات أحادية إضافة إلى كميات قليلة من الكليسيردات الثنائية والثلاثية.

وتذوب جميع هذه المواد في المذيبات الدهنية لذلك تذوب في الغشاء البلازمي وتخترق الخلية بدخولها من النهاية الحرة حيث تصل إلى الجهة الداخلية للخلية بعملية الإنتشار وتخرج منها إلى مجرى اللمف. تعتمد طرق امتصاص الاحماض الدهنية على وزنها الجزيئي فالاحماض المكونة من اقل ١٢ ذرة كاربون تمتص مباشرة الى الدم البوابي حيث تنتقل على هيئة احماض دهنية حرة free fatty acids اما الاحماض الدهنية الحاوية على اكثر من ١٢ ذرة كاربون فيعاد استرتها بعد الامتصاص الى دهن (كليسيريدات ثلاثية) وتنتقل على هيئة كتل مجهرية تعرف بالكايلومايكرات chylomicra تدخل الاوعية اللمفاوية في الزغابات.

مما يساعد على امتصاص الكليسيريدات الاحادية والاحماض الدهنية هو استحلابها بواسطة املاح الصفراء الى كتل جزيئية منتظمة تعرف بالمايسيلات micelle والتي هي سهلة الاختلاط مع المحيط المائي لمحتويات الامعاء مما يساعد على اقترابها جدا الى سطوح خلايا بطانة الامعاء وبالتالي تسهيل عملية الامتصاص.

وتزيد الأملاح الصفراوية من معدل الإمتصاص ويعود ذلك إلى التأثير الإستحلابي لهذه الأملاح على الشحوم حيث تجعلها على شكل قطيرات صغيرة يمكن أن تلتقطها أغشية الزغابات.



Fatty acids and monoglycerides are emulsified by bile salts to form micelles

Fatty acids enter the epithelial cells and link to form triglycerides

Triglycerides combine with proteins inside the Golgi body to form chylomicrons

Chylomicrons enter the lacteal and are transported away from the intestine

الإمتصاص في الأمعاء الغليظة:

يدخل إلى الأمعاء الغليظة حوالي لتر من الغذاء المهضوم Chymes في اليوم تقريبا في الإنسان بعد أن يعبر الصمام اللفائفي الأعور، ويتم إمتصاص معظم الماء والأيونات في الغذاء المهضوم ولا يبقى منه سوى ١٠٠ سم ^{٣} تقريباً تطرح من الغائط.

ويتم جميع الإمتصاص تقريباً في القولون الصاعد ولذلك يسمي بالقولون الماص بينما يعمل القولون النازل على خزن الفضلات لحين طرحها لذلك يسمى بالقولون الخازن و لغشاء القولون القابلية على إمتصاص الصوديوم وبعض الأيونات بالنقل الفعال، لذلك تفقد كمية ضئيلة جداً من الصوديوم مع الغائط إضافة إلى كمية من الكالسيوم على شكل فوسفات الكالسيوم وبعض البيكاربونات.

وتوجد في القولون أنواع كثيرة من البكتيريا لبعضها القابلية على هضم السليلوز CelulIose، وتساعد على صنع بعض الفيتامينات مثل فيتامين K و B_{12} والثايمين Thiamine والرايبرفلافين Riboflavin (B2) وبعض الغازات كالأمونيا وكبريتيد الهايدروجين.

الامتصاص في الأمعاء الدقيقة امتصاص الكاربوهيدرات تحول جميع الكاربوهيدرات في عملية الهضم الى السكريات الأحادية monosaccharides وفي الكلوكوز والكالاكتوز والفروكتوز. لذا فإن امتصاص الكاربوهيدرات هو في الحقيقة أمتصاص هذه السكريات الأحادية ، يتم امتصاص هذه المواد بالنقل الفعال وذلك لان الميوكوسا لا يسمح للجزيئات التي يزيد وزنها الجريني عن ١٠٠ من المرور خلاله بعملية الانتشار.

يتأثر معدل امتصاص بعض السكريات بوجود ايون الصوديوم في تجويف الأمعاء حيث أن التركيز العالي له يساعد على دخول السكريات الى الخلايا الطلائية. لقد أظهرت البحوث بان كلا من كلوكوز وصوديوم يشترك في جهاز نقل واحد، وبالنظر لأن تركيز " Na داخل الخلايا واطيء فانه يدخل بالانتشار الى الخلايا الطلائية أخذاً معه جزيئات الكلوكوز التي تتحرر داخل الخلايا. اما الصوديوم فانه ينقل الى خارج الخلايا بالنقل الفعال، كما ينتقل الكلوكوز بالانتشار الي السائل خارج الخلايا ومنه الى الأوعية الشعرية الدموية، وهكذا فان الطاقة اللازمة لنقل الكلوكوز من تجويف الأمعاء الى الدم تستمر بصورة غير مباشرة من نقل ايونات الصوديوم الى خارج الخلايا (ATP). يتبع سكر الكالاكتوز نفس طريقة امتصاص كلوكوز اما فركتوز فانه ينقل بواسطة جهاز ناقل أخر كما ان امتصاصه لا يعتمد على توفر الصوديوم او يتأثر بامتصاص كل من كلوكوز او لاكتوز.

الغدد الصم

الهرمونات Hormones

يتكون مصطلح الغدد الصم Endocrine من جزئين الاول هو Endon ويعني الداخلي Internal والثاني هو Krinen ويعني تفرز Secrete لذلك سميت الغدد الصم بالغدد ذوات الافراز الداخلي، وعدت (صماً) لتميزها بعدم وجود قنوات تنقل افرازاتها اي انها تفرز محتوياتها الى سوائل الجسم المختلفة مباشرة.

وعلم الغدد الصم Endocrinology هو العلم الذي يدرس عمل الغدد الصم وتأثيراتها في الجسم ولابد من الاشارة هنا الى ان الجهاز العصبي يشترك مع الغدد الصم في تنسيق وظائف الجسم المختلفة وتفرز الغدد الصم مواد كيمياوية قوية جداً تعرف بالهرمونات.

الهرمونات Hormones وهي المواد الكيمياوية التي تفرزها الغدد الصم الموجودة في داخل الجسم بكميات قليلة ، حيث تنقل بعد افرازها بوساطة سوائل الجسم المختلفة ومنها الدم إلى الأعضاء المستهدفة Target organs لغرض تنسيق وظائفها .

ولكل هرمون تركيب كيمياوي خاص. وهذا التركيب مهم جداً في عمل الهرمون لانه يتيح له أن يتفاعل وعدداً من الخلايا فقط التي تعرف بالخلايا المستهدفة. وحين تصل الهرمونات إلى هذه الخلايا يتأثر معدل وظائفها الحيوية حيث يتسرع بعضها بينما يتباطأ البعض الآخر. لذلك لا تبدا الهرمونات التفاعل كما تفعل الانزيمات وإنما تكتفي بتنظيمه فقط تحفيزا أو تثبيطا. كما تختلف الهرمونات عن الفيتامينات بكون الأخيرة تكون ذات دور في تكوين الطاقة اضافة إلى أن معظمها يحصل عليه الجسم من المحيط ، بينما ينتج الجسم جميع هرموناته تقريباً.

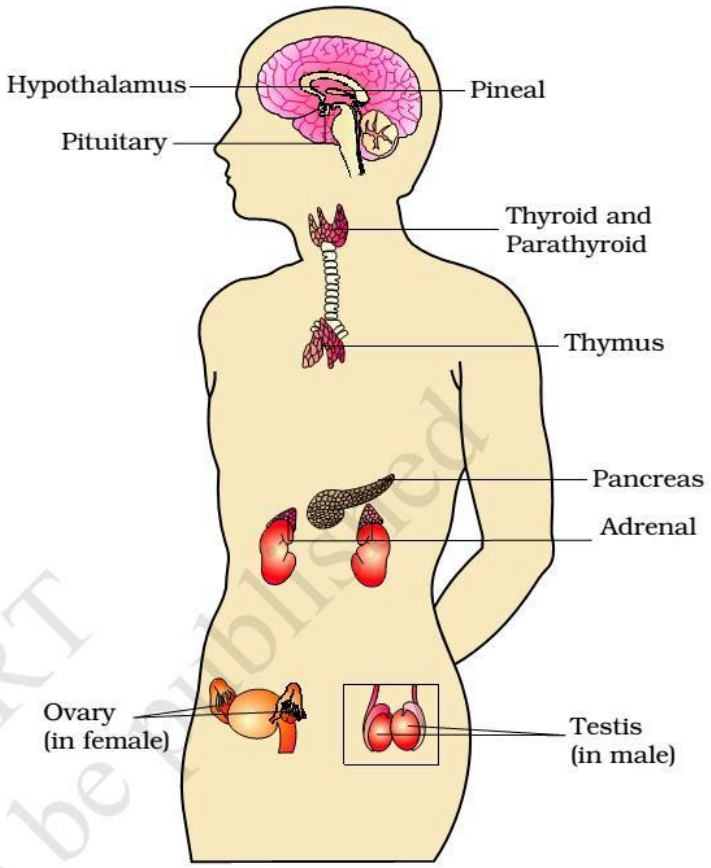


Figure 22.1 Location of endocrine glands

NOT to be published

عمل الهرمونات Hormone Action

تمتلك الأعضاء التي تستهدفها الهرمونات مستقبلات Receptors لنوع الهرمون المؤثر ضمن غشاء الخلية الخارجي. ويعزى تأثير الهرمون إلى تخصص المستقبلات واختلاف تركيبها، فمثلا تستهدف الهرمونات الستيرويدية الرحم لوجود مستقبلات خاصة في اغشية خلاياه يمكنها الاتحاد بهذه الهرمونات. ويستهدف الغدة الدرقية Thyroid Gland الهرمون المحفز للغدة الدرقية " TSH " , Thyroid Stimulating Hormone.

ويعمل الهرمون بعد اتحاده بالمستقبل على تغيير نشاط الخلية بطريقتين وهي :

١- تحفيز او تثبيط نشاط انزيمات سبق أن تكونت في الخلية . فمثلا ينشط هرمون الأبنفرين Epinephrine عمل أنزيم الفوسفوريليز phosphorylase الذي يعمل على تحليل الكلايكوجين، وينشط عمل انزيم اللايبيز Lipase الذي يحلل الشحوم الثلاثية الا انه يثبط نشاط انزيم اخر هو Glycogen Synthetase الذي يجمع جزينات سكر العنب ليكون منها الكلايكوجين.

٢- حث الحامض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين دنا DNA على انتاج الحامض النووي الرايبي رنا RNA بأنواعه المختلفة. ويؤدي هذا إلى تكوين بروتينات بضمنها أنزيمات عن طريق الترجمة Translation التي تتم على سطوح الرايبوسومات Ribosomes لذلك تحفز الهرمونات الخلية على تكوين انزيمات جديدة إضافة إلى تغيير نشاط الانزيمات الموجودة في السايتوبلازم التي سبق أن تكونت.

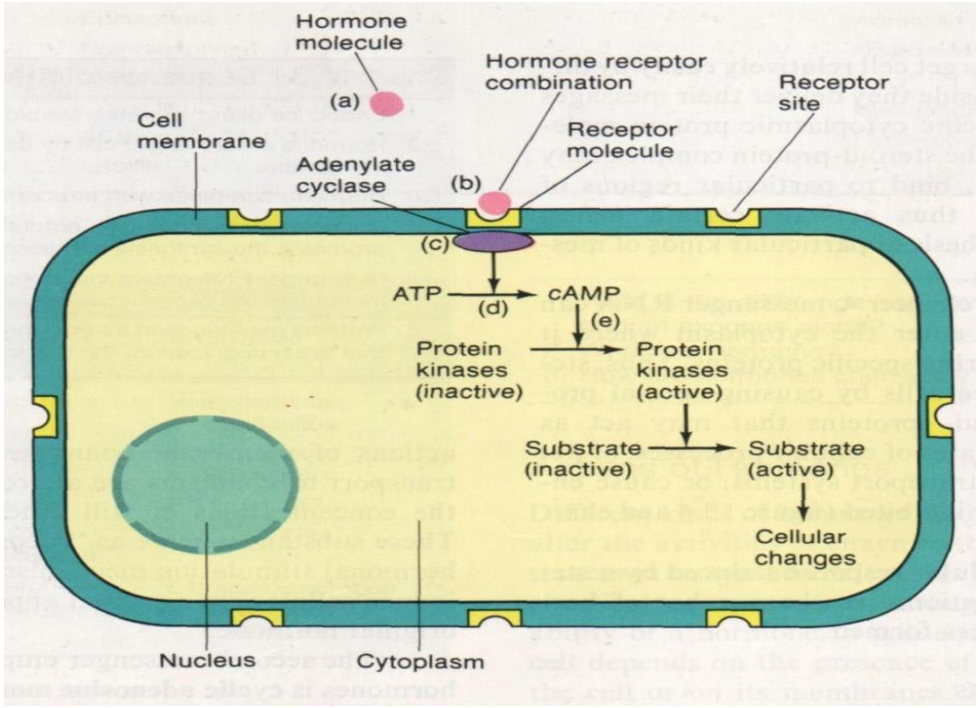
وتختلف طبيعة الهرمونات في عملها بإختلاف تركيبها الكيميائي ومقدار وزنها الجزيئي. فالهرمونات البروتينية التركيب ذات الوزن الجزيئي الكبير مثل الهرمون اللوتيني LH تبقى في خارج الخلية بعد اتحادها بمستقبلاتها ولا تدخل بل تكتفي بتحفيز أنزيم الادنيل سايكلين Adenylate Cyclase الموجود في غلاف الخلية.

يمكن تلخيص اسلوب عمل الهرمونات بما ياتي :

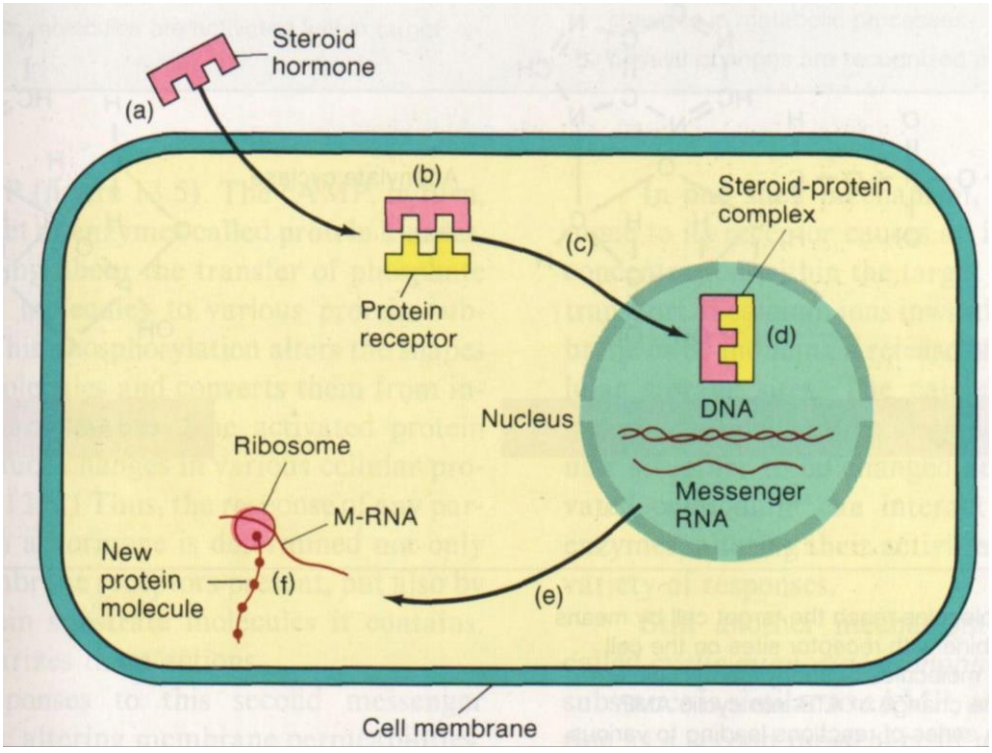
أ. يلتقي الهرمون المحدد بالمستقبلات ضمن العضو المستهدف ويكون اللقاء خطوة أولى ويسمى الهرمون الرسول الأول 1^{st} messenger.

ب. يعمل الهرمون (الرسول الأول) على تحفيز أنزيم الادنيل سايكليز في السطح الداخلي لغشاء الخلية لغرض تحويل الأدينوسين ثلاثي الفوسفور ATP إلى الأدينوسين احادي الفوسفور الحلقي cAMP كخطوة ثانية، والاخير يسمى بالرسول الثاني 2^{nd} messengerويوفر طاقة لتصنيع البروتين. وتعمل أكثر الهرمونات بالأسلوب المذكور سابقا مثل الجلوكاجون ، والابنفرين و ACTH , FSH , LH وغيرها.

ت. وأخيرا يؤثر cAMP المتكون في تصنيع البروتين الذي يؤثر في الميتوكوندريا لانتاج هرمون يسمي الرسول الثالث 3^{rd} messenger. ولما كانت الخلايا المختلفة تحتوي على مستقبلات مختلفة للهرمونات، افترض أن يكون cAMP هو القاسم المشترك لكل افعال الهرمونات ، لأن لكل خلية انزيماتها المختلفة على cAMP.



وعلى الرغم من أن الطريقة السابقة توضح عمل معظم الهرمونات، هناك بعض الاحتمالات الأخرى لفعل بعض الهرمونات مثل مجموعة الهرمونات الستيرويدية Steroids التي تكون صغيرة وسريعة النفاذ عبر غلاف الخلية ولا تحتاج إلى الرسول الثاني، حيث تنقل هذه الهرمونات بوساطة ناقلات Carriers متخصصة في ارجاء السايتوبلازم حتى تصل إلى الكروموسومات لتتحد بعد ذلك بالبروتينات النووية للكروموسومات فترفع الكبح عن الدنا DNA وتحفز استنساخه.



وهناك طريقة أخرى تحدد عمل الهرمون لعضو معين وهي حالة سلف الهرمون - Pro hormone. حيث يفرز الهرمون بحالة غير فعالة ويستمر بالدوران في الدم حيث يتطلب تحويله الى هرمون فعال وجود انزيمات خاصة تكون موجودة في المستقبلات نفسها ومثال ذلك انزيم 5-reductase الذي يحول هرمون الشحمون الخصوي Testosterone غير الفعال إلى هرمونه الثنائي الهايدروجين Dihydrotestosterone الفعال ويتركز وجود الإنزيم في البروستات او الغدد اللاحقة الأخرى.

تنظيم تكوين وافراز الهرمونات

ينظم الجسم نشاط الغدد الصم وتكوين الهرمونات وافرازها بحسب حاجته وضمن حدود معينة وبطرق مختلفة تتلخص بما يأتي:

١ - التنظيم الخلطي Humoral regulation:

ويقصد بذلك اختلاف مستويات تركيز المادة المنتجة فمثلاً يؤدي ارتفاع مستوى سكر العنب في الدم إلى هرمون افراز الأنسولين Insulin (الخافض لمستوى سكر الدم) من البنكرياس. اما انخفاض مستوى سكر العنب عن المستوى الطبيعي فيؤدي إلى افراز الجلوكاجون Glucagon (الرافع لمستوى سكر الدم) الذي يسبب انطلاق السكر من مواقع خزنه في الكبد على شكل جلايكوجين ليرفع مستواه في الدم.

٢- التنظيم العصبي Neural regulation:

ويتم عن طريق الأعصاب المجهزة للغدد الصم التي تسيطر على تنظيم افراز الهرمونات فيها. ومثال ذلك ما يحدث في لب الغدة الكظرية التي تتحفز لافراز هرمون الابنفرين عند تحفيز الأعصاب الودية المجهزة لها عند حدوث حافز عصبي في حالة الانفعالات العاطفية أو حالات الخوف والهلع وغيرها.

ويختلف تأثير السيطرة العصبية عن تأثير السيطرة الهرمونية بناحيتين هما:

أ - يستغرق زمن التنسيق العصبي فترة قصيرة جداً مقارنة بزمن التنسيق الهرموني.

ب - يكون اثر التنسيق العصبي موضعيا في حين يأخذ تأثير الهرمون مجالاً أوسع تقريباً.

٣ - التنظيم الوراثي Genetic regulation:

لقد أظهرت البحوث أن للتركيب الوراثي تأثيراً على مستوى الهرمونات المختلفة وافرازها. فقد وجد مثلاً أن مستوى هرمون النمو في دم الخنازير من الأنواع الكبيرة الحجم أكثر منه في الخنازير من الأنواع الصغيرة الحجم.

نقل الهرمونات

تخزن الهرمونات البروتينية في الغدد التي تكونها لاستعمالها عند الحاجة، أما الهرمونات الستيرويدية فإنها لا تخزن وإنما تفرز حال انتاجها، وتنقل الهرمونات بعد افرازها في سوائل الجسم المختلفة التي يشكل الدم جزأها الأكبر.

ويحتوي بلازما الدم على بروتينات متخصصة لنقل الهرمونات مثل الكلوبيولين الناقل للثايروكسين Thyroxin Binding Globulin TBG، والكلوبيولين الناقل للهرمونات القشرية CBC و الكلوبيولين الناقل للهرمونات الجنسية SHBG وغيرها.

ويزيد ارتباط الهرمون بالبروتين من قابلية ذوبانها في الوسط المائي ويمنع خروجها من الأوعية الدموية، كما يطيل بقاءها في الدم ويزيد من عمرها. ويكون الهرمون فعال ما دام مرتبطاً بالبروتين لحين تحرره لتسليط فعله على العضو المستهدف.

الأصناف الكيميائية للهرمونات

تصنف الهرمونات حسب تركيبها الكيميائي الى ما يأتي:

١ - **هرمونات تتكون من حوامض امينية Amino acids** وتشمل:

أ. هرمونات بروتينية بسيطة Simple proteins مثل هرمون الحليب وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية وهرمون النمو والانسولين والباراثارمون والهرمون المرخي.

ب. هرمونات بروتينية كاربوهيدراتية Glycoprotein مثل الهرمون اللوتيني وهرمون محفز الجريبات وهرمون محفز الدرقية.

ت. هرمونات لا يتعدى تركيبها سلسلة قصيرة من الأحماض الأمينية الببتيدية Peptides مثل الهرمونات المحررة من تحت المهاد المحفزة والمثبطة وهرمونات المعدة والأمعاء والثايروكسين والابنفرين والنورابنفرين.

٢ - **الهرمونات السيترويدية Steriod Hormones**

وتمتلك جميع هذه الهرمونات نواة ستيرويدية تتكون من اربع حلقات (Rings 4) ثلاث منها سداسية، والرابع خماسي وتسمى هذه النواة Cyclopentanoperhydrophenanther وتشمل هرمونات قشرة الغدة الكظرية الهرمونات الجنسية الذكرية (الأندروجينات) والأنثوية (الأستروجينات والبروجستينات).

هرمونات تحت المهاد المنظمة للغدة النخامية Hypothalamic Hypophyseal Regulating Hormones

تفرز هذه الهرمونات خلايا متخصصية موجودة في ما تحت المهاد، وتتميز بكونها اما هرمونات محررة Releasing Hormones RH او مثبطة Inhibiting Hormones IH. وتعد هذه الهرمونات حلقة الوصل بين التأثيرات والأفعال العصبية الخارجية وتحويلها إلى تأثيرات هرمونية وهي:

١- هرمون محرر هرمونات محرضة القند GnRH أو الهرمونات المحررة لمغذيات المناسل.
٢- هرمون محرر هرمون محفز الدرقية TRH.
٣- عامل محرر هرمون حليب PRF.
٤- عامل مثبط افراز هرمون الحليب PIF.
٥- عامل محرر هرمون النمو GRF أو SRF.
٦- هرمون مثبط هرمون النمو GIH أو SIH.
٧- العامل المحرر المغذي قشرة الكظر CRF أو ACTH - RF.
٨- هرمون محرر هرمون محفز خلايا الميلانين MRH أو MSH - RH.
٩- هرمون مثبط هرمون محفز خلايا الميلانين MIH أو MSH - IH.

الغدة النخامية Pituitary Gland

الغدة النخامية هي سيدة الغدد في الجسم، وتسمى باللاتينية Hypophysis Cerebri تقع في انخفاض عظمي على قاعدة الدماغ يعرف بالحفرة النخامية. وقد عدت هذه الغدة امتداداً تشريحياً ووظيفياً للجهاز العصبي المركزي. كما أنها تكون مع ما تحت المهاد جهاز واحد ينقل المعلومات من أجزاء الدماغ العليا الى الجهاز الصمي. وتشمل الغدة النخامية جزأين متميزين هما:

١- **الجزء النخامي العصبي Neurohypophysis**: ويشمل الفص الخلفي Posterior Lobe من الغدة، حيث يبقى متصلاً بما تحت المهاد بساق عصبي Stalk.

٢- **الجزء النخامي الغدي Adenohypophysis**: ويشمل الفص الامامي Anterior Lobe والفص الوسطي Intermediate Lobe حيث يعمل هذا الجزء على الاحاطة بالجزء العصبي من الغدة.

هرمونات الجزء الخلفي العصبي:

وهذه الهرمونات لا تصنعها الغدة النخامية نفسها وانما خلايا عصبية من الدماغ تجاور الغدة ثم تخزن الهرمونات في الفص الخلفي لتطلق عند الحاجة وهي:

١- هرمون معجل الولادة Oxytocin

يسبب هذا الهرمون تقلصا في العضلات الملساء للجهاز التناسلي الانثوي حيث يساعد على تعجيل عملية الوضع عند الحوامل وكذلك يزيد من نقل النطف خلال قناتي الرحم الى مكان الاخصاب.

ويعمل هذا الهرمون على تحفيز تقلص الخلايا الطلائية لعنبات الغدد اللبنية مسبباً ادرار الحليب ويتحفز افراز الهرمون بواسطة الرضاعة اضافة الى ان توسع المهبل في اثناء الولادة يمكن ان يسبب تحفيز افراز الهرمون.

٢- هرمون مانع التبول Antidiuretic Hormone ADH

يصنع هذا الهرمون في النوى فوق البصرية لما تحت المهاد ويسمى ايضاً بالفازوبريسين Vasopressin لتأثيره على حجم الاوعية الدموية عند اعطائه بكميات كبيرة ويعمل هذا الهرمون على زيادة امتصاص الماء المترشح من الكبيبات الكلوية عن طريق زيادة امتصاصه في الانابيب الملتوية كما انه يزيد من ضغط الدم عند اعطائه بجرع عالية عن طريق الاوعية الدموية.

هرمونات الجزء الأمامي الغدي

ويصنع الفص الأمامي للغدة النخامية هرموناته التي يفرزها وهي:

١- هرمون النمو Growth Hormone:

ويحفز هذا الهرمون نمو أنسجة الجسم الرخوة كالعضلات والصلبة كالعظام، ويعد من الهرمونات الابتنائية Anabolic للانسجة. ثم انه يكون مع هرمون الحليب جزءاً من المنظم النخامي لادرار الحليب، ويعمل الهرمون على تقليل استثمار انسجة الجسم للسكر ويزيد من مستواه في الدم، وكذلك يحفز تحلل الدهون مجهزاً عضلات الجسم بالأحماض الشحمية وتؤدي قلة الهرمون إلى توقف النمو أو حالة القزامة Dwarfism بينما تؤدي زيادة مستواه قبل البلوغ إلى ما يعرف بالعملقة Giantism، أما زيادة مستوى الهرمون بعد البلوغ فتؤدي إلى حصول نمو غير متناسق في الجسم تدعى ضخامة الأطراف Acromegally

٢- هرمون الحليب Prolactin:

وهو من الهرمونات الابتنائية للانسجة ويسمى ايضاً يهرمون محفز تكوين الحليب، كما يتميز في اللبائن بعاملين مهمين هما اشتراكه وهرمون النمو وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية ACTH بوصفهما جزءاً من المنظم النخامي الادرار الحليب. ويعمل متعاوناً مع الاستروجين والبروجستيرون في نمو وتطور الغدد اللبنية.

٣- الهرمونات محرضة القند أو المنسل:

وتشمل هرمونين هما الهرمون المحفز للجريبات FSH والهرمون اللوتيني أو هرمون الاباضة LH، ويتم افراز هذين الهرمونين تحت سيطرة هرمون محرر الهرمونات محرضة القند GnRH بوساطة ألية التغذية الاسترجاعية.

ويعمل FSH في الاناث على نمو وتطوير جريبات المبيض بما في ذلك نمو الخلايا الحبيبية Granulosa Cells. اما في الذكور فيعمل FSH على نمو ونضوج النطف في النبيبات المنوية ولا سيما في مرحلة تحويل طلائع النطف إلى نطف إضافة إلى تحفيز خلايا سرتولي أما الهرمون اللوتيني فله عدد من الأفعال المتميزة في الإناث حيث يعمل على تحفيز صنع الستيرويدات بوساطة خلايا المبيض، كما أنه يسبب زيادة جريان الدم في المبيض وكذلك زيادة وزنه اضافة إلى احداث الإباضة، لذلك سمي بهرمون الإباضة. ويمكن إحداث الإباضة في اناث الحيوانات بإعطاء FSH لوحده أو متحداً مع LH في التجارب المختبرية، كما يعمل LH على تحفيز تكون الجسم الأصفر بعد الإباضة أما في الذكور فيحفز ICSH افراز الهرمونات الذكرية Androgens من خلال الخلايا البينية للخصية (خلايا ليدك) اضافة إلى أنه يساعد على نشأة النطفة، كما اظهرت التجارب أن FSH و LH اساسيان لتصنيع الاستروجين

٤- هرمون محفز الدرقية TSH:

ويتكون هذا الهرمون من بروتين كاربوهيدراتي، ويتألف من وحدتين ثانويتين هما الفا وبيتا، ويعمل هرمون محفز الدرقية على تحفيز الغدة الدرقية لتكوين وافراز هرموناتها وهي "Triiodothyronine" T3و Tetraiodothyronine T4 ويعرف الأخير بالثايروكسين Thyroxin وتحفز الغدة عن طريق زيادة قابليتها لالتقاط ايونات اليود من الدم، ويسرع هرمون محفز الدرقية في تكوين T3 و T4 وتحفيز تحلل البروتين الذي يتحد بهذين الهرمونين المسمى بالثايروكلوبيولين Thyroglobulin المخزون في جوف عنبات الغدة الدرقية لغرض تحرير هذه الهرمونات إلى الدم.

٥- هرمون محفز قشرة الكظر ACTH:

ويعمل الهرمون على تحفيز قشرة الغدة الكظرية لافراز الهرمونات القشرية الجلوكوزية Glucocorticoids، وكذلك الهرمونات الجنسية الستيرويدية. كما يعمل الهرمون على افراز هرمون مكون كريات الدم الحمر Erythropoietin من الكلية الذي يحفز نخاع العظام لتكوين الكريات الحمر. أما زيادة مستوى الهرمون فتسبب اعطاء الجلد لوناً داكناً حيث يشابه عمله في هذه الحالة عمل هرمون محفز خلايا الميلانين MSH نظرا لتشابه تركيبها الكيميائي

٦- هرمون محفز خلايا الميلانين MSH:

وهو الهرمون الوحيد الذي ينشأ من القص الوسطى للغدة النخامية ويتكون من نوعين هما الفا وبيتا. وينظم مستوى الهرمون بوساطة الهرمونات المحررة والمثبطة من تحت المهاد، تسبب الكميات الكبيرة من هذا الهرمون اسوداد لون البشرة في الانسان كما يفعل هرمون محفز قشرة الكظرية.

الغدة الدرقية Thyroid Gland:

وتقع الغدة الدرقية في الرقبة تحت الحنجرة، وتكون أكبر من الغدة النخامية وتحتوي على فصين يغطيان السطح البطني الأعلى للقصبة الهوائية (الرغامي). وتعني كلمة ثايرويد " Thyroid " شكل الدرع Shield - shape لانها تشبه الدرع في مظهرها الخارجي. كما أن حالة تضخم الغدة الدرقية (Goiter) المعروفة، تنتج من قلة نشاط الغدة بسبب نقصان اليود في الطعام حيث أن للغدة - الدرقية القابلية على التقاط أيون اليود وذلك ساعد على دراستها بأستعمال اليود المشع.

وتتكون الغدة من جريبات Follicules تتكون في داخلها الهرمونات حيث تخزن في التجاويف التي تحيطها طبقة طلائية تبطن الجريبات، وتحتوي التجاويف على مادة غروية لونها اصفر مائل الى الحمرة.

وتقع الخلايا التي تفرز هرمون كالسيتونين الدرقية Thyrocalcitonin TCT والمعروفة ب C- Cells بين خلايا الجريبات وتتميز بكثرة حبيباتها الافرازية.

وتعمل الغدة الدرقية على تجميع أيونات اليود من بلازما الدم وربطها بحامض أميني هو التايروسين Tyrosine حيث يتركز اليود في داخل الخلايا الطلائية وبمعدل ٣٠٠ - ٥٠٠ مرة عما هو عليه في الدم لتكوين هرمونات الغدة.

وتخزن هرمونات الغدة الدرقية وهي T3 و T4 في داخل تجاويف الجريبات بعد ارتباطها بكلوبيولين الدرقية Thyroglobulin الذي يتحلل عند الحاجة بواسطة انزيم protease الموجود في الخلايا الطلائية ومحررا هرمونات الغدة.

وتعمل هذه الهرمونات على زيادة الأيض الأساسي في الجسم واستهلاك الكاربوهيدرات وزيادة تهديم البروتينات Protein Catabolismn واستهلاك الدهون Lipolysis وبذلك تؤدي إلى قلة وزن الجسم ونحافته. وأظهرت الدراسات أن نقص هرمون الثايروكسين يسبب الخمول العقلي والبلاهة والسمنة المفرطة لذلك عولج نقص نشاط الغدة (نقص الدرقية Hypothyrodisim) في الإنسان باستخدام مستخلص الغدة من الأغنام اما قلة اليود في طعام الإنسان والحيوانات غير البالغة فتسبب قصر القامة Dwarfism أو حالة القزامة واضطرابات الجهاز العصبي المركزي والبلاهة وجفاف الجلد وزيادة تقشره والسمنة المفرطة أحياناً وارتفاع كمية الكوليسترول في الدم وتسمى هذه الحالة بالقماة Cretinism أما زيادة فعالية الغدة الدرقية (فرط الدرقية Hyperthyroidism) أو ما تعرف بتسمم الدرقية Thyrotoxicosis فيسبب النحافة نتيجة زيادة استهلاك البروتينات والدهون حيث يصبح المصاب ضعيفاً وكثير التعرق وذا عينين جاحضتين وجافتين من الدمع وهو ما يعرف بمرض كريف Crave disease.

وتسيطر الغدة النخامية على الهرمونات التي تفرزها الغدة الدرقية بوساطة ألية التغذية الاسترجاعية، حيث يؤدي نقص الثايروكسين في الدم إلى انطلاق هرمونات محررة مما تحت المهاد تحث الغدة الدرقية لافراز هرمون محفز الدرقية TSH الذي يحفز الغدة على افراز الثايروكسين. اما زيادة الثايروكسين فيؤثر في الهرمونات المحررة المفرزة ويقلل من افرازها وبذلك يقل افراز هرمون محفز الدرقية ويقل انتاج الثايروكسين وهكذا.

الغدد جنيب الدرقية Parathyroid Glands:

وهي عبارة عن أربعة عناقيد من الخلايا تشكل زوجين من الغدد التي تقع على الجزء الأمامي من الرقبة، وهي أصغر الغدد في الجسم.

ففي عام ١٨٩٧ وجد العالم كلي Gley أن إزالة جنيب الدرقية تسبب ما يعرف بالتكزز Tetany في الحيوانات الذي يتصف بارتجاف العضلات التشنجي. اما في عام ١٩٠٩ فقد تم معالجة هذا التكزز بإعطاء مستخلص هذه الغدد او الكالسيوم وفي عام ١٩٦١ تم اكتشاف هرمون كالسيتونين الدرقية الذي اعتقد في باديء الأمر أنه ينشأ من الغدد جنيب الدرقية. إلا أنه في سنة ١٩٦٣ تم اثبات منشأة بصورة أكيدة من الغدة الدرقية.

الهرمونات المنظمة للكالسيوم

١- هرمون جنيب الدرقية (الباراثورمون) Parathormone PTH:

ويتكون من ٤٨ حامض اميني وينظم هذا الهرمون ايض الكالسيوم والفسفور في الجسم، ان ازالة الغدة جنيب الدرقية يؤدي الى الموت في ايام معدودة نتيجة حدوث ارباك خطير في تركيز الكالسيوم والفوسفات حيث يعمل هذا الهرمون

على المحافظة على تركيز الكالسيوم والفوسفات في الدم ضمن حدود ضيقة جدا.
توجد في الفقريات كميات كبيرة من الكالسيوم مرتبطة بالعظام بشكل كاربونات او فوسفات الكالسيوم وكمية ضئيلة منه بشكل متأين في الدم او داخل الخلايا، هناك توازن بين تركيز الكالسيوم بالدم والمترسب في العظام بحيث يبقى تركيزه في الدم بحدود ١٠ ملغم لكل ١٠٠ مل من الدم.
يساعد هرمون الباراثورمون على تحويل جزء من كالسيوم العظام الى كالسيوم متأين يضاف الى الدم كما انه يزيد من اعادة امتصاص الكالسيوم في الانيبات الكلوية ويرفع من معدل امتصاص الكالسيوم في الامعاء، توجد علاقة عكسية بين تركيز الكالسيوم في الدم وتركيز الفوسفات فيه فعند ارتفاع كالسيوم الدم ينخفض تركيز الفوسفات والعكس بالعكس يساعد هرمون الباراثورمون على طرح الفوسفات عن طريق اعاقة امتصاصه في الانيبات الكلوية وبذلك يؤدي الى انخفاض فوسفات الدم وارتفاع الكالسيوم فيه.

٢- كالسيتونين الدرقية Thyrocalcitonin TCT:
يفرز من خلايا C الواقعة بين حويصلات الغدة الدرقية يعمل على خفض تركيز الكالسيوم في الدم بعكس هرمون الباراثورمون ان مفعول هرمون الكالسيتونين في تخفيض كالسيوم الدم يعود الى منع اذابته من العظام الى الدم وهذا عكس مفعول هرمون الباراثورمون على العظام ليس للكالسيتونين بعكس الباراثورمون اي تأثير على امتصاص الكالسيوم في الامعاء او طرحه في البول.
كما يعمل فيتامين Cholecalciferol D3 على تنظيم مستوى الكالسيوم عن طريق تحفيز امتصاص الكالسيوم والفسفور لغرض ترسيبها في العظام و الاسنان ويؤدي نقص فيتامين D3 والكالسيوم في الاطفال الى الاصابة بالكساح ولين العظام Osteomalacia في البالغين.

البنكرياس Pancrease:

وتتكون غدة البنكرياس من جزأين متداخلين تشريحياً ولكنهما منفصلان وظيفياً وهما:

١- جزء خارجي الافراز Exocrine Part:
ويتكون من عنبات Acini مبطنة بخلايا افرازية تصب افرازاتها في تجويف هذه العنبات ثم تفرغ الافرازات في الأمعاء الدقيقة عن طريق قناة البنكرياس لتعمل على هضم الغذاء بعد وصوله إلى الأمعاء (تم التحدث عن هذه الافرازات عند دراسة الجهاز الهضمي).

٢- جزء داخلي الافراز Endocrine Part
ويتكون هذا الجزء من جزيرات لنكرهانز Islets of Langerhans التي تشكل حوالي مليون عنقود صغير من الخلايا المختلفة. وتنشأ هذه الجزر في الأصل من قناة البنكرياس إلا أنها تفقد اتصالها بها لتصبح بدون قناة وتحتوي جزيرات لنكرهانز على عدة أنواع من الخلايا وهي:

أ- **خلايا الفا Alpha Cells**: وتفرز هرمون الجلوكاجون Glucagon الذي يعمل على رفع مستوى سكر العنب في الدم.

ب- **خلايا بيتا Beta Cells**: وتفرز هرمون الأنسولين Insulin الذي يعمل على خفض مستوى سكر العنب في الدم.

ت- خلايا D: وتفرز هرمون موضعي Local Hormone هو الهرمون الجسمي Somatostatin يعمل على تنظيم نشاط خلايا أخرى من البنكرياس حيث يثبط الخلايا التي تفرز هرموني الأنسولين والكلوكاكون.
ث- خلايا F: وتفرز هرمون موضعي هو هرمون الببتيدات المتعددة للبنكرياس Pancreatic Polypeptide يعمل على تثبيط الافرازات اللاصمية للبنكرياس.

هرمون الجلوكاجون Glucagon: ويعمل هرمون الجلوكاجون اساساً على رفع مستوى السكر في الدم، حيث يتم تأثيره بتحفيزه انزيم Dephosphorylase في الكبد وتحويله إلى انزيم Phosphorylase الفعال الذي يعمل على تنشيط عملية تحلل الجلايكوجين المخزون في الكبد وتحويله إلى سكر العنب. كما يزيد هرمون الجلوكاجون في معدل تكوين سكر العنب من مصادر غير كاربوهيدراتية (من بروتينات الكبد أو الأحماض الشحمية في البلازما).
هرمون الأنسولين Insulin: ويعمل الانسولين اساساً على خفض مستوى السكر في الدم، وتوجد مستقبلات الأنسولين في جدران كريات الدم الحمر، ويزداد أخذ العضلات والنسيج الدهني والنسيج الضام لسكر العنب تحت تأثير الانسولين. وهو يخفض مستوى البوتاسيوم في بلازما الدم وذلك بزيادة دخول أيونات البوتاسيوم في خلايا العضلات.

الغدد الكظر أوالغدد فوق الكلية Adrenal or Suprarenal Glands:

وهما غدتان تقعان امام الكليتين في الحيوانات وفوقهما في الانسان. وتقسم الغدة الكظرية في اللبائن على قسمين متميزين يختلفان من ناحية المنشأ الجنيني والتركيب النسيجي والوظيفة وهي: قسم داخلي وهو اللب Medulla وقسم خارجي وهو القشرة Cortex.

لب الغدة الكظرية Adrenal Medulla ويفرز نوعين من الهرمونات هما:
١- الأبنفرين (Epinephrine (EP أو ما يعرف في علم الصيدلية بالأدرينالين.
٢- النورابنفرين (Norepinephrine (NEP.
ويعمل الهرمونين على زيادة سرعة النبض وارتفاع ضغط الدم التقلصي اضافة إلى توسع القصبة الهوائية، مما يسهل استنشاق كميات كبيرة من الهواء في أثناء الانفعالات والهلع والفرار، أي أنهما يكيفان الجسم لحالة الكر والفر Fight or Flight. كما تعمل هذه الهرمونات على ارتخاء أو بسط عضلات المعدة والأمعاء والحالبين والمثانة اضافة إلى توسع البؤبؤ Mydriasis وانتصاب الشعر بغية منع تبدد حرارة الجسم.
كما يعمل الأبنفرين على عضلات الرحم وبحسب ما اذا كانت الانثى حاملاً أم لا. ويحفز قشرة المخ مؤدياً إلى ظهور أعراض حالات القلق وعدم الاستقرار والتعب، ويحفز افراز الهرمونات المحرضة للقند.
وينظم افراز الهرمونين بوساطة الجهاز العصبي الودي. كما أن لنوع المحفز تأثيراً على افراز الهرمونين أكثر من الآخر، حيث يزداد مثلاً افراز هرمون الابنفرين في أثناء الالم أو قلة السكر في الدم بينما يزداد افراز هرمون النور ابنفرين عند انسداد الشريان السباتي.
قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex وتقسم تشريحياً ووظيفياً الى ثلاث طبقات مختلفة هي:
١- الطبقة الكبيبية Zona Glomerulosa: وتشمل الطبقة الخارجية من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية المعدنية Mineralocorticoids.

٢- طبقة الحزمة Zona Fasciculata: وتشمل الطبقة الوسطى من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية الجلوكوزية Glucocorticoids.
٣- الطبقة الشبكية Zona Reticularis: وتشمل الطبقة الداخلية من القشرة وتفرز كميات من الهرمونات الجنسية الستيرويدية (Sex Steroid Hormones).

الهرمونات القشرية المعدنية وتشمل نوعين من الهرمونات هما:
١- الآلدوستيرون Aldosterone.
٢- الديوكسي كورتيكوستيرون Deoxycorticosterone (DOC).
ويعمل الهرمونان السابقان على زيادة قابلية أنابيب الكلية على استرجاع ايون الصوديوم (Na + Retention)، وكذلك في الغدد اللعابية والعرقية وغدد المعدة والأمعاء. وتعمل الهرمونات على زيادة قابلية نبيبات الكلية على طرح ايونات البوتاسيوم، وكذلك الفوسفور والكالسيوم والهايدروجين. لذلك تعد هذه الهرمونات ضرورية لادامة الحياة، لانها تنظم الأيونات في الجسم وبخاصة أيون الصوديوم الضروري للحياة. كما أن تنظيم أيون البوتاسيوم يعتمد أساساً على تبادل الصوديوم أو الهيدروجين في النبيبات الملتوية الدانية والقاصية للوحدات الكلوية Nephrones.

الهرمونات القشرية الجلوكوزية وتشمل هرمونين هما:
١- الكورتيزول Cortisol أو الكورتيزون المهدرج Hydrocortisone.
٢- الكورتيكوستيرون Corticosterone.
ويعمل الهرمونان في أيض الكاربوهيدرات والبروتينات والشحوم، حيث تزيد من تكوين سكر العنب من المصادر البروتينية في الكبد، وتكثر من هدم البروتينات والشحوم، ولها مفعول معاكس لعمل الانسولين وتعمل الهرمونات القشرية الكلوكوزية كمضادات للالتهابات Antiinflammatory حيث تقلل من عدد الخلايا اللمفاوية والخلايا البيض الحامضية وتزيد من عدد الخلايا المتعادلة وتقلل من درجة الالتهاب الموضعي.

الهرمونات الجنسية الستيرويدية وتشمل:
١- الهرمونات الأنثوية: وهي الاستروجينات والبروجستينات.
٢- الهرمونات الذكرية: وهي الاندروجينات.

الغدة الصنوبرية Pineal Chand:

وتقع هذه الغدة بين فصي المخ في اللبائن ويختلف شكلها وحجمها ووزنها في الحيوانات المختلفة، حيث تشبه المخروط ويتراوح وزنها بين ١٠٠ و ١٨٠ ملغم في الانسان، بينما تكون على شكل خيط نحيف وطويل في الأرانب ولا يتعدى وزنها الغرام الواحد في الجرذان.

وتعد الغدة الصنوبرية بمثابة المحول Transducer الذي يتوسط بين الجهاز العصبي والغدد الصم حيث تحول الايعاز العصبي إلى افراز صمي كما أن لهذه الغدة أهمية فسيولوجية كبيرة وخاصة في تنظيم الجهاز التكاثري فالضوء وشدته يعملان من خلال تأثيرهما في الغدة الصنوبرية في تنظيم هرمونات ما تحت المهاد المحررة للهرمونات المحرضة القند GnRH التي يوجد فيها نوعان أحدهما محفز والآخر مثبط. وتفرز الغدة الصنوبرية هرموناً يعرف بالميلاتونين Melatonin الذي له تأثير محفز أو مثبط للهرمونات المحرضة القند في حيوانات التجربة وبحسب كمية الجرعة المستعملة وطريقة اعطائها وفترة الاضاءة ومرحلة البلوغ التي يمر بها الحيوان.

التوثة أو الغدة الزعترية Thymus Gland:

وهي غدة غير منتظمة الشكل تقع خلف عظم القص في أعلى الصدر، وتكون كبيرة الحجم نسبيا عند الاطفال وتستمر بالكبر حتى تبلغ اقصى حجمها عند البلوغ في الانسان ليصل وزنها إلى حوالي ٤٥ غم ثم تبدأ بعد ذلك بالاضمحلال لتتحول إلى أنسجة دهنية في المراحل المتقدمة من العمر.

وللغدة تأثير مهم في تكوين المناعة. وقد وجد أن استنصالها من فأر صغير غير بالغ يسبب عدم تطور انسجته اللمفاوية بصورة طبيعية ويؤدي إلى انخفاض عدد الخلايا اللمفاوية Lymphocytes ونقص في تكوين الأجسام المضادة وانخفاض في تطور التفاعلات المناعية للبروتينات الغريبة وغيرها.

وتفرز الخلايا الطلائية للغدة الزعترية هرمون الثايموسين Thyrosin الذي ينتقل عن طريق الدم إلى الأعضاء اللمفاوية فيحفز خلاياها لتكوين الأجسام المضادة الخاصة Specific Antibodies التي لا يمكن أن تتكون من غير هذا الهرمون.