اسم المادة : علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

اسم المحاضرة : فسيولوجيا الجهاز الهضمي

رقم المحاضرة : (8)

المراجع المعتمدة/

١. العلوجي ، صباح ناصر (٢٠١٤) . علم وظائف الاعضاء ، الطبعة الثالثة.

٢. زيتون ، عايش . (٢٠٠٨) . علم حياة الانسان ، الطبعة الاولى – الاصدار الرابع.

٣. يوسف محمد عرب ، صباح ناصر العلوجي ، فاروق ناجي كرماشة ، مروان عبد الرحيم . (١٩٩٨) فسيولوجيا الحيوان . جامعة بغداد.

٤. ضياء حسن الحسني ، صادق محمد امين الهيتي (١٩٩٠) . فسلجة الحيوان . جامعة بغداد

٥. بعض المواقع الالكترونية للتعزيز بالاشكال والمخططات التوضيحية.

DIGESTIVE SYSTEM الجهاز الهضمي

Digestion الهضم

يقصد به نشاط القناة الهضمية وغددها لتحضير الغذاء لغرض الامتصاص وكذلك طرح المواد الباقية غير الممتصة. ويمكن تعريفه ايضاً بأنه عبارة عن تحلل مائي Hydrolysis يتم فيه فصم اواصر كيميائية(تتواجد بين مكونات الطعام) باضافة الماء وبمعدل جزيئة واحدة لكل آصرة ويتم هذا التحلل بتأثير الانزيمات الهضمية التي تفرزها الغدد الهضمية الواقعة في جدران القناة الهضمية او غدد خارجية مثل البنكرياس والكبد والغدد اللعابية.

تكون معظم الاغذية التي يتناولها الانسان او الحيوان بحالة غير ذائبة Insolubble لذلك يجب تغييرها في القناة الهضمية الى مواد ذائبة بسيطة لغرض الامتصاص عبر الدم او اللمف ثم نقلها الى خلايا الجسم للاستفادة منها في تحرير الطاقة اللازمة للافعال الحيوية.

هناك عدد من العوامل المهمة المتعلقة بالهضم ، وتشمل :

أ. عوامل ميكانيكية أو الهضم الميكانيكي Mechanical digestion : وهي العوامل او العمليات التي يتم فيها تجزئة قطع الغذاء الكبيرة الى جزيئات او قطع صغيرة جداً لتهيئتها لعملية الهضم الكيميائي ، وهذه العمليات تبدأ من الفم وتستمر في المعدة والامعاء، اضافة الى عدد من العوامل التي تحدث بصورة عرضية، وتتمثل هذه العمليات بـ (المضغ ، البلع ، القلس ، التقيؤ ، وحركة الامعاء لطرح الفضلات)

ب. عوامل كيميائية او الهضم الكيميائي Chemical digestion: التي تشمل الانزيمات التي تكونها القناة الهضمية ، وبعض الانزيمات الموجودة في الغذاء نفسه ، فضلاً عن حامض الهيدروكلوريك HCL الذي تكونه الغدد المعدية.

ج. عوامل افرازية Secration factors : وهي ضرورية مثل (نشاط الغدد الهضمية ومنها الغدد اللعابية ، والبنكرياس).

د. عوامل حيوية Bio- Factors: مثل الاحياء الدقيقة المجهرية (البكتريا والبروتوزوا) التي تتواجد في الامعاء الغليضة للانسان والحيوانات غير المجترة ، وفي الكرشة في الحيوانات المجترة .

ومن الجدير بالذكر ، ان الانسان والحيوان لكي يعيش بصحة جيدة يجب ان يحوي غذاؤه على مزيجا من العناصر الغذائية المهمة التي تشمل :

(البروتينات ،الكربوهيدرات ، الدهون ، الفيتامينات ، الاملاح والعناصر النادرة ، اضافة الى الماء(اكسير الحياة)).

والثلاث الاخيرة (الماء والفيتامينات والاملاح) لاتحتاج الى هضم ، لانها تتألف من ايونات او جزيئات صغيرة بامكانها اجتياز الغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية بسهولة ، لتصل الى الدم وسوائل الجسم الاخرى حيث ينتقل بعد ذلك الى خلايا وانسجة الجسم المختلفة.

اما البروتينات والكاربوهيدرات والدهون فانها ذات جزيئات كبيرة الحجم لا يمكن امتصاصها ، ولا يمكن الاستفادة منها في وضعها الاعتيادي ، لذلك تجري عليها عمليات الهضم ليتم الاستفادة من مكوناتها ، وحتى لو امتص بعض منها اذ ان لها ردود افعال ضارة عند وصولها الى الدم مثل تكوينها للحساسية. بشكل عام ، فان لكل نوع من العناصر الغذائية المذكورة سابقاً فوائد مهمة للجسم ، وان نقصه قد يسبب الاصابة ببعض الامراض.

- **مكونات الجهاز الهضمي /** يتكون الجهاز الهضمي من قسمين رئيسيين هما:

اولاً/ القناة الهضمية (Gut) Alimentary Tract ، وهي تتكون من :

*الفم Mouth * البلعوم Pharynx * المريء Esophagus * المعدة Stomach

* الامعاء الدقيقة Small Intestine (وتشمل الاثني عشريduodenum،والصائمJejenum ، واللفائفي Ileum)

* الامعاء الغليظة (القولون) Large Intestine * المستقيم Rectum * المخرج Anus

ثانياً/ الغدد والاعضاء اللاحقة :

وتشمل الغدد اللعابية Salivary glands، غدة البنكرياس Pancrease، الكبد Liver والمرارة Gallbladder.

وظائف الجهاز الهضمي الرئيسية:

يمكن ايجاز الدور الذي يقوم به الجهاز الهضمي ووظائفه بالاتي:

١- الحركة : تعمل على تقليب الطعام وخلطه بالعصارات الهضمية ثم دفعه الى اجزاء الجهاز الهضمي المختلفة

٢- افراز العصارات الهضمية : والتي تحتوي على الانزيمات الهاضمة ومخاط ومواد اخرى

٣-هضم الطعام : وهي عملية تكسير البروتينات والدهون والنشويات عن طريق الانزيمات الهاضمة الى مواد اصغر منها تكون سهلة الامتصاص

٤ - الامتصاص : وهي امتصاص المواد المهضومة بالإضافة الى امتصاص الفيتامينات والمعادن والسوائل وتحدث في الامعاء الدقيقة

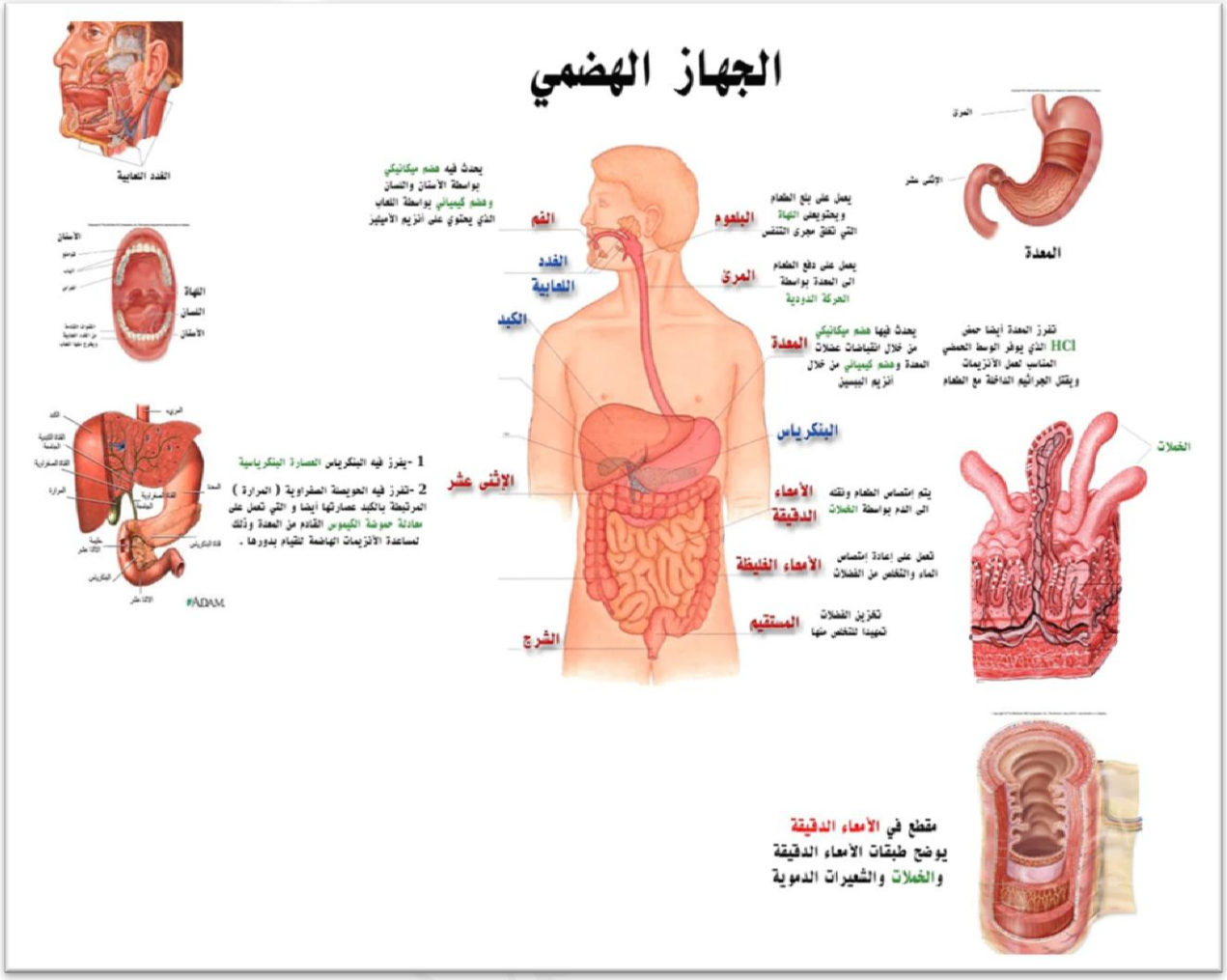
٥ - الاخراج : حيث المواد الغير مهضومة والتي لم يتم امتصاصها وتخرج من الجسم عن طريق عملية التبرز.

مراحل الهضم بالتسلسل :

ان المرحلة الاولى من الهضم تبدأ في حقيقة الامر قبل ان يدخل الطعام الى الفم ، اذ يكون لرائحة الطعام ، او مشاهدته حافزاً لبدء افراز اللعاب ، والذي يعد ضرورياً لاكتمال عملية الهضم ، كما ان حركة الطعام من الفم إلى فتحة الشرج تعتبرمن أهم أساسيات عمل الجهاز الهضمي والذي يتم من خلال أربع مراحل وهي :

١. تناول الطعام ٢. عملية المضغ ٣. عملية البلع

٤. الحركة الدودية : هي عبارة عن مجموعة من الإنقباضات المستمرة والتي تتحرك بشكل منتظم وتعمل على تمرير الطعام من الفم إلى المعدة ليتم بعدها تفتيت الطعام إلى جزيئات صغيرة يسهل إمتصاصها.



❤ ***التركيب النسيجي لاعضاء الجهاز الهضمي :***

تشترك اعضاء الجهاز الهضمي في ترتيب عام مع اختلاف بسيط في كل واحد منها وهي من الداخل الى خارج كالآتي :

١. الطبقة المخاطية Mucous coat وتسمى ايضاً Tunica Mucosa: وهي الطبقة الداخلية التي تغطي السطح الداخلي للقناة الهضمية، وهي الأكثر تباينا من حيث تركيبها ووظيفتها وذلك لأنها الموقع المسؤول عن إتمام عمليات الهضم والتفاعلات الحيوية وكذلك الإفرازات التي تتم داخل القناة نظراً لاحتوائها على نوع خاص من النسيج الطلائي يسمى (Lamina Epithelialis). ، وهي تحتوي على خلايا تقوم بإفراز العصارات الهضمية وبعض الهرمونات والانزيمات الهاضمة وتكون خالية من الاوعية الدموية والاعصاب.

٢. الطبقة التحت مخاطية SubMucous coat وتسمى ايضاً Tunica Submucosa: وتحتوي على الياف رابطة و اوعية دموية واعصاب ، و وظيفتها اسناد الطبقة المخاطية .

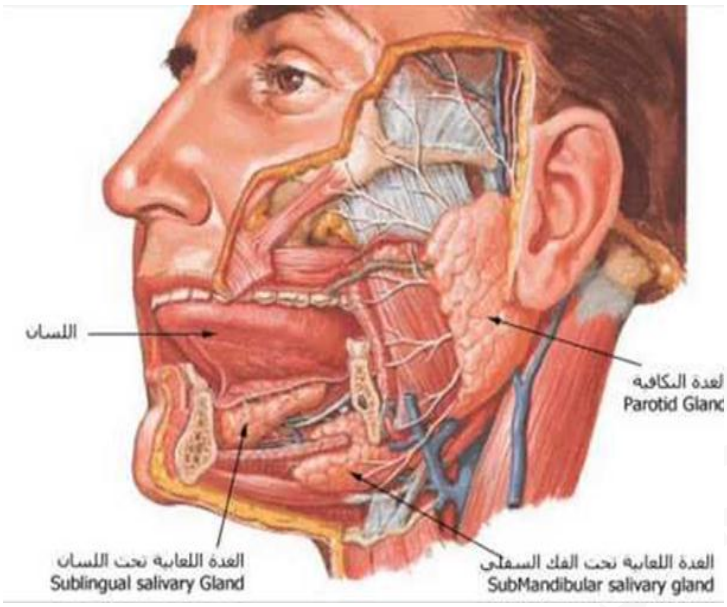
٣. الطبقة العضلية Mascular coat وتسمى ايضاً Tunica Muscularis: وتحتوي على الياف عضلية ملساء مرتبة بصورة طولية وتكون الى الداخل ، وطبقة عضلية دائرية (او حلقية) الى الخارج بالإضافة الى وجود اعصاب .

٤. الطبقة المصلية Serous coat وتسمى ايضاً Tunica serosa: وهي عبارة عن طبقة تغلف القناة من الخارج ، وتكون بشكل غشاء شفاف يغطي السطح الخارجي للجهاز الهضمي (ماعدا المريء والقناة الشرجية والمنطقة السفلية من المستقيم). وتكون في المعدة مؤلفة من انسجة رابطة قوية واعصاب.

❤ الفم والبلعوم والمريء

تبدأ عملية هضم الطعام في الفم حيث ان الطعام يقطع الى قطع صغيرة و يخلط الفم باللعاب الى ان يكون مزيج يسمى بالمضغة ، التي تنتقل بعد ذلك الى البلعوم ومن ثم الى المريء عن طريق عملية البلع.
ويتكون الفم من الاسنان التي تقوم بطحن الطعام (الطواحن) وتقطع الطعام (القواطع) وتمزيقه (الأنياب) كما تساعد الاسنان ايضا في الكلام وضبط مخارج الالفاظ .
ويحتوي الفم ايضا على اللسان وهو عضو عضلي يعمل على تقليب الطعام في الفم وخلطه باللعاب ومن ثم دفعه الى الخلف الى البلعوم وهو ايضا العضو الذي يتكلم الانسان ويعبر عن نفسه.

- يوجد في الفم ثلاث ازواج من الغدد اللعابية Salivary glands وهي كالتالي :



١. الغدة النكفية Parotid gland:

وهي زوج من الغدد اللعابية تتواجد كل غدة امام واسفل الاذن وتصب قناتها بالقرب من الطواحن مقابل الضرس العلوي الثاني. ويتميز لعاب هذه الغدد باحتوائه على كمية كبيرة من الماء وافتقاره لأنزيم الاميليز فخلايا هذه الغدد تقوم بإفراز لعاب ذو قوام رقيق وخفيف ويكون هذا اللعاب غني بأنزيم يسمى (انزيم التيالين)، وهي تفرز ٢٥% من مجموع اللعاب الموجود في الفم . يمكن لهذه الغدد ان تلتهب وتتضخم في حالة الاصابة **بمرض النكاف Mumps**.

٢. الغدة تحت اللسانية Subligual g.:

وهي زوج من الغدد وهما الاصغر بين الغدد اللعابية وتقعان اسفل اللسان مباشرة وتصب قناتهما في قاع الفم. وهذه الغدة تفرز ٥% من مجموع اللعاب الموجود في الفم وهي تحتوي على النوع الثاني من الخلايا التي تفرز اللعاب السميك لزج القوام وهو غني بمادة (الميوسين).

٣. الغدة التحت فكية Submandibular or Submaxillary g.

وهي ايضا زوج من الغدد تتواجد واحدة في كل جانب على مقربة من مؤخرة عظم الفك السفلي وتصب قناتها في اسف اللسان، وهذه الغدد تفرز ٧٠% من مجموع اللعاب الموجود في الفم وتحتوي على كل الخلايا وبالتالي تفرز اللعاب السميك والرقيق

فضلاً عن ما تقدم ، يوجد في الفم عدد من الغدد الصغيرة الثانوية في الغشاء المخاطي الذي يبطن الفم واللسان.

- **اما من حيث طبيعة الانسجة ونوع الافرازات ، يمكن تقسيم الغدد اللعابية الى ثلاثة انواع :**

١. الغدد المصلية Serous gland :

تتألف من انسجة رابطة قوية ، وتكون ذات افرازات مائية رقيقة وتحتوي على بروتينات وخالية من المخاط (كما في الغدد النكفية) .

٢. الغدد المخاطية Mucous glands:
تتألف من خلايا طلائية عمودية تحورت بعضها الى خلايا غدية خالية من الاوعية الدموية والالياف العصبية ، وتكون افرازاتها حاوية على بروتين كاربوهيدراتي مخاطي Glycoprotein mucin. ، و يعتقد بانها لا تفرز انزيمات (كما في الغدد تحت اللسانية).

٣. الغدد المختلطة Mixed glands : تتألف من خلايا وانسجة النوعين السابقين من الغدد ، وافرازاتها تشمل مجموع النوعين (كما في الغدد تحت الفكية).

❤ **كيفية افراز اللعاب :** يمكن ايجاز طرائق تحفيز افراز اللعاب بالآتي:

١. الطريقة الفيزيائية :
وتشمل النظر والرائحة او حتى مجرد التفكير بالطعام ، وتختلف طبيعة اللعاب المفرز باختلاف طبيعة الحافز او نوع الطعام.وهذا التحفيز يسمى بالمنعكس المشروط Conditional reflex وذلك لان تكوين اللعاب واستمراره يعتمد على طبيعة الظروف والحالات التي يحدث فيها .

٢. الطريقة الميكانيكية او الكيميائية :
ويتم بمجرد دخول الطعام الى الفم ، اذ يتم افراز كميات كبيرة من اللعاب نتيجة تحفيز المستقبلات الكيميائية المنتشرة على الحلمات الذوقية في اللسان . وهناك اربعة انواع من المستقبلات الذوقية هي :
***Bitter** المرة * **Salt** المالحة * **Sweet** الحلوة * **Acidic** الحامضية *

٣. الطريقة العصبية :
الغدد اللعابية مجهزة بنوعين من الاعصاب ، احداهما ودية ، والاخرى نظير الودية . اذ تعمل الالياف الودية على تقليص الاوعية الدوية للغدد فتقلل من كمية اللعاب المفرز، بينما تعمل الالياف العصبية نظير الودية على توسيع الاوعية الدموية المجهزة للغدد ، وبذلك تزيد من كمية اللعاب المفرز.

❤ **ماهي مكونات اللعاب ؟**
تفرز الغدة اللعابية مما يقرب من لتر ونصف اللتر من اللعاب يوميا ويحتوي على ٥،٩٩% ماء و٥% من مواد عبارة عن التالي :
- مواد عضوية مثل : الانزيمات الهاضمة كأنزيم التيالين والاميليز واللايبيز والميوسين
- مواد غير عضوية مثل : الأيونات (الصوديوم والبوتاسيوم والبيكربونات والكلورايد)

❤ **وظائف اللعاب :**
١. ربط الطعام وتسهيل عملية المضغ نتيجة وجود مادة المخاطين Mucin .
٢. تسهيل الكلام في الانسان.
٣. تحفيز الحلمات الذوقية الموجودة في اللسان باذابته المواد الصلبة من الغذاء.
٤. احتوائه على التايلين Ptyalin يسهل التذوق وهضم النشأ وتحويله الى مواد ابسط (الدكترين والمالتوز)
٥. احتوائه على انزيم اللايسوزايم Lysozyme يعطيه خاصية مطهرة للفم Anti-septic .
٦. للعاب اهمية كبيرة في بعض الحيوانات اذ يوفر وسطاً ملائماً لنمو بعض انواع البكتريا المفيدة كما في الحيوانات المجترة.

٧. يساعد على تنظيم حرارة الجسم (لاسيما في الكلاب والقطط) ، اذ يعمل الحيوان على لعق جسه ليتم تبخر اللعاب و تقليل حرارة الجسم ، كما ان الكلب يعمل على اخراج لسانه واللهاث ليتم تبخر اللعاب من اللسان وبالتالي تقليل حرارة الجسم.

***البلـــع Swallowing :**

البلـع هو عملية تتضمن مرحلة ارادية ومراحل لا ارادية ، اذ تتم بثلاث مراحل هي:

- المرحلة الاولى : مرحلة الفم Buccal stage : تكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية الارادية.

- المرحلة الثانية / مرحلة البلعوم Pharyngeal stage

هذه المرحلة تكون تحت السيطرة العصبية اللارادية ، حيث يعبر الطعام عبر البلعوم نتيجة تقلص عضلاته التي تعصره وتدفعه باتجاه المريء.

ان ارتفاع الحنجرة الى اعلى خلال هذه المرحلة يجعل فتحتها تحت لسان المزمار ، فتغلق عندها الممر التنفسي ، اما عند حصول اختلال في توقيت دخول الطعام وحركة البلعوم فان الطعام قد يدخل الى الحنجرة ، وبذلك يتحفز المنعكس السعالي Coughing reflex .

ملاحظة / عند بداية المرحلة الاولى من البلع يحدث شهيق قصير، يتبعه تثبيط كامل لعملية التنفس حتى انتهاء المرحلة الثانية من البلع.

- المرحلة الثالثة/ مرحلة المريء

وهذه ايضاً تقع تحت السيطرة العصبية اللارادية ، حيث يعبر الطعام من نهاية المريء الى المعدة .

واخيراً ، نذكر بان المريء يحتوي على صمام علوي بينه وبين البلعوم وصمام سفلي يربطه بالمعدة ، وهذان الصمامان يمنعان ارتجاع الطعام الى البلعوم والى المريء بعد عملية البلع وهما يبقيان منغلقان طوال فترة ارتخاء المريء وعدم البلع .

المعدة Stomach:

يمكن تقسيم الحيوانات حسب مكونات المعدة وعملها الى ما يأتي:

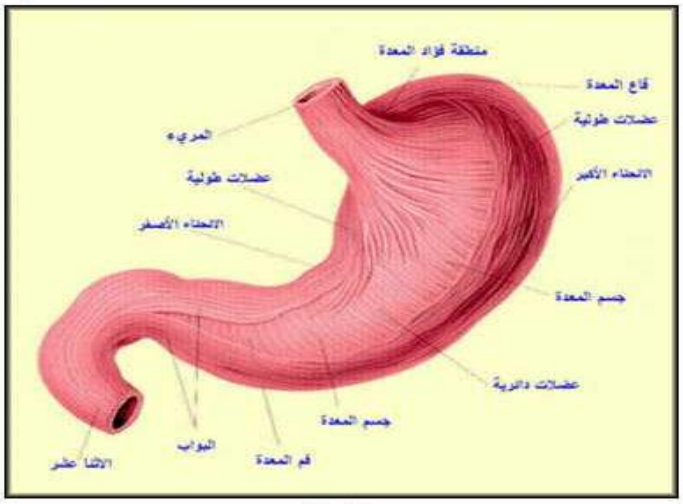
أ. الحيوانات ذات المعدة البسيطة Simple Stomach :

وتشمل الانسان وجميع الحيوانات الحقلية المسماة بالحيوانات غير المجترة ، وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من حجرة واحدة.

ب. الحيوانات ذات المعدة المعقدة Complex Stomach : وتشمل جميع الحيوانات الاخرى المسماة بالحيوانات المجترة Ruminants ، وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من اربع حجرات هي (الكرشة ، والشبكة (القلنسوة) ، والقبة (او ذات التلافيف) ، والمنفحة (او المعدة الحقيقية Abomasum).

* المـعـدة فـي الانـسـان :

تقع المعدة بين المريء والجزء الاول من الامعاء الدقيقة(الاثني عشر) على الجانب الايسر من تجويف البطن ، ويظهر شكلها شبيها بحرف (J)، بحيث يكون السطح المحدب الكبير من الجهة اليمنى، والأصغر المقعر على الجهة اليسرى .ويكون قاع المعدة ملقاة على الحجاب الحاجز. كما يوجد مستلقياً اسفل منها البنكرياس ، وتؤثر في الغذاء داخل المعدة عدة عوامل بعملية تعرف بالهضم المعدي Gastric digestion.



المعدة

*يمكن تقسيم المعدة الى اربعة مناطق:

(القلبية (وتسمى الفؤادية) ، والقاعية ، والجسم ، والبوابية)

١. المنطقة الفؤادية Cardiac region : وهي الجزء الصغير القريب من فتحة المرئ السفلية ، ومنطقة الاتصال تسمى بالفتحة الفؤادية Cardial orifice ، وهي التي يمر من خلالها الطعام من المرئ الى المعدة.

٢. المنطقة القاعية Fundic region: جزء بالوني يرتفع ليكون اعلى من الجزء الفؤادي ويعمل كمنطقة تخزين مؤقتة، ويطلق عليه بالقاع Fundus ويكون على شكل قبة ، ومنتفخ باتجاه القلب ، وهذه المنطقة تستند على الحجاب الحاجز.

٣. منطقة الجسم Body region : ويمثل الجزء الرئيسي المتوسع من المعدة وهو الجزء الاوسط الكبير ، ويسمى عادة بجسم المعدة ويبدأ من اسفل الجزء الامامي من الفتحة الفؤادية للمعدة ويستمر الى الجزء البوابي منها.

٤. المنطقة البوابية Pylopic region : وهو اضيق جزء من المعدة ويمثل الجزء الاخير منها، وتكون على شكل قمع.

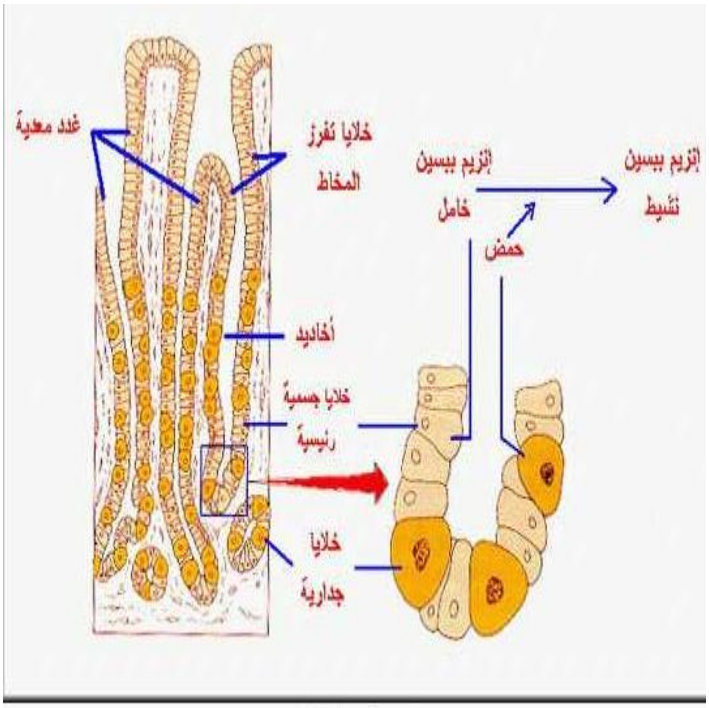
*تتحرك المعدة بتموجات تقلصية عضلية ، و يوجد للمعدة صمامان :

- الصمام المعدي المريئي : ويربط نهاية المريء بفم المعدة
- الصمام البوابي : ويربط بوابة المعدة بالاثني عشر.

*الغـدد المـعـديـة Gastric glands :

توجد الغدد المعدية في الغشاء المخاطي المبطن للمعدة ، وتشمل هذه الغدد ما يأتي :

١. الغدد الفؤادية Cardiac glands : وهي تتواجد في المنطقة الفؤادية من المدة ، وتتكون من غدد مخاطية افرازية Mucous-secreting glands .



خلايا غدد المعدة

٢. الغدد القاعية Fundic glands : وتكون في المنطقة القاعية او الجسمية من المعدة ، وتتكون من ثلاثة انواع من الخلايا الغدية وهي :

أ. خلايا جسمية رئيسية Body chief cells وتفرز الانزيمات ومنها الببسينوجين Pepsingen الذي يمثل الشكل الاولي لانزيم الببسين .

ب. خلايا مخاطية عنقية Mucous neck cells وهي تفرز المخاط.

ج. خلايا جدارية او حامضية Parietal or Oxyntic cells : وهذه تفرز حامض الهيدروكلوريك HCl، كما انها تفرز العامل الداخلي Intrinsic factor الذي يساعد في امتصاص فيتامين B12 من الامعاء الدقيقة.(وهذا الفيتامين ضروري جداً في عملية نضج خلايا الدم الحمر، وفقدان هذا العامل يمكن ان يتسبب في احداث ما يعرف بفقر الدم الخبيث Pernicious anemia.

٣ . الغدد البوابية Pyloric glands ، وهي تتواجد في المنطقة البوابية من المعدة ، وتتكون افرازاتها من المخاط وكميات قليلة من الانزيمات الهاضمة للبروتينات .

- **العصير المعدي Gastric juice**

وهو يشمل جميع افرازات الغدد والخلايا المعدية ويمكن ايجاز مكونات العصير المعدي بالاتي :

١. الماء : يشكل حوالي ٩٥% من العصير المعدي .

٢. الانزيمات : ويكون انزيم الببسينوجين هو الانزيم الرئيس ، بالاضافة الى انزيم الرنين Rennin .

٣. الايونات : وتتكون من ايونات (سالبة وموجبة) ، السالبة مثل الكلور (وهو الغالب) ، اضافة الى البيكربونات . اما الموجبة فتشمل الهيدروجين والصوديوم (وهي الغالبة) اضافة الى الكالسيوم والبوتاسيوم.

٤. حامض كلوريد الهيدروجين (الهايدروكلويك) HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية او الحامضية من الغدد القاعية.

فضلاً عن المخاط والعامل الداخلي الذي سبق ذكرهما.

ومن المهم ان نذكر ان كلا من الـ HCl والعامل الداخلي (ضروريان لامتصاص فيتامين B12)، اما المخاط فيعمل على حماية المعدة من تأثيرات حامض الـ HCl ، فضلاً عن قيامه بترطيب او تزييب المكونات المعدية.

- **افراز حامض HCl :**

تفرز المعدة كميات كبيرة من هذا الحامض ، اذ يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي 0.1% (PH:2) ، اما تركيزه في الخلايا الحامضية المفرزة له فهو اعلى بكثير ، اذ يتراوح بين 0.4 – 0.5 % (PH:1).

ويمكن توضيح عملية تكون وافراز هذا الحامض بالاتي:

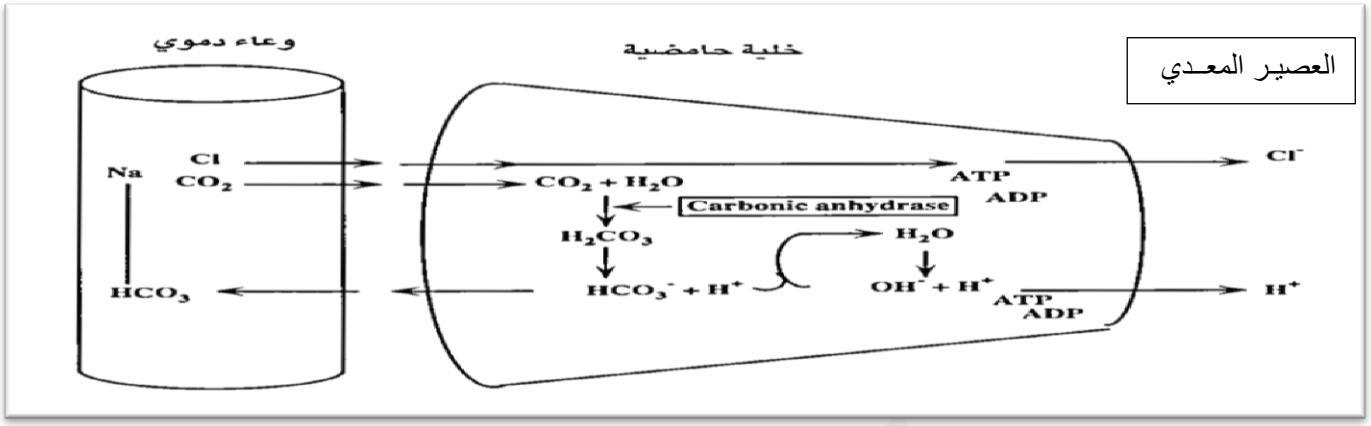
١. تأخذ الخلايا الحامضية ايونات الكلور Cl- من الدم وتفرزها بعملية النقل الفعال الى قنوات الغدد المعدية.

٢. مقابل ذلك ، تفرز الخلايا الحامضية كمية مساوية من البيكربونات HCO3 في الدم.

- هذه البيكربونات تتكون نتيجة تفاعل CO2 مع الماء بمساعدة انزيم الكاربونيك انهايدريز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية كما في التفاعل الاتي :

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{Carbonic anhydrase}} H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3$$

٣. اما ايونات الهيدروجين المنتجة (من التفاعل اعلاه) فانها ترافق ايونات الكلور مكونة حامض HCl .



مخطط يبين افراز حامض كلوريد الهيدروجين من قبل الخلايا الحامضية للمعدة

اهمية حامض كلوريد الهيدروجين في المعدة :

١. يسهل هضم البروتينات . ٢. ينشط عملية تحويل الـ Pepsinogen الى بيبسين Pepsin

٣. يحلل بعض السكريات الثنائية الى سكريات بسيطة (مثل السكروز الى كلوكوز وفركتوز).

٤. يساعد على ذوبان اليونات الحديد والنحاس ثم امتصاصهما. ٥. له عمل مطهر للمعدة.

٦. يسيطر على عمل الصمام البوابي الذي يقع بين المعدة والاثني عشري.

يتضح مما تقدم ان افراز ايونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب ايونات الهيدروجين الموجودة في الدم ، اذ ان افرازه يقابل اضافة ايون البيكاربونات الى الدم ، لكن ، هذه العملية لا تؤثر في درجة حموضة الدم وذلك بسبب وجود وسائل كفيلة التغيرات في الاس الهيدروجيني للدم كالدارئات الكيميائية والعصارة البنكرياسية .

*السيطرة على الافرازات المعدية :

ان الافرازات المعدية تقع تحت السيطرتين العصبية Nervous، والسائلية (الخلطية) Humoral.

١. السيطرة العصبية : وتتم بوساطة الالياف العصبية الودية (السمبثاوية) Sympathetic ، والالياف العصبية نظير الودية Parasympathetic . اذ انها تسيطر على حركة جدران القناة الهضمية ونشاط الغدد عن طريق ضفيرتين عصبيتين ، تقع احداهما بين الطبقة الطولية والطبقة الحلقية لعضلات القناة الهضمي وتسمى بـ ضفيرة اورباك Auerbach "s plexus، والاخرى الى خارج الطبقة تحت المخاطية تسمى بضفيرة مايسنر Missner "s plexus . يعمل النوعان من الالياف بصورة متضادة ، فتكون الالياف الودية مثبطة لكل من الافراز والحركة ، بينما تكون الالياف نظير الودية محفزة للافراز والحركة.

٢. السيطرة الخلطية : وتسمى بالسائلية ، لان المواد التي تؤثر في الافراز تحمل بوساطة السوائل الجسمية ، وتعد السيطرة الهرمونية نوعا خاصاً من هذه السيطرة . وتتم السيطرة الهرمونية بوساطة عدد من الهرمونات التي تصنع وتفرز من الغشاء المخاطي للقناة الهضمية حيث يحملها الدم الى الغدد الهضمية لتحفيزها على الافراز، ومن اهم هذه الهرمونات هي :

أ. الكاسترين Gastrin : وهو يفرز من الغدد البوابية نتيجة توسعها عند امتلائها بالطعام ، وهو يعمل على تحفيز افراز الغدد المعدية للانزيمات والعوامل المساعدة وبعض الهرمونات.

ب. هرمون الانتروجاسترون Entrogastron : وهذا يفرز من بطانة الاثني عشري نتيجة وجود الدهن والحوامض الدهنية وملامستها للبطانة ، وهو يعمل على تثبيط افراز وحركة المعدة.

مراحل الافراز المعدي : يحدث الافراز المعدي بثلاث مراحل هي:

أ. المرحلة الرأسية أو النفسية Cephalic or Psychic phase :

وتسمى ايضاً بالمرحلة الانعكاسية ، لان الافراز فيها يتم نتيجة الافعال الانعكاسية ، وهذه المنعكسات تبدأ من الحلمات الذوقية التي تتأثر بوجود الطعام وان هذا المنعكس يتأثر بمذاق الطعام وليس بوجوده في الفم فقط. اذ ينتقل الحافز الى الدماغ ، فيقوم الدماغ بارسال ايعازات الى المعدة عن طريق العصب التائه . ويكون افراز العصير المعدي في هذه المرحلة غنياً بانزيم الببسين وحامض الـ HCl ، لذا يمكن معالجة القرحة المعدية بقطع العصب التائه المتصل بالمعدة.

ب. المرحلة المعدية Gastric phase

يتم افراز العصير المعدي في هذه المرحلة نتيجة وجود الطعام في المعدة وتحفيز الغدد المعدية للافراز ، ويعتمد التحفيز على نوع الطعام، فالبروتينات تعد اكثر الاطعمة تحفيزاً ، كما وجد ان مجرد تمدد المعدة وجدرانها يحفز افراز الغدد المعدية وذلك بادخال بالون ونفخه في المعدة ، كذلك فان امتصاص منتوجات هضم الغذاء قد يؤدي الى تحفيز الغدد المعدية للافراز.

ج. المرحلة المعوية Intestinal phase :

وتكون كمية الافراز في هذه المرحلة قليل نسبياً بالمقارنة بالمرحلتين السابقتين، وتبدأ هذه المرحلة عند دخول الطعام المهضوم المسمى Chymes الى الاثني عشر ، حيث يعمل حامض الـ HCl الممزوج بالغذاء المهضوم على تحفيز بطانة الاثني عشر لافراز هرمون الانتروكاسترون الذي يثبط افراز المعدة وحركتها.

افرازات البنكرياس :

تبلغ حموضة العصارة البنكرياسية حوالي 8 (PH:8) ، وتحتوي العصارة البنكرياسية Pancreatic jouice على عدد من الانزيمات التي يمكنها هضم الانواع الثلاث من الغذاء (البروتينات والكاربوهيدرات والدهون) وهي :

أ. الانزيمات الهاضمة للبروتينات :

وتشمل (التربسين Trypsin، و الكايموتربسين Chimotrypsin، والكاربوكسي بيبتايديز Carboxy peptidase).

ب. الانزيمات الهاضمة للكاربوهيدرات :

ويتمثل بأنزيم واحد هو الاميليز البنكرياسي Pancreatic amylase الذي يحول النشأ الى دكسترين و مالتوز .

ج. الانزيمات الهاضمة للشحوم :

وتشمل انزيم اللايبز البنكرياسي Pancreatic lipase الذي يعمل على تحويل الشحوم الى حوامض شحمية بسيطة Fatty acids وكليسيريدات .

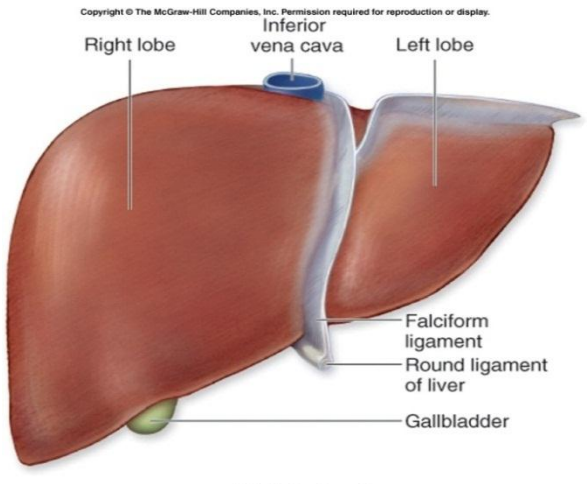
د. كذلك فان العصارة البنكرياسية على كمية كبيرة من البيكاربونات والايونات السالبة الاخرى ، وايونات موجبة مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم .

* **السيطرة على افراز البنكرياس:** تقع افرازات البنكرياس تحت سيطرتين هما :

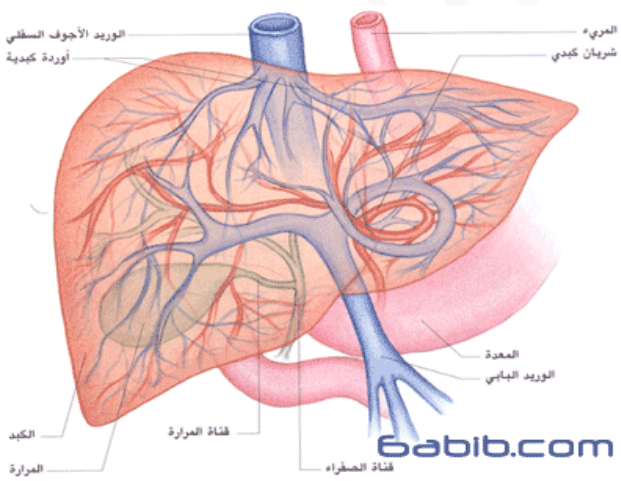
أ. السيطرة العصبية ، ويكون العصب التائه Vagus nerve هو العصب المشترك في هذه السيطرة . ويكون الافراز تحت هذا العصب لزجاً وغنياً بالانزيمات الهاضمة.

ب.السيطرة الهرمونية : وتتم بوساطة

- الهرمون المحفز السكرتين Secretin (اذ يكون افراز البنكرياس تحت تاثير هذا الهرمون بكمية كبيرة و ذو قوام مائي غني بالاملاح لكنه يحتوي على كمية قليلة من الانزيمات) .
- هرمون البنكريوزايمين Pancreozymin: (يكون الافراز تحت تاثير هذا الهرمون مشابهاً في قوامه ومكوناته للافراز الذي يحدث تحت تأثير العصب التائه.



(a) Anterior view



*الكبـد Liver

الكبد عبارة عن عضو ذو لون بني- محمر مع أربعة فصوص غير متكافئة في الحجم والشكل. يزن كبد الإنسان عادة حوالي ١.٥ كغ ، ويبلغ عرضه حوالي ١٥ سم. ويكون لدى الاناث اصغر قليلا مما هو عليه لدى الذكور ، عموماً ، لذا يعتبر أثقل عضو داخلي وأكبر غدة في جسم الإنسان.

يقع الكبد في الربع العلوي الأيمن من التجويف البطني، تحت الحجاب الحاجز، إلى يمين المعدة ويغطي المرارة.

يرتبط الكبد باثنين من الأوعية الدموية الكبيرة هما : الشريان الكبدي ، والوريد البابي.

وظـائـف الكبـد :

تشير المصادر الى ان الكبد يقوم بعدد كبير من الوظائف ، تصل الى حوالي ٥٠٠ وظيفة ، نذكر اهمها وهي :

١. افراز الصفراء

٢. تكوين الكلايكوجين وخزنه ، وتنظيم كمية ومستوى السكر في الدم.

٣.تكوين بروتينات بلازما الدم ، وخاصة البروثرومبين والفايبرينوجين

٤. تكوين اليوريا ، وعزل الامونيا Deamination وتحطيم حامض البول (اليوريك اسيد Uric acid).

٥. خزن وتنظيم انتشار عامل مضاد فقر الدم الخبيث Antipernicious anemia .

٦. خزن الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامينات (A، D ، E ، K).

٧. مقاومة السموم والحد من نشاطها .

٨. يساهم بدور كبير في ايض الكاربوهيدرات والبروتينات وبناء الاحماض الشحمية.

الصفـراء Bile

هي عصارة مرة المذاق تصنع في الخلايا المبطنة للقنوات في الكبد ، ولا تمر هذه العصارة الى الاثني عشر مباشرة ، وانما تخزن في كيس يسمى كيس الصفراء (المرارة) Gall Bladder الذي يشبه الحويصلة ويكون ذو لون اخضر مائل للاصفرار ويقع على السطح الداخلي للكبد في الانسان والفقريات .

تنتقل عصارة الصفراء عن طريق قناة تسمى قناة الصفراء Bile duct الى الامعاء الدقيقة (في الاثني عشر) لتساعد في اداء بعض الوظائف الهضمية ، ثم تطرح الى الخارج مع الغائط. ويوجد بين اتصال القناة الصفراوية المشتركة والاثني عشر صمام يعرف بـ (صمام أودي Oddi Sphinctor) الذي يمنع انسياب الصفراء الى الامعاء في الاحوال الاعتيادية.، في حين ان دخول الطعام المهضوم الى الاثني عشر ينبه بطانة الاثني عشر لافراز هرمون يسمى كولي سيتوكاينين Cholecystokinin وهذا يسبب انقباض كيس الصفراء وانبساط الصمام ، فتنساب عصارة الصفراء من الكيس الى الاثني عشر على شكل دفعات تعقب دفعات الطعام.

ومن الجدير بالذكر ان عصارة الصفراء بحد ذاتها مادة سامة وخاصة عند بقائها في الجسم ، ولكن مرورها عبر الامعاء يؤدي الى انجاز عملية هضم المواد الدهنية جنباً الى جنب مع الانزيمات الخاصة بهذه العملية.

تتألف عصارة الصفراء من الماء بالدرجة الاولى ، وكميات من املاح الصفراء Bile salts و صبغات الصفراء Bile pigments . اضافة الى املاح معدنية وكوليسترول ومخاطين ويوريا ، ومواد غير عضوية ومركبات اخرى.

تعمل املاح الصفراء على تجزئة المواد الدهنية الى قطيرات صغيرة جداً مما يجعلها عرضة لانزيم اللايبز Lipase ، وبذلك تساعد على هضم المواد الدهنية على الرغم من عدم احتوائها على انزيمات هاضمة.

اما صبغات الصفراء فهي عبارة عن نتائج تفكيك خضاب الدم (الهيموكلوبين) بسبب تحطم خلايا الدم لحمر. اذ ان الهيموكلوبين يتحول الى مركبين احدهما يحتوي على الحديد هو (الهيموسيدرين Haemosiderin)، والاخر لا يحتوي على الحديد يسمى (البليفردين Biliverdin) ، والاخير ذو لون اخضر مصفر يختزل بواسطة انزيمات الجسم الى مركب اصفر اللون يسمى البيليروبين Bilirubin، ويرجع لون عصارة الصفراء الى هاتين الصبغتين.

* يحدث نتيجة ارتفاع نسبة صبغة البلي روبين الصفراء في الدم مرض يعرف باليرقان (ابو صفار) Jaundice ، الذي يكون بثلاثة انواع يمكن ان تحدث في الجسم وهي:

١. اليرقان التحللي Haemolytic J. : وهذا ينتج من زيادة تكسر خلايا الدم الحمر مسبباً فقر الدم.

٢. اليرقات التسممي Toxic J. : وينتج من التسمم ببعض المواد التي لها القابلية عللى التأثير في كمية الصبغات في الجسم .

٣. اليرقان الانسدادي Obstractive J. : وينتج من انسداد القناة الصفراوية المشتركة بوساطة حصاة Gall stone تتكون نتيجة ترسب الكولسترول في الذائب في كيس الصفراء.

وظائف عصارة الصفراء : يمكن تلخيص وظائف عصارة الصفراء بما يأتي:

١. تعمل على معادلة حامض الهيدروكلوريك الداخل الى الامعاء والممزوج مع الطعام.

٢. تساعد في تنشيط انزيم اللايبز البنكرياسي، وتسريع عمل الاميليز البنكرياسي.

٣. تعمل املاح الصفراء على تخفيف التوتر السطحي للدهون عن طريق تجزئتها الى جزيئات صغير فتساعد على استحلابها Emulsification .

٤. تساعد املاح الصفراء على امتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون.

٥. تتحد املاح الصفراء بالاحماض الدهنية غير الذائبة لتكوين معقد منهما ، الذي يتم امتصاصه بسهولة.

٦. تنظم عصارة الصفراء نمو بعض انواع البكتريا، كما انها تعد مطهرة للامعاء Antiseptic .

٧. تساهم العصارة بصورة غير مباشرة في هضم الكثير من انواع التغذية ، وتنشيط عمل الانزيمات الهاضمة لها.

الأمــعـاء الدقيـقــة :

أطول أجزاء الجهاز الهضمي يصل طولها في الإنسان إلى حوالي ٥ – ٧ أمتار وتحتوي على الكثير من الزغابات وبالتالي فهي ذات مساحة سطح كبيرة. يتم بداخل الأمعاء الدقيقة معظم الهضم الأنزيمي للغذاء الذي يصلها. وتنقسم الأمعاء الدقيقة إلى ٣ أجزاء :

أ. الإثنـي عشـر Duodenum :

وهو الجزء الاول من أجزاء القناة الهضمية، يصل بين المعدة والصائم، وهو أول جزء من الأمعاء الدقيقة، ويبلغ طوله ما بين ٢٥-٣٠سم، ويفصل عن المعدة بواسطة البواب، وله أربع قطع تشبه في شكلها المضلع، كما تنفتح في القطعة الثانية منه كلٌ من القناة الصفراوية والقناة البنكرياسية.

وظائف الاثنى عشر : يمكن تلخيص اهم وظائف الاثني عشري بما يأتي:

١. يعمل على حل النشويات التي سبق وتفككت داخل الفم والمعدة، اذ يفككها بوساطة إفراز إنزيمات من البنكرياس.

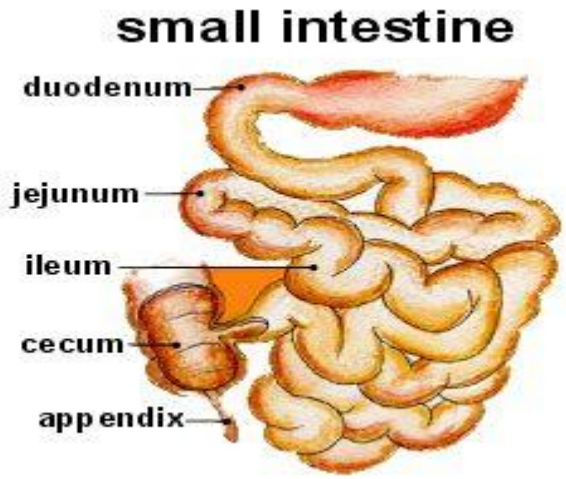
٢. يهضم ويحلل الشحوم بواسطة إنزيمات التي تفرز من البنكرياس، كالمواد المضافة للطعام مثل: المنكهات والالوان التي لم تحلل داخل المعدة والفم.

٣. ينظم إفراغ محتويات المعدة إلى الأمعاء الدقيقة؛ أي ينظم انتقال الطعام المهضوم من المعدة إلى الاثنى عشر.

٤. ينبه الكبد لانتاج المادة الصفراء ، ويستقبل العصارة الصفراوية التي تفرز من المرارة ، كما يعطي إشارة للبنكرياس لإفراز الإنزيمات الهاضمة كي يبدأ تكسير الطعام من خلال إنزيمات وهرمونات الهضم.

٥. يساعد على امتصاص عنصر الحديد من الطعام.

٦.. يساهم في تحلل العديد من مركبات الطعام كيميائياً، مثل: الشحوم، والبروتينات، والكربوهيدرات.



ب - المعي الصائم Jujenum

وهو الجزء الثاني من الأمعاء الدقيقة يمتد من نهاية الاثني عشر إلى اللفائفي، ويتوضع جزئه الرئيس في منطقة السرة، ولكنه قد يتحرك حسب الظروف، إلى مناطق مجاورة.

سمي هذا الجزء بالصائم لأن قدماء الإغريق لاحظوا أن هذا الجزء من الأمعاء يكون دائماً فارغاً من الطعام المهضوم . وهو اغلظ واقصر من اللفائفي اذ يبلغ طوله حوالي ٢.٥ متر ، و وظيفته الاساسية تتمثل بامتصاص منتجات الهضم (السكريات، الأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية) إلى مجرى الدم.

ج- اللفائفي Ileum

يمثل القسم الأخير من الأمعاء الدقيقة. ويبلغ طولها نحو ٢-٤ م في الإنسان، وتأتي بعد الإثنى عشر و الصائم، ويفصلها عن الأعور cecum الصمام اللفائفي الأعوري (Ileocecal valve (ICV . درجة القاعدية pH في اللفائفي عادة ما تتراوح بين ٧ و ٨ (اي انه متعادل أو يميل الى القاعدي). وظيفته في الأساس هي امتصاص فيتامين ب١٢ و أملاح الصفراء وأية نواتج من الهضم لم يمتصها الصائم.

- **تركيب العصارة المعوية :**

يفرز المعي الدقيق حوالي اللتر الى اللتر ونصف اللتر يوميا من عصارته وهي تتكون من الاتي :

أ. سائل قلوي الوسط : يحتوي على بيكربونات الصوديوم وكلوريد الصوديوم وهذا يحتوي على انزيمات هاضمة معينة .

ب. المخاط : وهو يحمي جدار المعي الدقيق من حدوث أي خدش قد ينتج من احتكاك اجزاء الطعام اثناء مروره في الامعاء الدقيقة.

ج. الطبقات المخاطية الميتة او المنتهية الصلاحية والتي تنتقل الى تجويف المعي الدقيق ثم يتم اخراجها ثم يعاد تجديد خلايا هذه الطبقات لبناء طبقات مخاطية جديدة.

- **انزيمات العصارة المعوية** / وهي كالاتي

١. بيبتيداز Peptidase وهي هاضمة للبروتينات وتحولها الى وحدة بنائها وهي الاحماض الامينية
٢. داي سكريداز Disaccridase وهي محللة للسكريات العديدة التسكر الى مكوناتها السكرية التسكر مثل سكر النشا وسكر اللبن وسكر الفواكه.
٣. ليبيز Lipase وهو هاضم للدهون ومحللها الى الاحماض الدهنية
٤. أميليز Amylase وهو هاضم وخاص بسكر النشا.

- يحتوي الاثني عشر على خلايا خاصة لا فراز مخاط سميك قلوي لمعادلة حمضية الطعام المهضوم القادم اليه من المعدة وبذلك فهذا المخاط يحمي الاثني عشر من تأثير الحمض على جداره.

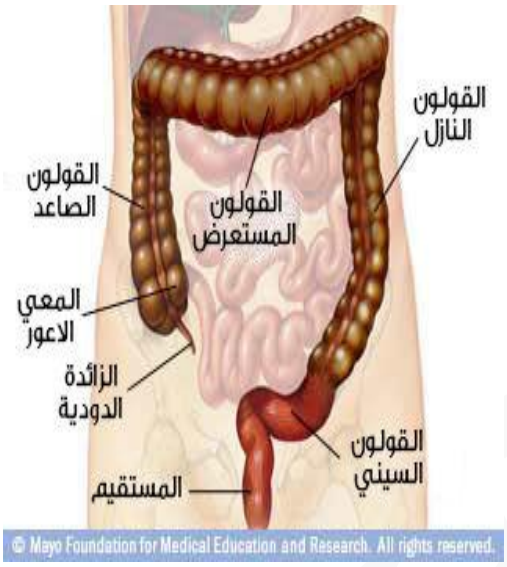
- **حركة المعي الدقيق :** المعي الدقيق ذو حركة تمعجية تقلصية، تدفع الطعام المهضوم ضمن اجزائه، تبقيه فترة اطول معرضا لسطحه وهذا يجعله معرضا لفترة اطول للامتصاص. فضلا عن ذلك ، فان هذه الحركة تساعد على تقليب الطعام وخلطه بعصاراته التي يفرزها بالإضافة الى خلطه بالعصارة الصفراوية والبنكرياسية.

❤ الامعاء الغليظة (القولون) :

الأمعاء الغليظة هي الجزء الأخير من جهاز الهضم في معظم الفقاريات. تستخرج الأمعاء الغليظة الماء والملح من الفضلات الصلبة قبل أن يتم إفرازها من الجسم، وهي كذلك الموقع التي يحدث به تخمير المواد غير المُمتصّة عن طريق النبيت الجرثومي المعوي (البكتيريا الكبيرة).

بخلاف الأمعاء الدقيقة، لا تلعب الأمعاء الغليظة دورًا في امتصاص المواد الغذائية. وجدار المعي الغليظ لا يحتوي على زغابات، والغشاء المخاطي له يفرز مخاطا فقط. وهي لا تحتوي على انزيمات او عصارات و يصل الأمعاء الغليظة حوالي ١.٥ من الماء كل يوم.

يبلغ معدّل طول الأمعاء الغليظة في البالغين ١٥٥ سم في النساء (يتراوح ما بين ٨٠ حتى ٢١٤ سم) و ١٦٦ سم في الرجال (يتراوح ما بين ٨٠ حتى ٣١٣ سم).



* يبلغ طول القولون حوالي متراً وينتهي اللفائفي عند القولون ويرتبط بها عند الاعور، ويفصل بينهما صمام يمنع رجوع الطعام المهضوم من القولون الى اللفائفي. كما يتدلى من جدار الاعور الزائدة الدودية appendix.

اجزاء القولون ومهامها الرئيسية هي :

- الاعور والقولون الصاعد والنصف الايمن من القولون المستعرض مسؤولة عن الامتصاص.
- النصف الايسر من القولون المستعرض والقولون الهابط والقولون السيني مسؤول عن تخزين البراز.
- المستقيم والقناة الشجرية والشرج مسؤول عن التبرز والاخراج.

- **وظائف القولون :**

١. الامتصاص: ويقوم بامتصاص الماء والصوديوم وبعض المعادن وبعض الفيتامينات
٢. يفرز المخاط الذي يحمي جدار المعي الغليظ من احتكاك الطعام بالطبقات المخاطية.
٣. تخزين البراز حتى وقت اخراجه بعملية الاخراج والتبرز
٤. صناعة بعض الفيتامينات حيث ان القولون يحتوي على بكتيريا نافعة تقوم بصناعة فيتامين (K) الذي من ثم ينتقل الى الدم ويستفيد منه الجسم
٥. التخلص من بعض المواد الضارة بالجسم مثل المعادن الثقيلة كالزئبق.

- **حركة القولون :** يتحرك القولون بحركات تمعجية وتقلصية عضلية تمزج الغائط وتدفعه على طول القولون نحو المستقيم الذي يمتلئ وينتفخ بعد ذلك بالغائط مما يؤدي الى تمدد جداره مرسلا اشارات عصبية الى المخ حيث يعطي بعد ذلك الشعور بالحاجة الى الاخراج .

هرمونات الجهاز الهضمي (ايجاز عن اهم الهرمونات المعدية ـ المعوية):

١. هرمون الجاسترين Gastrin:

هرمون بروتيني يفرز من الخلايا الجوفية للمعدة وكذلك من خلايا "دلتا" بالبنكرياس. يتم إفرازه في الدم عندما تزداد القلوية داخل المعدة أو عند امتلاء المعدة بالطعام. وهو يقوم بتحفيز الخلايا الجدارية بالمعدة لإفراز حامض الهيدروكلوريك لمعادلة القلوية الناتجة، وان زيادة معدل الحموضة ضرورياً لتنشيط تحويل أنزيم الببسينوجين (غير النشط) إلى الببسين (النشط) في الخلايا الرئيسية.و يعتبر هذا الانزيم (الببسين) من أقوى الانزيمات الهاضمة للبروتين .كذلك فان للجاسترين دوراً أيضاً في زيادة حجم العصارة الصفراوية المفرزة.

٢ . هرمون الانتروجاسترين (Enterogastrin):

يسمى أيضاً Gastric inhibitory polypeptide (GIP) وهو هرمون بروتيني يفرز من الخلايا المخاطية للأنثى عشر ، ويؤثر مباشرة في المعدة من خلال تثبيطه لإفراز حامض الهيدروكلوريك وإيقافه لحركة المعدة وكلاهما ضرورياً لحماية المعدة من أثر الحموضة المفرطة.

٣. هرمون السكرتين Secretin:

هرمون بروتيني يفرز من الخلايا المخاطية للأنثى عشر او من الجزء الامامي للأمعاء الدقيقة ويقوم بتحفيز إفراز العصارة البنكرياسية المحتوية على الصوديوم. يتم إفراز هذا الهرمون بسبب وجود الطعام المهضوم الحامضي في بداية الاثني عشر ، بالإضافة إلى عوامل أخرى تزيد من إفرازه كحامض الـ HCl ، والأحماض الدهنية و البيبتيدات وبعض الاحماض الأمينية والكحوليات ... الخ. يقوم السكرتين أيضاً بزيادة حجم العصارة الصفراوية المفرزة.

٤. البنكربوزايمين ـ الكولي سيستوكاينين Pancreozymin – Cholecysto Kinin (PCK):

هرمون بروتيني يفرز من الخلايا المخاطية للأنثى عشر أو من الجزء الأمامي للأمعاء الدقيق. يعمل على تحفيز إفراز العصارة البنكرياسية الغنية بالإنزيمات ويؤثر في الحوصلة الصفراوية ويزيد من تقلصها لإخراج العصارة الصفراوية اللازمة لمساعدة استحلاب الدهن لتسهيل هضمه بواسطة إنزيم اللايبيز.

ومن العوامل الاخرى التي تساهم في زيادة إفراز هذا الهرمون هي الاحماض الامينية و البيبتيدات والأحماض الدهنية الحرة.

يقوم كل من السكرتين والبنيكريوزايمين بالتأثير على المعدة وتثبيط حركتها وإفرازاتها الحامضية لتقليل سرعة حركة اللقمة الحامضية إلى الاثني عشر وفي نفس الوقت تزيد من إفراز البيكربونات والعصارات الإنزيمية لمعادلة هذه الحمضية.

٥. الموتيلين Motilin:

هرمون بروتيني يفرز من الخلايا المخاطية للأمعاء الدقيقة ويعمل على تحفيز وتنظيم التقلصات المعدية ويعتقد أن أهم العوامل التي تحفز إفرازه هي زيادة PH في الأمعاء الدقيقة.