كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : فزيولوجيا وظائف التغذية

المحاضرة : الخامسة/نظري/د.مرسال

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

فيزيولوجيا التغذية
المحاضرة الخامسة
جهاز الهضم-٢

العصارة المعوية ووظيفتها

يوجد في جدار العفج غدد معوية تدعى غدد برونر ، كما يوجد فيه وفي بقية الأمعاء غدد ليبركون. تتكون مفرزات غدد ليبركون بمعظمها من ماء وأملاح .

بينما تتكون مفرزات غدد برونر من مواد مخاطية وخلايا لمفاوية ووظيفتها حماية جدار الأمعاء كما لها وظيفة مناعية.

تتألف العصارة المعوية من ماء تحل فيه أملاح البيكربونات والفوسفات والكلور ومواد مخاطية ويعض الأنزيمات المشابهة لإنزيمات البنكرياس، درجة حموضتها بحدود 8-7.5 ومعظم هذه الإنزيمات توجد في أغشية الزغابات المعوية الدقيقة أو تطلقها الخلايا الظهارية المتوسطة في جدار الأمعاء.

تقوم هذه الإنزيمات بإتمام عملية هضم المواد العضوية وتحويلها إلى سكريات بسيطة وحموض أمينية وحموض دسمة وغليسرول ليسهل امتصاصها من قبل الزغابات المعوية. ومن هذه الإنزيمات إنزيم الأمينوببتيداز وإنزيم ثنائي ببتيداز، حيث يهاجم الأول الروابط الببتيدية للببتيدات المتعددة التي تنتهي في أحد طرفيها بحموض أمينية تحمل زمرة أمينية وتحولها إلى حموض أمينية، بينما يكسر الإنزيم الثاني الببتيدات الثنائية إلى حموض أمينية.

كما يوجد في العصارة المعوية إنزيمات حالة للسكريات الثنائية كالمالتاز الذي يحول المالتوز إلى جزيئتين من الغلوكوز،

والسكراز الذي يحول السكروز إلى جزيئتي غلوكوز وفركتوز،

واللاكتاز الذي يحول اللاكتوز إلى جزيئتي غلوكوز وغالاكتوز،

كما تحوي إنزيم الفوسفاتاز القلوية الذي يفصل زمر الفوسفات من بعض المركبات العضوية الفوسفورية

وإنزيم الليسيثيناز الذي يحول الليستين إلى حموض دسمة وغليسرول وحمض الفوسفور وكولين،

وإنزيمات نيكليوتيداز التي تهاجم النيوكليتيدات وتحولها إلى نكليوزيدات وحمض الفوسفور، وإنزيم النيكلوزيداز الذي يكسر النيكلوزيدات إلى سكريات خماسية وأسس عضوية آزوتية.

آلية إفراز العصارة المعوية

يفرز الإنسان حوالي لترا واحدا من العصارة المعوية يوميا بمنعكسات عصبية موضعية بتحريض لمسي أو بالتهيج الناتج عن تدفق الكيموس للأمعاء، وكذلك بتنظيم هرموني يلعب فيه هرمون الغاسترين والبنكريوزيمين و الإنتيروغاسترين التي تفرزهم خلايا غدية في العفج الدور الأساس بتأثير اللبيدات وحمض كلور الماء الموجود في الكيموس المعدي.

إن إفراز الغدد المعوية للماء والأملاح يتم عبر إفراز شوارد الكلور والبيكربونات بآلية النقل الفعال يرافقها نقل لشوارد الصوديوم وتعمل هذه الشوارد مجتمعة على نقل الماء، ويمكن أن يزيد إفرازها للماء والأملاح بشكل يفوق القدرة الامتصاصية للأمعاء بفعل بعض الأمراض الجرثومية كالكوليرا.

الهضم في المعي الغليظ

يمر الطعام الذي لم يهضم ويمتص في المعي الدقيق إلى المعي الغليظ.
ويحوي المعي الغليظ جراثيم متعايشة يمكنها تخمير السكريات وهضم البروتينات، فالحموض الأمينية ومنتجات هضم البروتين التي لم تمتص تتخرب في القولون بفعل الجراثيم الموجودة فيه ويتشكل نتيجة ذلك بعض المركبات السامة كالأندول والسكاتول والفينول والتي يعاد امتصاصها وتنقل بالدم إلى الكبد فيبطل سميتها.

كما تنتج الجراثيم المتعايشة بعض فيتامينات المجموعة B وفيتامين K فتمد الجسم بحاجته من هذه الفيتامينات.

امتصاص نواتج الهضم

تتحول معظم المواد الغذائية بعد إتمام عملية الهضم في لمعة الأمعاء إلى وحدات يمكن امتصاصها عبر طبقة الخلايا الظهارية للزغابات المعوية التي تؤمن نقلها إلى الدم واللمف. تجتاز الوحدات الغذائية البسيطة أغشية الخلايا الظهارية المبطنة للأمعاء بالنفوذ أو التشرب الخلوي وفق الطرق التالية:

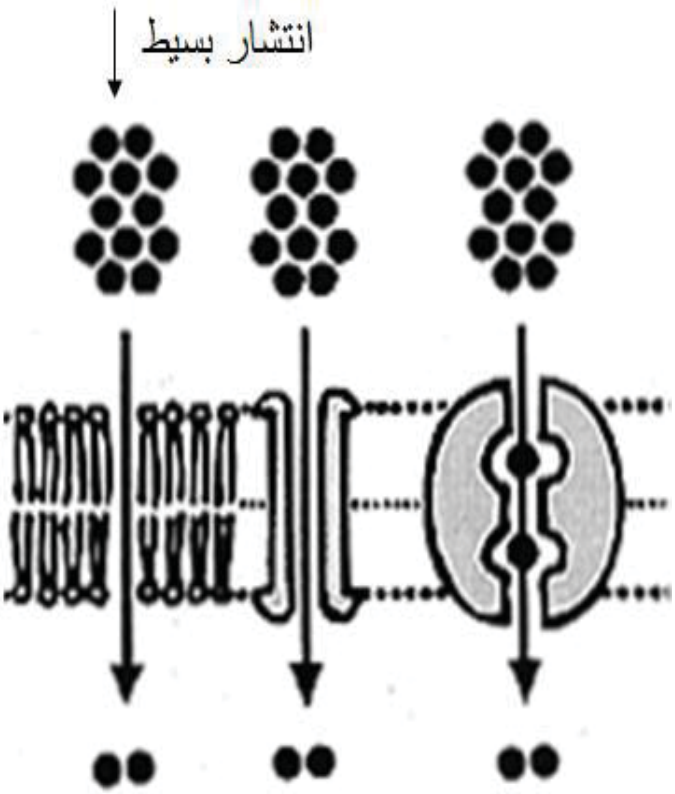
النقل المنفعل (التلقائي):

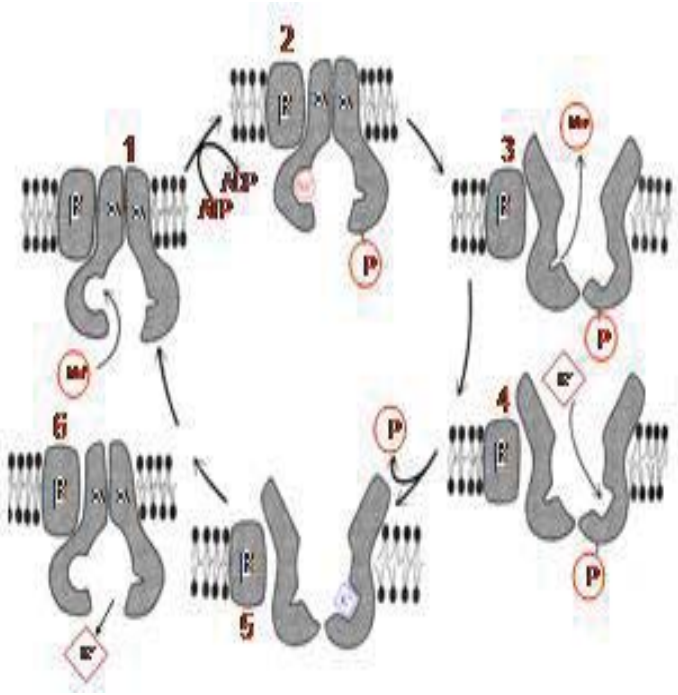
حيث تنتقل جزيئات المادة الغذائية حسب مدروج التركيز من الوسط المرتفع التركيز إلى الوسط منخفض التركيز. ولايحتاج طاقة ويتم عبر قنيات دقيقة.

النقل الفعال:

تنتقل المواد عكس مدروج التركيز من الوسط المنخفض إلى المرتفع التركيز ويتم بمساعدة نواقل بروتينية نوعية، ويحتاج هذا النوع من النقل طاقة يتم تأمينها من حلمهة جزيئات الطاقة (ATP)

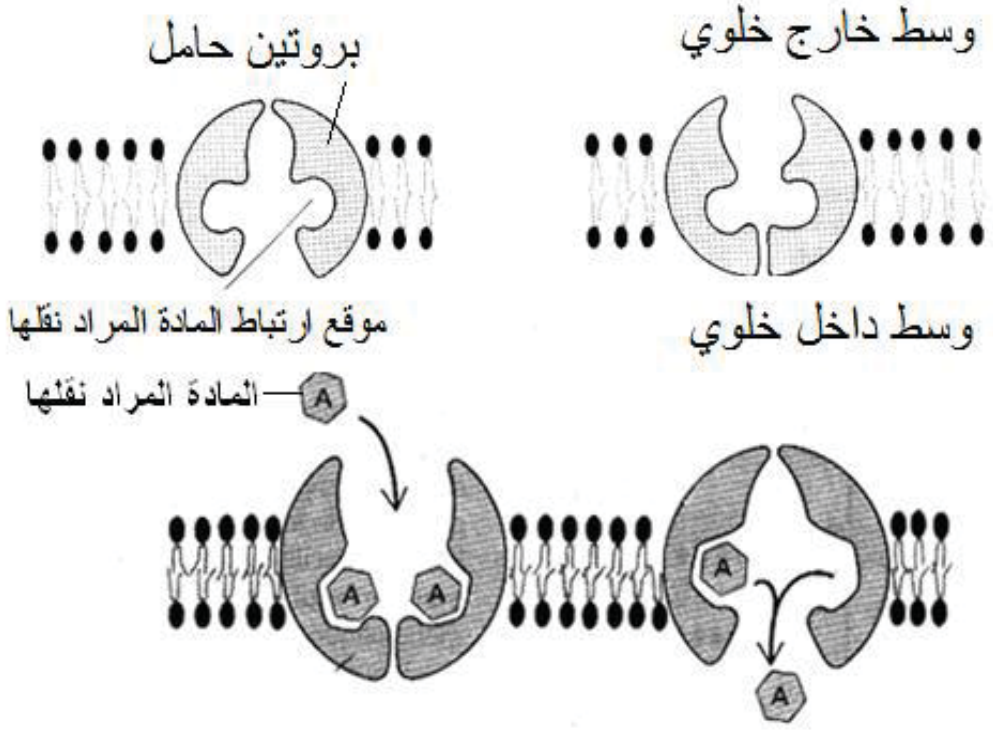
آليات النقل التلقائي والفعال.





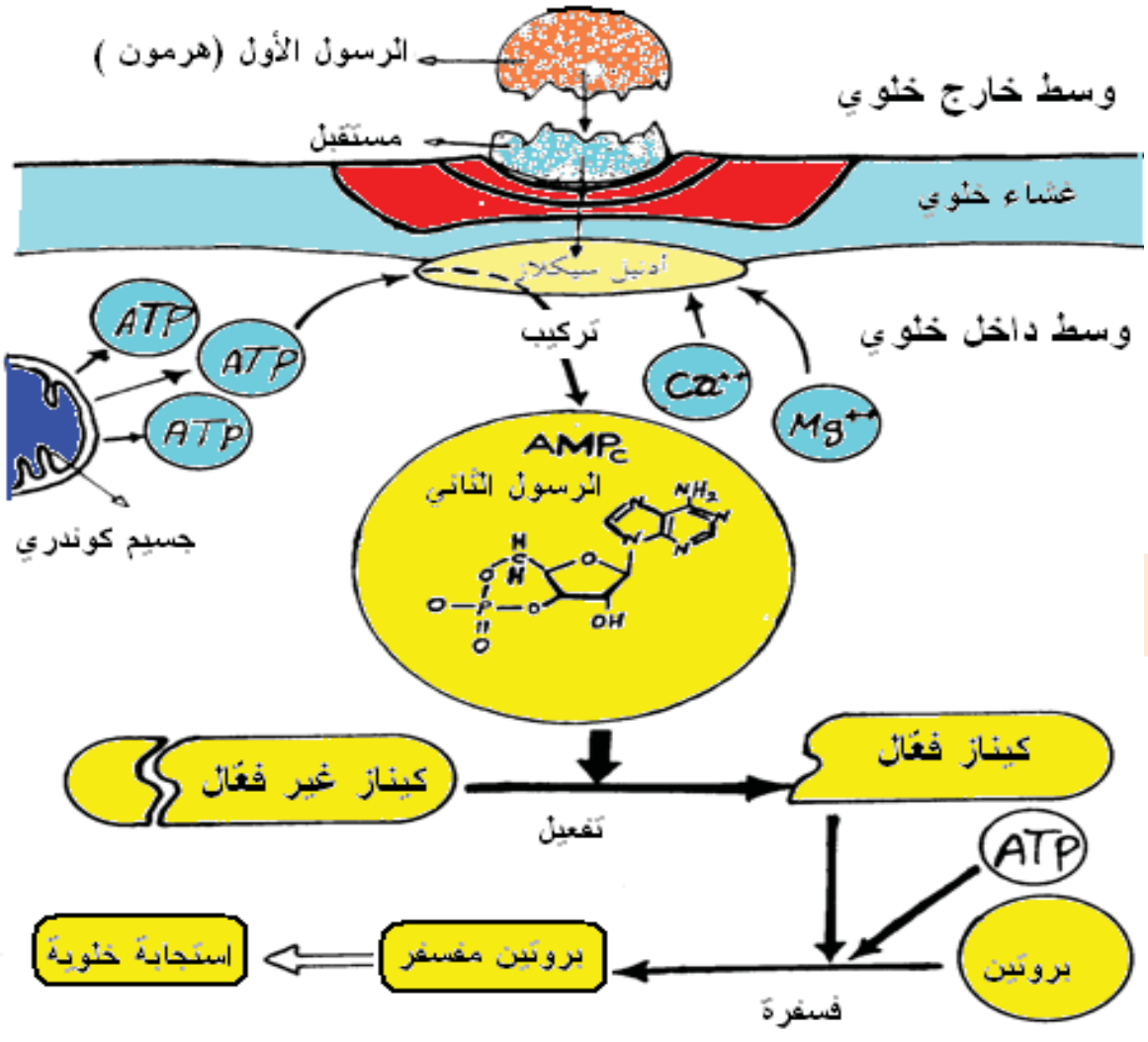
آلية عمل المضخة الصودية البوتاسية.

<u>النقل الميسر:</u> يتم في هذه الطريقة نقل المواد بحسب تدرج التركيز وبوجود نواقل نوعية موجودة في تركيب الغشاء الخلوي، حيث تربط إليها نوعيا الجزيء المراد نقله وتنقله إلى الطرف الثاني من الغشاء، ثم ينفصل عنها بشكل مشابه لآلية النقل الفعال، ولكن هذا النقل لايحتاج إلى طاقة.



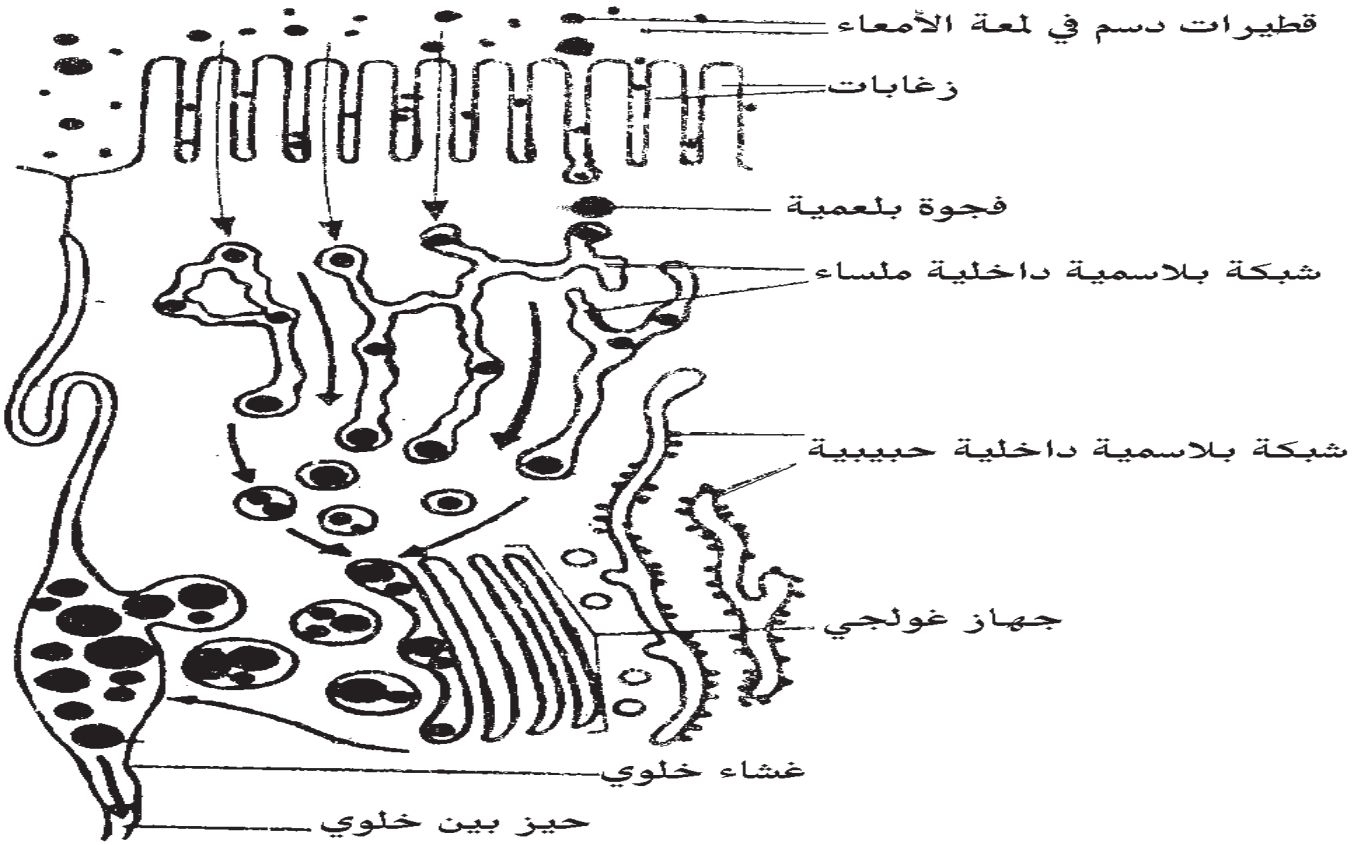
النقل بواسطة الرسول الثاني

يتم تنظيم نقل العديد من المواد إلى الخلايا الحية بإشراف هرمونات نوعية تلعب دور رسول أول حيث تحرض على تكوين أدينوزين أحادي الفوسفات الحلقي وهو الرسول الثاني الذي يعمل على إطلاق فعاليات نوعية في الخلية ومنها نقل بعض المواد عبر جدار الخلية بآلية النفوذ. ويحتاج النقل عن طريق الرسول الثاني إلى طاقة تأتي من حلمهة جزيئات ATP لفسفرة بروتينات نوعية في الخلية، أما أهمية النقل بهذه الطريقة فهي مضاعفة استجابة الخلية للرسول الأول (الهرمون) حيث أن جزيئة واحدة منه تكفي لإطلاق العنان للرسول الثاني مئات المرات وبالتالي الاقتصاد في استهلاك الهرمون.



آلية النقل عبر جملة الرسول الثاني

أما المواد التي لا يمكنها النفوذ عبر الطبقة الظهارية للأمعاء كالغليسيريدات الثلاثية فتنقل بآلية الامتصاص الخلوي



آلية انتقال المواد الدسمة من لمعة الأمعاء إلى داخل الخلية الماصة.

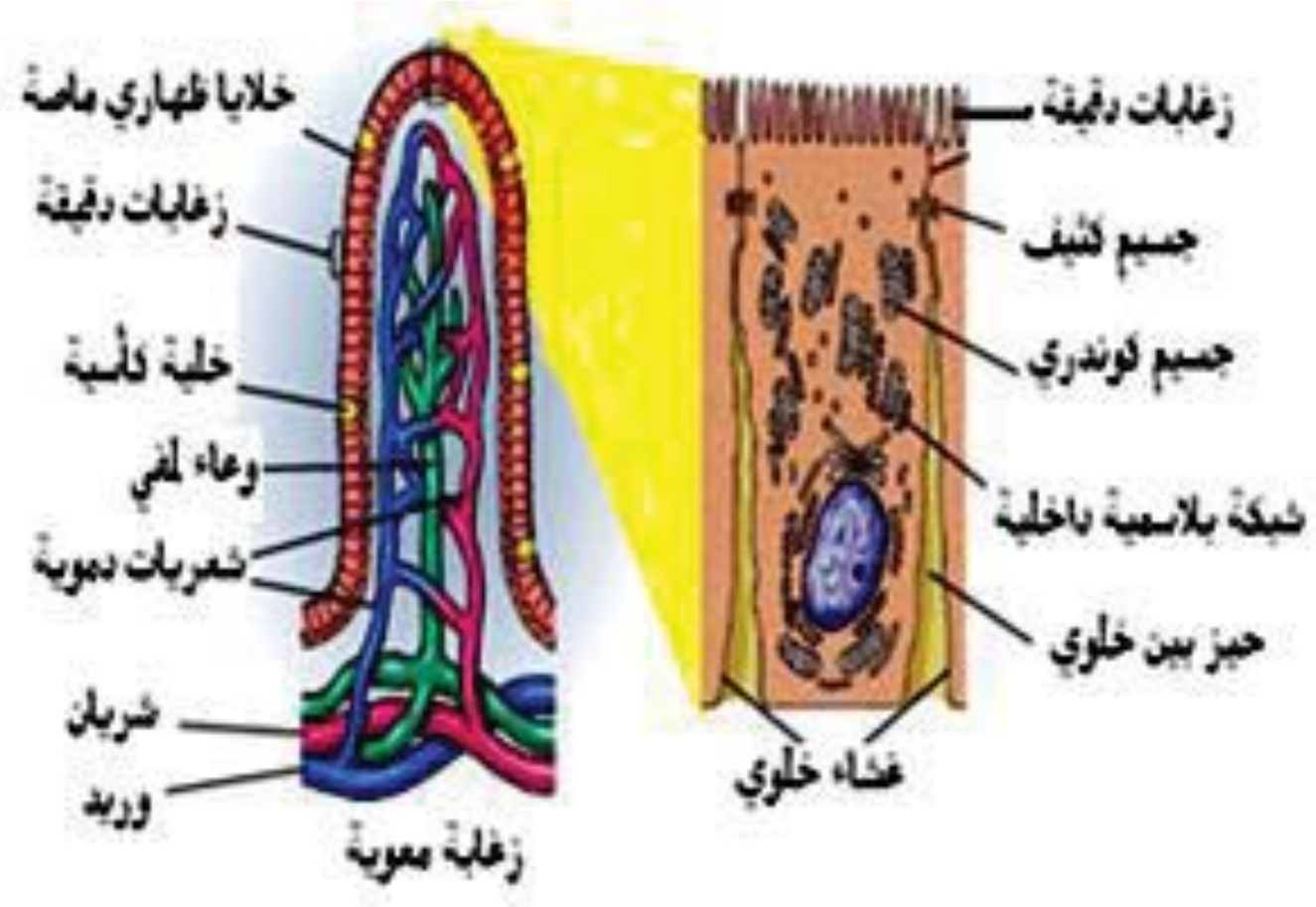
إن فعالية الأمعاء في امتصاص المواد الغذائية تزداد مع زيادة سطح الأمعاء، وتوجد عدة وسائل لزيادة السطح الداخلي للأمعاء عند الحيوانات وخاصة الفقاريات كزيادة طول الأمعاء ووجود انثناءات في مخاطية الأمعاء.

فعند الإنسان يصل طول الأمعاء إلى ما يزيد عن خمسة أمتار، وتنثني مخاطية الأمعاء نحو الداخل على شكل دسامات معوية تحمل زوائد طولية إصبعية الشكل تعرف بالزغابات المعوية والتي تبطن بصف واحد من الخلايا الظهارية، وتحمل كل خلية ظهارية مبطنة للأمعاء مئات الزوائد البروتوبلاسمية الدقيقة تعرف بالزغابات المعوية الدقيقة، حيث تعمل هذه الزوائد والثنيات على زيادة السطح الداخلي للأمعاء إلى أكثر بمليون مرة من سطح أنبوبة لها نفس القطر، وتقدر المساحة الداخلية لسطح الأمعاء الدقيقة بحدود مئة متر مربع، مما يسهل ويزيد من فعالية امتصاص جزيئات الغذاء.

تعتبر الزغابة المعوية وحدة الامتصاص الأساسية وتأخذ شكل الإصبع مغطاة بطبقة من الخلايا الظهارية، ويمتد تحتها شبكة من الأوعية الدموية ووعاء لمفي.

حيث تقوم الخلايا الظهارية للزغابة بامتصاص المواد الغذائية المهضومة من لمعة الأمعاء وإيصالها إلى جهاز الدوران والجهاز اللمفي.

بنية الزغابة المعوية وبنية الخلايا الظهارية المبطنة له



امتصاص الماء والعناصر الغذائية

يتم امتصاص المواد والشوارد المعدنية على امتداد القناة الهضمية بعكس معظم العناصر الغذائية الأخرى التي تمتص في الأمعاء الدقيقة فقط، وتختلف درجة امتصاص القناة الهضمية للماء والأملاح باختلاف الجزء من القناة، ففي المعدة تكون قليلة ومهملة، وتكون على أشدها في الأمعاء الدقيقة فيمتص أكثر من 85% منها ثم يمتص الباقي في الأمعاء الغليظة.

وترتبط حركة الماء بفرق الضغط التناضحي بين لمعة الأمعاء وسيتوبلاسما الخلايا الظهارية المبطنة للأمعاء من جهة، وبين الخلايا الظهارية والدم من جهة ثانية.

فكلما كان الفرق أكبر كانت حركة الماء أكبر بظاهرة الحلول من التركيز المنخفض إلى المرتفع، وغالبا ما يرتبط امتصاص الماء في الأمعاء الدقيقة بامتصاص شوارد الصوديوم والكلور، وتزداد فعالية الامتصاص مع امتصاص الأمعاء للسكريات الأحادية والحموض الأمينية والتي يترافق نقلها عادة مع نقل الصوديوم بآلية النقل الفعال وذلك بتدخل جملة الرسول الثاني.

وفي الأمعاء الغليظة يمتص 90% من الماء الذي يصل إليها في سوية القولون الصاعد والمستعرض مسببا في ذلك تماسك بقايا الطعام غير المهضوم (الفضلات).

أما الشوارد المعدنية فتختلف آلية امتصاصها وعبورها للأمعاء باختلاف طبيعتها الكيميائية.

فشوارد الصوديوم والكلور تعبر من لمعة الأمعاء إلى داخل الخلايا الظهارية الماصة بسرعة بآلية الانتشار وبآليات النقل المرافقة للغليكوز والحموض الأمينية والفيتامينات بالنقل الفعال أو النقل عبر جملة الرسول الثاني. وتطرد شوارد الصوديوم خارج الخلايا الظهارية بالجهة المقابلة بآلية النقل الفعال عبر مضخات صودية بوتاسية ومنها إلى الدم.

ويحفز هرمون الألدوستيرون الذي تفرزه خلايا الكظر آليات تنظيم إفراز الصوديوم، حيث يعزز هذا الهرمون الفعاليات الأنزيمية لآليات نقل الصوديوم ومايرافقها من امتصاص للكلور والماء، وتزداد فعالية الإنزيم في المعي الغليظ للتقليل من خسارة الجسم للماء وكلور الصوديوم.

كما إن معظم البيكربونات التي يفرزها البنكرياس في الأمعاء والفوسفات والمغنزيوم والحديد والكالسيوم يعاد امتصاصها في الأمعاء الدقيقة والغليظة **بآليات مختلفة**، حيث تمتص الشوارد أحادية التكافؤ بسرعة أكبر من ثنائية التكافؤ.

أما البيكربونات التي تفرزها الأمعاء فلا يمكن إعادة امتصاصها على هيئة بيكربونات لأن أغشية خلايا الأمعاء في الطرف الملامس للمعة المعي غير نفوذة للبيكربونات.

يتم إعادة امتصاص البيكربونات في الأمعاء الدقيقة بآلية مكونة من عدة مراحل وهي كالتالي:

تتحد البيكربونات مع شوارد الهدروجين في لمعة الأمعاء فيتشكل حمض الكربون الذي يتفكك بدوره إلى ماء يبقى في الكيموس وغاز ثاني أكسيد الكربون تمتصه الخلايا الطلائية للأمعاء ليتحول ضمنها إلى بيكربونات من جديد بفعل إنزيم كربونيك أنهيدراز الذي ينشط تفاعل الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون ليعطي حمض الكربون الذي يتفكك مجددا داخل الخلايا الطلائية إلى بيكربونات تعاد للدم وهدروجين يفرز إلى الأمعاء ليتفاعل مع جزيئات أخرى من البيكربونات.

ويمكن لغاز ثاني أكسيد الكربون أن يمتص من قبل جدار الأمعاء وينقل للدم ليطرح عن طريق الرئتين.

أما امتصاص الكالسيوم فيتم حسب حاجة الجسم من هذه الشاردة بتنظيم هرموني يلعب فيه الهرمون الدريقي (الباراثرمون) وفيتامين D دورا أساسيا.

امتصاص السكريات:

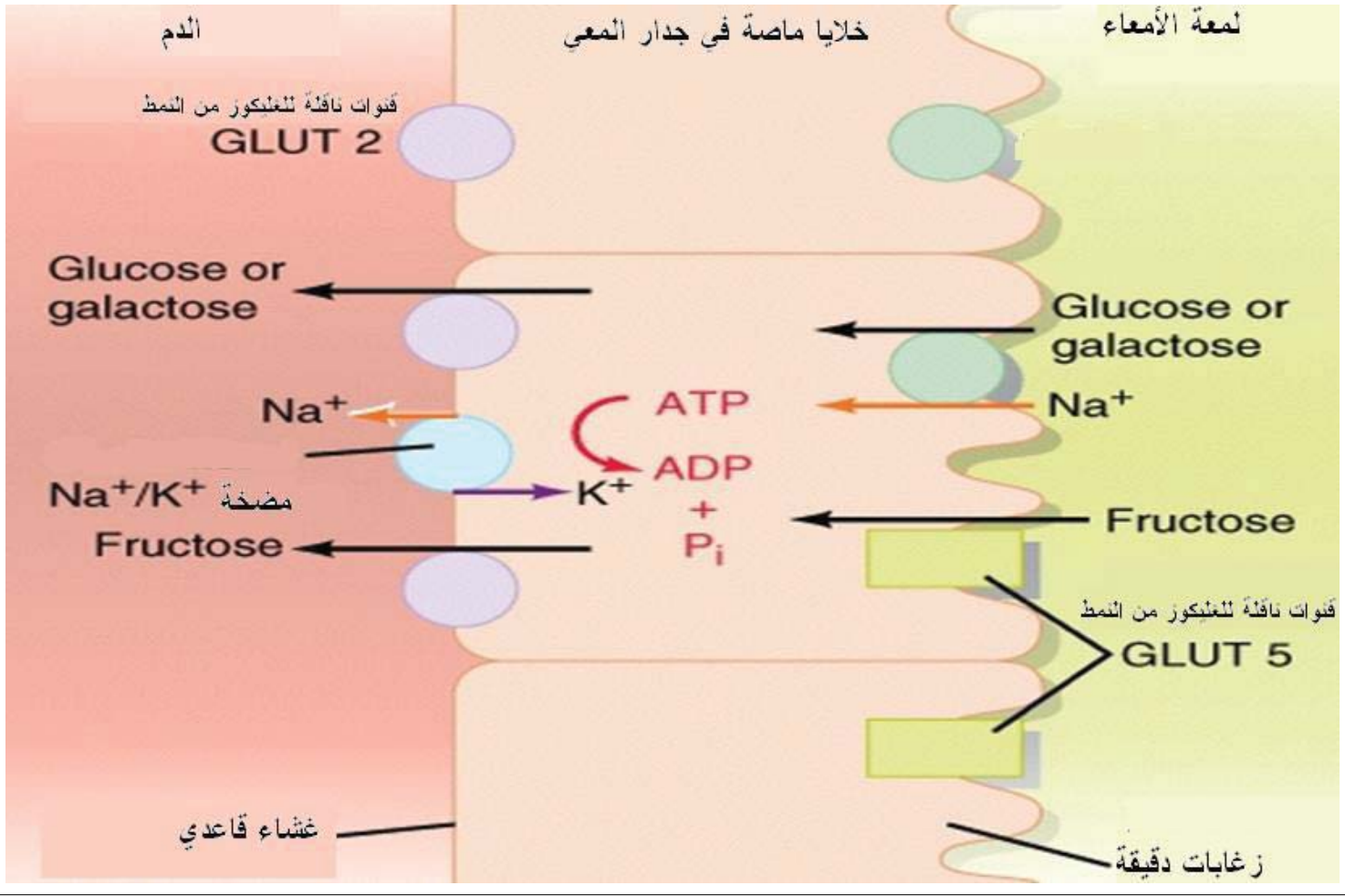
بعد أن يتم هضم السكريات وتحويلها إلى سكريات أحادية في لمعة الأمعاء الدقيقة تمتصها الخلايا الظهارية الماصة بطرق مختلفة، فالفركتوز ينقل بآلية النقل التلقائي، بينما ينقل كلا من الغلوكوز والغالاكتوز بالنقل الفعال وبتدخل جملة الرسول الثاني بمساعدة جزيئات بروتينية ناقلة نوعية، ويترافق نقلها مع نقل شوارد الصوديوم، وتطرح السكريات الأحادية من الخلايا الماصة إلى الدم بطريقة النقل الميسر.

تنظم هرمونات الغدة الدرقية عملية امتصاص السكريات.

في الحالة الطبيعية يتم امتصاص كامل السكريات الأحادية الناتجة عن الهضم.

تنقل السكريات الممتصة إلى خلايا الكبد عبر الوريد البابي، وفي خلايا الكبد يتحول الفركتوز والغالاكتوز إلى غلوكوز قبل دخولهم في التفاعلات الاستقلابية الخاصة بالسكريات.

آلية عبور بعض الشوارد والسكريات لخلايا الزغابات المعوية



امتصاص البروتينات والحموض الأمينية:

تمتص الحموض الأمينية الناتجة عن هضم البروتينات من قبل الخلايا الظهارية الماصة في الأمعاء الدقيقة بآلية النقل الفعال بمساعدة بروتينات ناقلة نوعية وبوجود شوارد الصوديوم، وقد تمتص بعض الببتيدات الثنائية أو الثلاثية بارتباطها بمعقد بروتين-صوديوم، ويستكمل هضمها داخل سيتوبلاسما الخلايا الماصة قبل أن تغادرها إلى الدم.

في بعض الحالات تمتص كميات قليلة من البروتين غير المهضوم وتلعب هذه البروتينات دور مولدات ضد يشكل الجسم أضدادا لها، وفي حال تكرار تناول هذه البروتينات من قبل الشخص يتشكل لديه حساسية غذائية تظهر على هيئة طفح جلدي.

أما الأحماض النووية والنيكلوتيدات فلا تمتص إلا بعد هضمها إلى نكليوزيدات وأسس آزوتية بسيطة، فتجتاز الخلايا الظهارية للأمعاء بآلية الانتشار.

امتصاص الليبيدات:

ينتج عن هضم الدهون في لمعة الأمعاء حموض دسمة وغليسرول وغليسريدات أحادية وثنائية ترتبط مع أملاح الصفراء على شكل مستحلب يدعى ميسيلات.

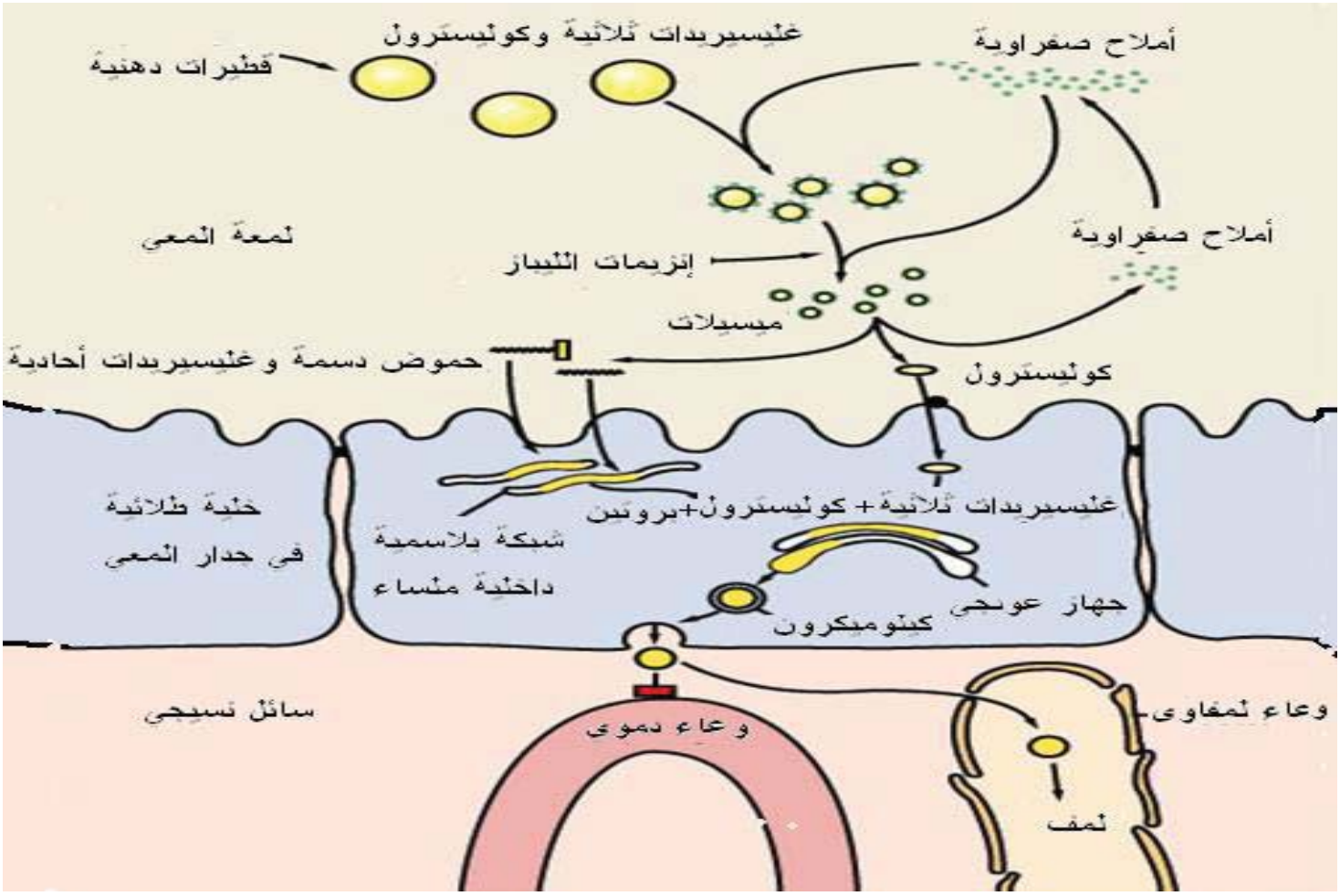
تكون المسيلات على هيئة كرات دقيقة يتوضع الجزء المستقطب فيها على محيط الكرات ملامسا للوسط المائي في الأمعاء، أما الجزء غير المستقطب فيتوضع في مركزها بعيدا عن الوسط المائي، وهذا الارتباط يسهل عبور الليبيدات للغشاء المخاطي المبطن للأمعاء بالنفوذ.

ترتبط المسيلات بالغشاء المخاطي المبطن للعفج والصائم ثم تتحطم إلى أملاح الصفراء والمركبات الدهنية المهضومة، وهذه الأخيرة تنفذ إلى ظهارة الأمعاء بالنقل التلقائي

تخترق المركبات الليبيدية المهضومة جدار الأمعاء إما بطريقة الامتصاص الخلوي كما هو في حالة الغليسريدات الثلاثية، أو بالنفوذ دون استهلاك طاقة عند امتصاص الحموض الدسمة والغليسريدات الأحادية والغليسرول.

بينما تبقى أملاح الصفراء في لمعة الأمعاء ليعاد امتصاصها في سوية اللفائفي وتعاد إلى الكبد عن طريق وريد الباب لإعادة استخدامها في تكوين العصارة الصفراوية.

آلية عبور الليبيدات المهضومة للخلايا الماصة للأمعاء.



أما الحموض الدسمة الممتصة عبر جدار الأمعاء فيختلف طريقها حسب طولها، فالحموض القصيرة والمتوسطة السلسلة (أقل من ١٢ ذرة كربون) تجتاز الخلايا الظهارية للأمعاء وتنقل مباشرة عبر وريد الباب،

أما الحموض طويلة السلسلة فيعاد أسترتها داخل الخلايا الظهارية وتتحول ثانية إلى غليسريدات ثلاثية في الشبكة الداخلية الملساء وتجتمع مع بروتينات وليبيدات فوسفورية وكولسترول وفيتامينات منحلة في الدهون لتأخذ طريقها لجهاز غولجي ومنه للحويصلات الإفرازية لتطرح خارج الخلايا الظهارية في الجانب المقابل للمعة الأمعاء على هيئة مستحلب يدعى **كيلوميكرون** يدخل إلى الجهاز اللمفاوي ومنه لجهاز الدوران.

امتصاص الفيتامينات:

تنقل الفيتامينات المنحلة بالدهون من لمعة الأمعاء إلى الجهاز اللمفي بنفس آلية امتصاص الدهون، أما الفيتامينات المنحلة بالماء فتخترق جدار الأمعاء الدقيقة بالنفوذ بآليات مختلفة:

فمنها ينقل بالنقل التلقائي (B2,B3,B6) وبعضها يعبر مخاطية الأمعاء بالنقل الفعال (B1,C) بوجود شوارد الصوديوم وبآلية مشابهة لنقل الغليكوز والحموض الأمينية، بينما يحتاج امتصاص فيتامين B12 إلى ارتباطه بالعامل الداخلي الذي تفرزه خلايا المعدة، ويمتص حمض الفوليك بعد ارتباطه بالحمض الأميني الغلوتامي.