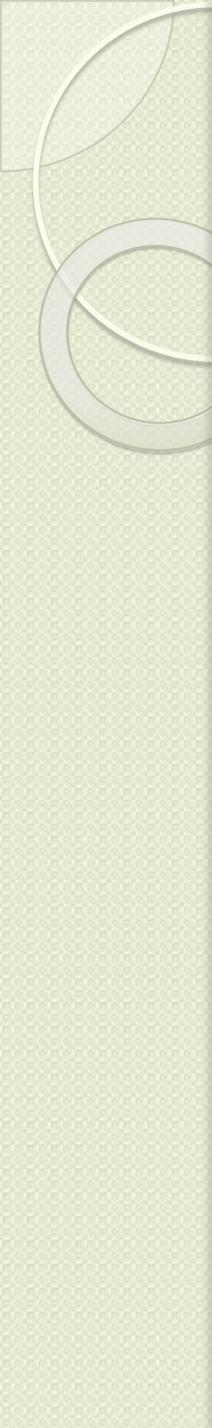


Пищеварение в кишечнике

Лекция

Старший преподаватель Еркудов В.О.



Внешняя секреция поджелудочной железы

Состав поджелудочного сока (Ph=7,8-8,4)

Неорганические компоненты

Бикарбонаты

(секретируются при участии активного транспорта ионов водорода в кровь, соединении с бикарбонатом крови с образованием угольной кислоты, которая в клетке диссоциирует при участии карбоангидразы)

Натрий

Калий

Вода

Ферменты

Протеолитические:

- **Эндопептидазы:** трипсин, химотрипсин, эластаза
- **Экзопептидазы:** карбоксипептидаза А и В

Амилолитические: панкреатическая амилаза

Липолитические: панкреатические липазы (три и диглицерид-липазы, фосфолипаза А₂, холестериназа

Нуклеолитические: рибонуклеаза, дезоксирибонуклеаза

Ингибиторы протеолитических ферментов: тканевые, пищевые и плазменные антитрипсины. Предотвращают pancreas от самопереваривания

Протеолитические ферменты pancreas

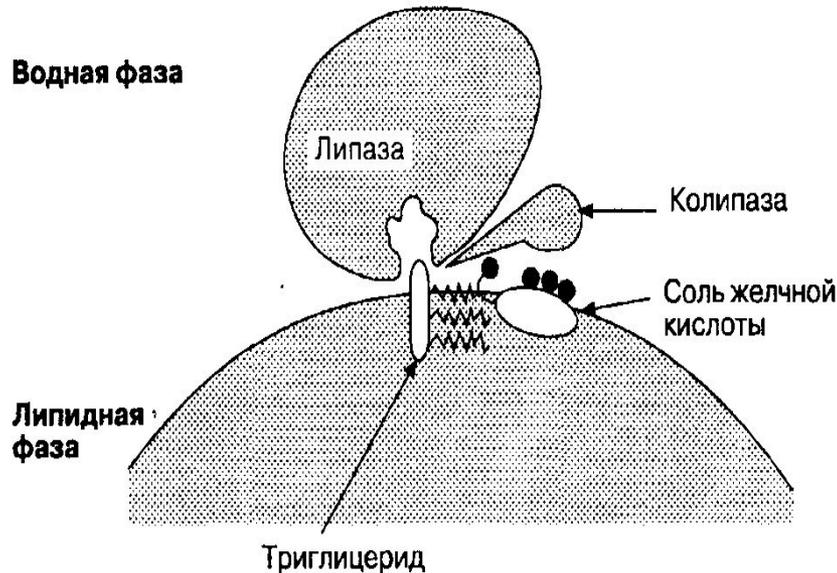
Ферменты	Особенности	Механизм активации	Субстрат	Продукт
Трипсин	Гидролизует пептидные амидные и эфирные связи. Между аргинином, лизином, орнитинном, гомоаргинином, ϵ аминокaproновой кислоты, γ гуанидином.	Энтерокиназа слизистой оболочки и аутокатализ	Белки, полипептиды	Ди, три, тетрапептиды и полипептиды с большим количеством аминокислот
Химотрипсин	Гидролизует связи между ароматическими (тирозином, триптофаном и фенилаланином)	Активируются трипсином Не активируются аутокатализом		
Панкреатопептидаза Е (эластаза)	Гидролизует эластин коллаген			
Карбоксипептидаза А и В (КП А и КП В)	Гидролизует связи аминокислот с карбоксильного конца. КП А – ароматические; КП В – лизин и аргинин			

α Амилаза поджелудочной железы

Механизм активации	Субстрат	Продукт	Особенности
Вырабатывается в активной форме, работает в присутствии ионов хлора и кальция	Крахмал, Гликоген, амилопектин, декстрины (субстратная специфичность)	Мальтоза, декстрины (в среднем 10-30 глюкозных остатков)	<ul style="list-style-type: none">• Пищевой комок подготовлен• Ph постоянен;• Достаточная экспозиция

Липолитические ферменты pancreas

Ферменты	Механизм активации	Субстрат	Продукт
Липаза (триглицеридлипаза)	Вырабатываются в активной форме, но работают в присутствии желчных кислот, альбумина, омыленных жиров. Необходимы колипаза и фосфолипаза А2	Эмульгированные длинноцепочечные триглицериды	2-моноглицериды, меньше диглицеридов, жирные кислоты
Холестериназа	Вырабатываются в активной форме, но работают в присутствии желчных кислот	Соединения холестерина и жирорастворимых витаминов и эфирами жирных кислот	Холестерин



- Колипаза «наносит точку» приложения липазы
- Колипаза обеспечивает действие фосфолипазы А2 (ФЛ А2)
- ФЛ А2 гидролизует фосфолипиды мицеллы
- Липаза работает

Адаптация ферментного состава сока поджелудочной железы к характеру питания

Рацион	Протеолитические	Амилолитические	Липолитические	Прирост по сравнению с обычным рационом
Обычный	36%	62%	2%	–
Белково-углеводный	75%	24,6%	0,3%	+600%
Жиро-углеводный	19,5%	78%	3%	+30%
Белковый	48%	51%	0,2%	+100%

Регуляция деятельности поджелудочной железы

Мозговая фаза: через 2-3 минуты, так через 10 минут после поддразнивания пищей, вкладывание пищи в рот – сильное отделение. Сок богат ферментами. Значение: «заселение» гликокалекса ферментами (мембранное пищеварение). Регуляция: вагусный рефлекс.

Желудочная фаза: Обильное выделение сока сменяется торможением и так несколько раз. Сок богат ферментами. Значение: «заселение» гликокалекса ферментами (мембранное пищеварение). Регуляция: вагусный рефлекс, продукты переваривания белков в желудке, *гастрин*.

Кишечная фаза.

Стимуляторы:

- соляная кислота (Ph=3)
- Механическое раздражение
- Жирные кислоты с желчью
- Вода
- Алкоголь

Регуляция:

- Кислая среда в вызывает выделение *секретин* из S клеток duodenum, который симулирует выделение бикарбонатов
- После ощелачивания химуса из L клеток duodenum выделяется *холецистокинин-панктеозимин*, симулирующий выделение ферментов
- Существует пермиссивное взаимодействие *vagus* и гормонов
- *Vagus* стимулирует выделение *холецистокинина*
- *Тормозит секрецию: глюкагон, ВИП, панкреатический полипептид в высоких концентрациях, соматостатин.*



Желчь и желчевыделительная система

Состав желчи (Ph=7,3-8,3)

Неорганические компоненты

Вода; натрий (желчь изоосмотична плазе крови); хлор, кальций, железо, магний

Органические компоненты

1. Желчные кислоты

Первичные

(синтезируются в печение): холевая, хенодезоксихолевая

Вторичные (синтезируются в кишечники пр и действии микрофлоры): дезоксихолевая, литохолевая, хенодезоксихолевая

Соединенные с гликоколом и таурином гликохолевая (дезокси, хенодезокси), таурохолевая (дезокси, хенодезокси) . У взрослого 80% гико-; 20% тауро), у новорожденных – наоборот.

2. Пигменты – билирубин, биливердин (диглюкоронид билирубина 75%, моноглюкоронид билирубина 25%)

3. Холестерин

4. Муцин, в том числе, гликопротеиды

5. Жирные кислоты

6. Лецитин (фосфолипид)

7. Омыленные жиры

8. Мочевина, мочевая кислота

9. Продукты обмена тироксина, эстрогенов, андрогенов, антибиотиков

10. Витамины А, В, С

11. Ферменты: протеазы, фосфатаза, амилаза

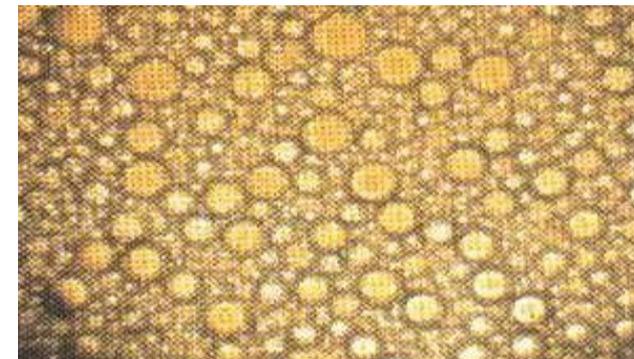
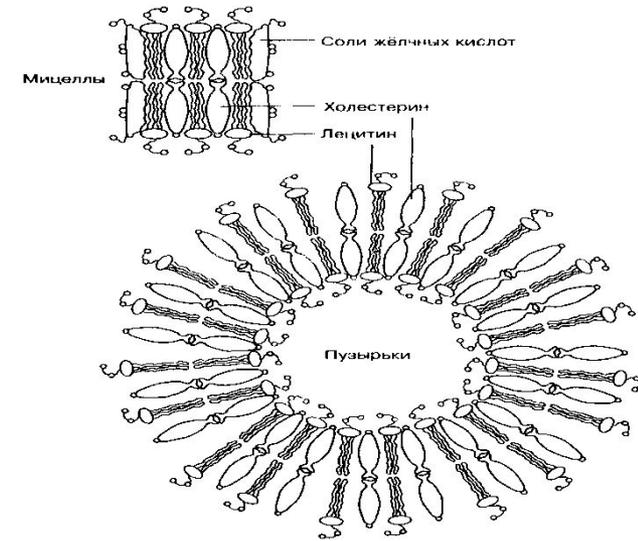
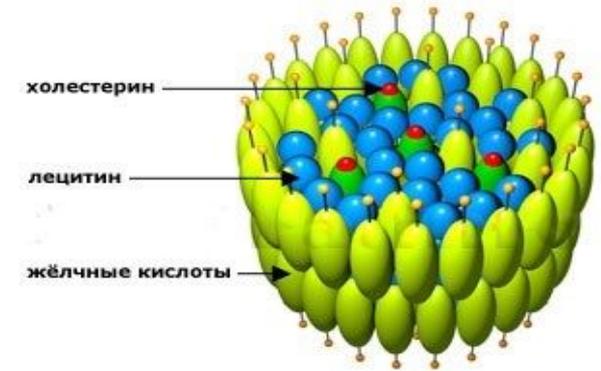
12. Аминокислоты

Роль желчи в пищеварении

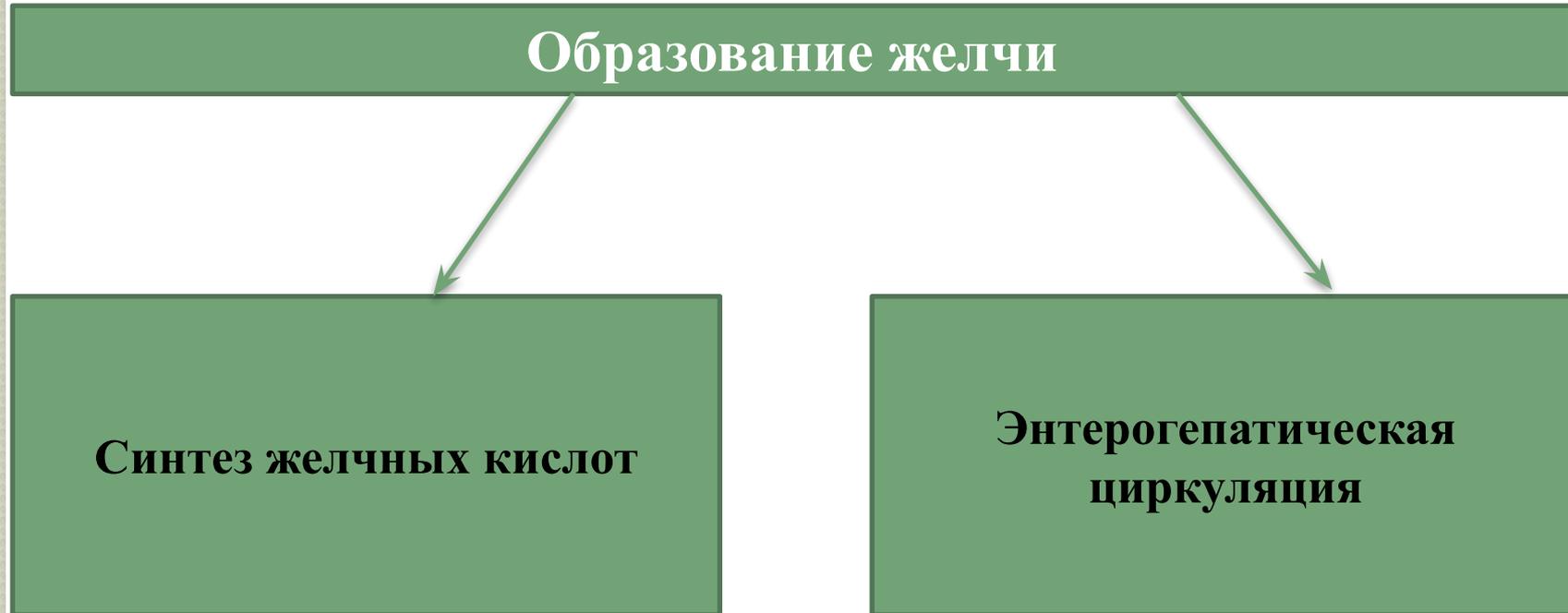
1. Без желчных кислот невозможна работа триглицеридлипазы, 2-моноглицеридлипазы, холестериназы
2. Желчные кислоты способствуют усилению работы трипсина и амилазы
3. Желчь, наряду с бикарбонатами панкреатического сока ощелачивает кислый химус желудка, регулирует Ph внутри кишечника (5,5-6,5), там самым она создает необходимый Ph оптимум для работы ферментов.
4. Желчные кислоты способствуют эмульгированию жиров и стабилизации эмульсий, тем самым создают условия для переваривания жира
5. Желчные кислоты способствуют образованию мицелл из жиров и их продуктов гидролиза, тем самым солюбилизируют его
6. Ускорение гидролиза жиров путем мицеллирования его продуктов его расщепления. Таким образом, продукты гидролиза изолируются и «блокирование» реакции гидролиза снимается
7. Жир в мицеллированном состоянии транспортируется к энтероцитам, там он гидролизуется ферментами щеточной каемки
8. Желчные кислоты защищают холестериназу от действия протеолитических ферментов
9. Желчь обеспечивает всасывание продуктов расщепления триглицеридов и холестерина
10. Желчные кислоты способствуют всасыванию жирорастворимых витаминов А, D, Е, К
11. Желчные кислоты способствуют всасыванию аминокислот
12. Желчные кислоты способствуют всасыванию кальция
13. Желчь увеличивает перистальтику тонкого кишечника
14. Желчные кислоты являются холеретиком за счет энтерогепатической циркуляции
15. Желчные кислоты способствуют фиксации ферментов на гликокалексе
16. Желчи присуща выделительная функция
17. Желчь способствует расщеплению гранул крахмала
18. Желчь обладает бактерицидной (бактериостатической) функцией

Роль желчи в эмульгировании и мицеллировании жиров

- **Эмульгирование** – физическое разрушение цельного пузырька жира на мельчайшие капли (1 мкм)
- Эмульгирование невозможно без **моторики** в желудке и кишечнике
- Дробление возможно и без желчных кислот и лецитина, они лишь стабилизируют эмульсию: соль желчной кислоты+жирные кислоты+моноглицерид+лецитин
- Лецитин и желчные кислоты растворяются и в жире и в воде своими полярными концами, поверхностное натяжение жира снижается
- В результате жир дробится на мелкие капли, уменьшается масса жира в каплях, но увеличивается площадь поверхности примерно в 1000 раз
- Липаза действует только на границе жир-вода
- Продукты расщепления жира собираются в **мицеллы** – коллоидные образования диаметром 3-6 мкм
- **Мицеллы** имеют ядро и отрицательную полярную головку, в результате его они могут солюбилизироваться и сохранять стабильность
- Мицеллы ускоряют переваривание жира и обеспечивает его всасывание

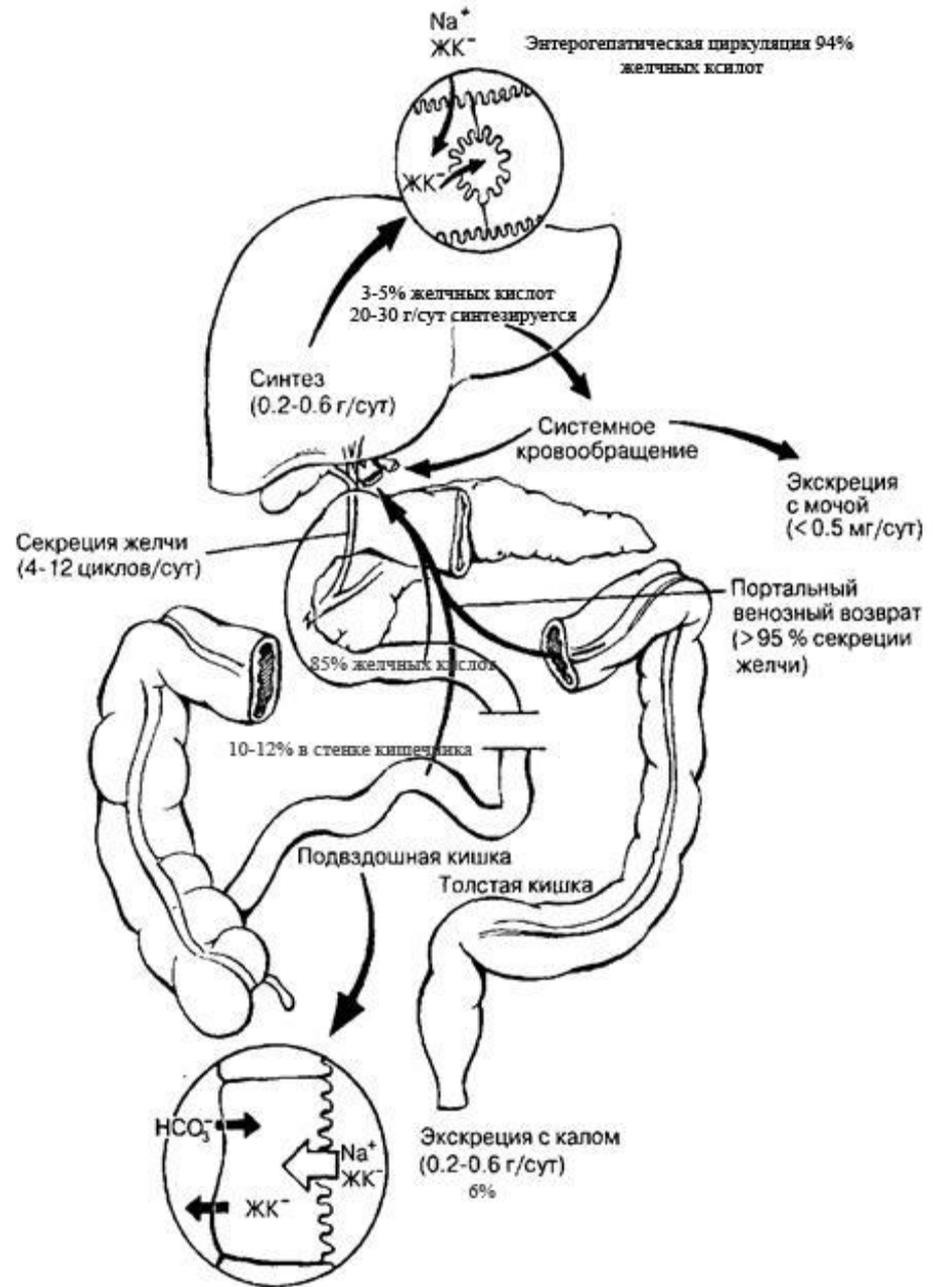


Механизмы холереза (желчеобразования)



Энтерогепатическая циркуляция желчных кислот

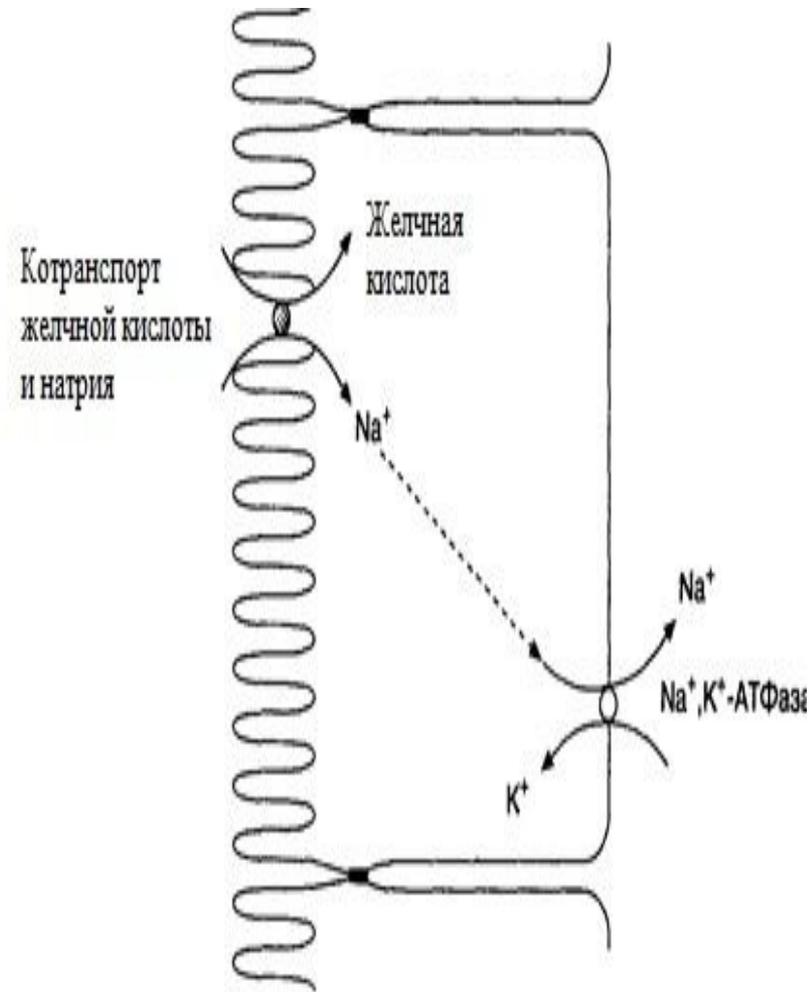
- Желчные кислоты в желчи синтезируются в печени поступают в желчь в ходе энтерогепатической циркуляции
- Энтерогепатическая циркуляция – эффективный механизм отрицательной обратной связи, регулирующий выработку новых желчных кислот
- Кроме того, они сами способны включаться в новую порцию желчи и использоваться несколько раз
- Желчные кислоты способны реабсорбироваться 4-15 раз в сутки
- Секретин и холецистокинин, а также *vagus* усиливают желчеобразование



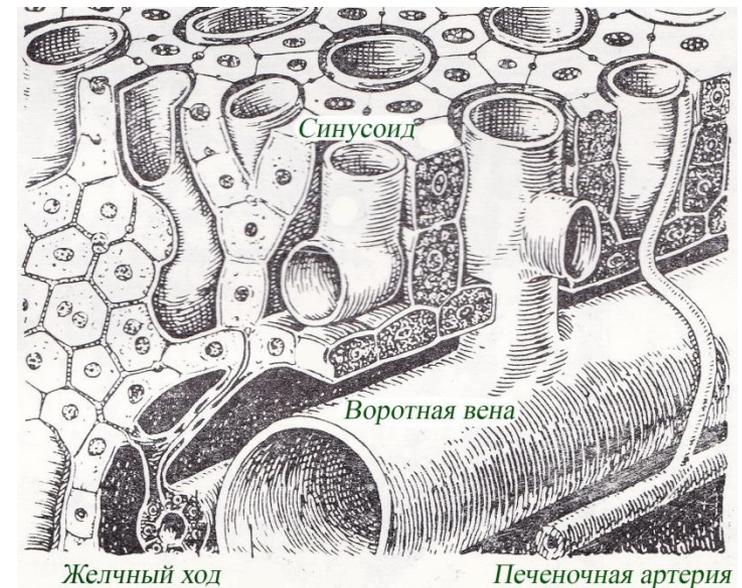
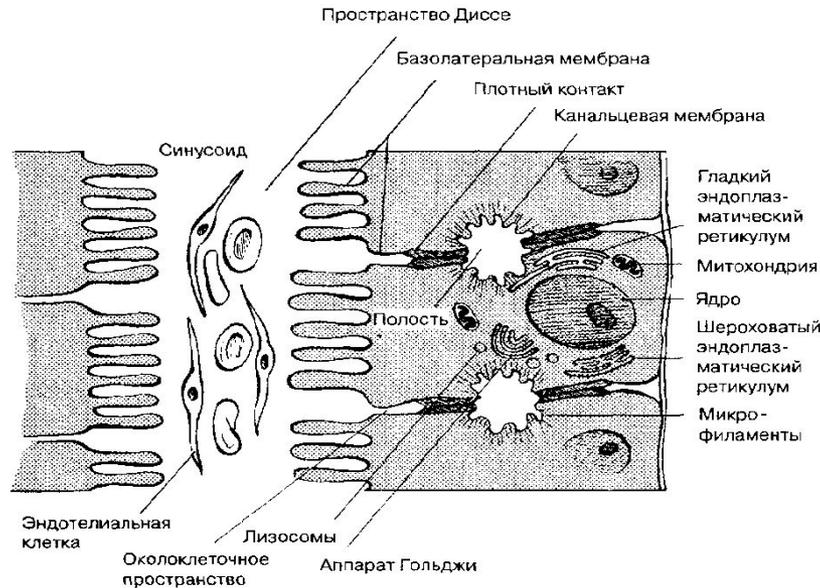
Всасывание желчных кислот

- Всасывание желчных кислот осуществляется в нижних отделах кишечника, жира – в верхних
- Способы всасывания

- **Вторично-активный натрий-зависимый транспорт** в подвздошной и тощей кишке
- **Пассивная ионная диффузия:** желчные кислоты в ионизированном состоянии транспортируются в верхних отделах тощей кишки
- **Пассивная неионная диффузия:** движение желчных кислот с направленным движением воды и электролитов в тощей кишке. Осуществляется быстрее, чем активный и неионный механизм



Синтез и секреция желчных кислот: этапы



1 этап: желчные кислоты вторично-активным натрийзависимым механизмом транспортируются в гепатоцит из крови в синусоиде

2 этап: чрезклеточный транспорт с помощью микрофиламентов и смешивание «энтерогепатических» и синтезируемых желчных кислот

3 этап: транспорт желчных кислот из гепатоцита в желчь:

Гипотеза 1: электрохимический градиент, между гепатоцитом и желчью разность потенциалов 30-40 мВ

Гипотеза 2: переносчики

Гипотеза 3: экзоцитоз

Гипотеза 4: межклеточный путь до уравнивания осмотического градиента

Существует независимая от желчных кислот секреция желчи, связанная с натриевым, активным транспортом на апикальной и транспортом аминокислот на базальной мембране

Механизмы желчеотделения (холекинез)

Деятельность системы желчевыделения вне пищеварения: периодическая смена двух периодов

1 период: расслабление желчного пузыря и напряжение сфинктера Одди

Значение: проявление резервуарной функции желчного пузыря и накопление желчи

2 период: эпизодические сокращения желчного пузыря (тоническое напряжение, перистальтика) при отсутствии значимого снижения тонуса сфинктера Одди, который «выдаивает» желчь по каплям (18 кап/мин)

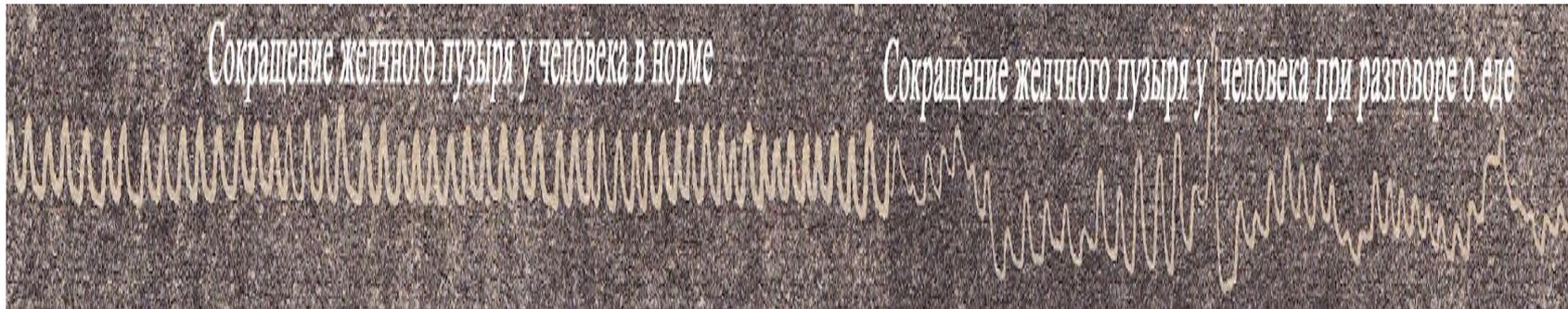
Значение:

- Сокращения способствуют накоплению желчи в пузыре («насосное» изменение давления) и всасыванию воды (13-14 мл)
- Всасывание воды уменьшает давление внутри желчного пузыря и способствует накоплению пузырной желчи
- Сокращение желчного пузыря повышает давление в желчевыделительной системе, желчь переходит в лимфу и таким образом регулируется давление внутрипротоковое и внутрипузырное давление

Механизмы желчеотделения (холекинез)

Деятельность системы желчевыделения при пищеварении: первичная реакция (мозговая фаза)

- Также имеется два периода, сменяющие друг друга многократно: быстрые сокращения и расслабление для наполнения
- В мозговую фазу всегда наблюдаются изменения тонуса желчного пузыря, которые могут быть не связаны с выходом желчи
- Vagus не регулирует сокращения желчного пузыря, а только меняет его тонус, эффективно он способен расслаблять только сфинктер Одди
- Латентный период этой фазы 10 секунд, длительность 7-10 минут
- Раздражение лимбической системы и орбитальной коры приводит к желчеотделению



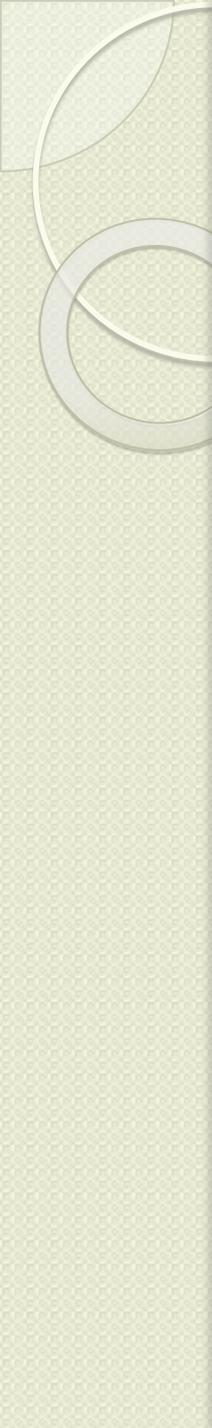
Механизмы желчеотделения (холекинез)

Деятельность системы желчевыделения при пищеварении: основная реакция и период затухания

Основная реакция

- *Холекинетики*: жиры с желчными мицеллами, белки и экстрактивные вещества, кислое содержимое
- Есть *желудочная фаза*: регуляция – гастрин, гастро-пузырный вагусный рефлекс
- Возникают через 7-10 минут после приема пищи
- Также имеется *два периода*, сменяющие друг друга многократно: длительные сокращения и короткие и средние расслабление для наполнения
- *Регуляция*:
 - ✓ Сокращение желчного пузыря и расслабление сфинктера Одди – холецистокинин-панкреозимин, секретин (выделение воды и бикарбонатов), перmissive действие серентин+холецистокинин, бомбезин (более сильный чем холецистокинин, стимулирует его и секретин);
 - ✓ торможение – ВИП, панкреатический полипептид, соматостатин

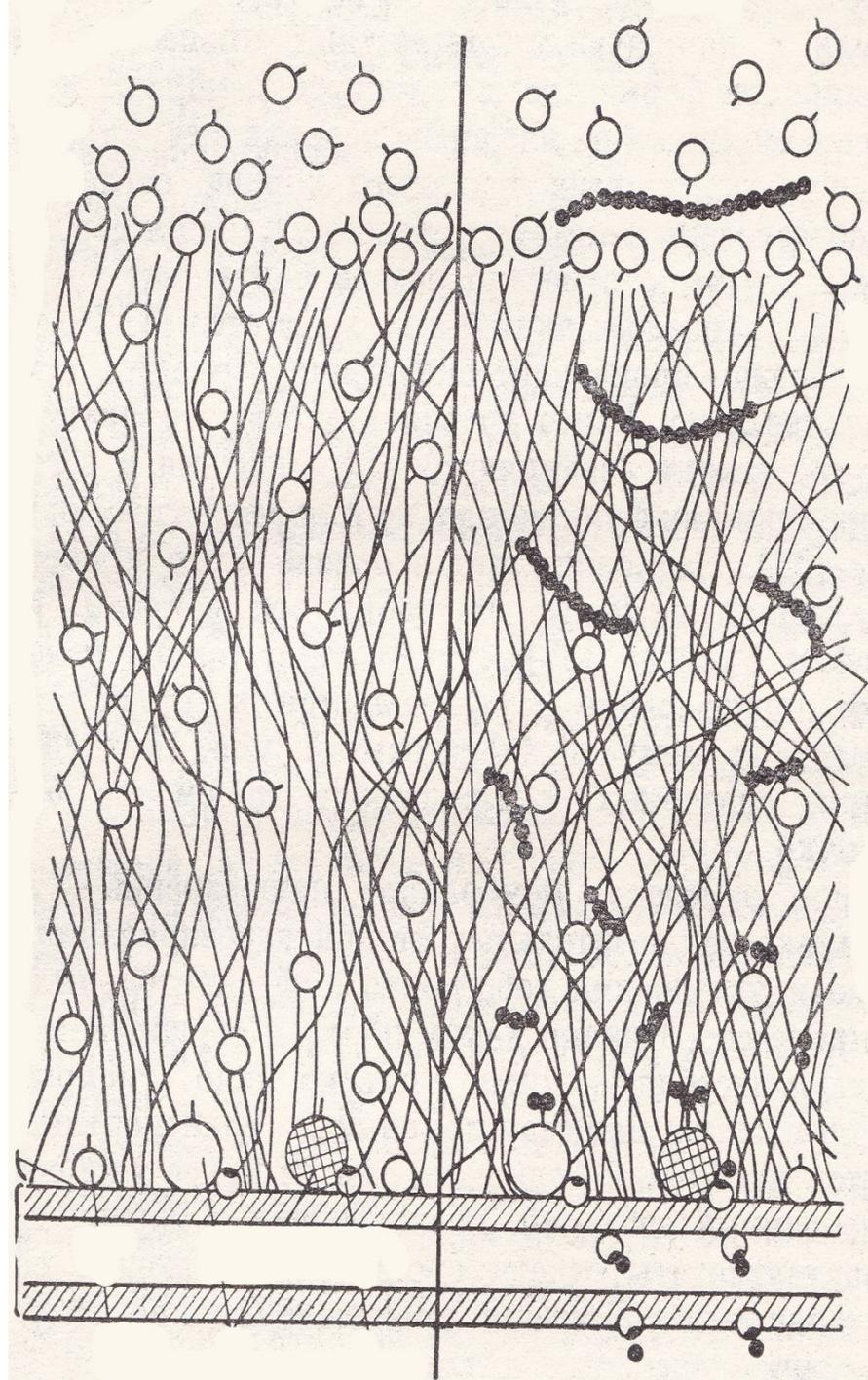
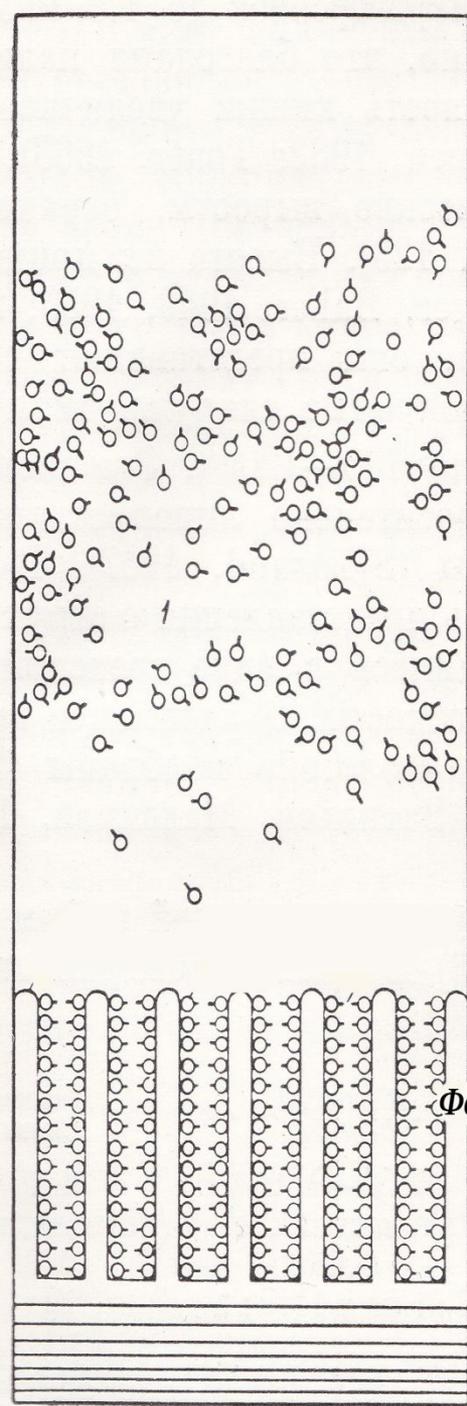
Затухание: через 3-6 часов



Физиология мембранного пищеварения

Виды пищеварения

- Полостное
- Мембранное
(пристеночное)
- Внутриклеточное

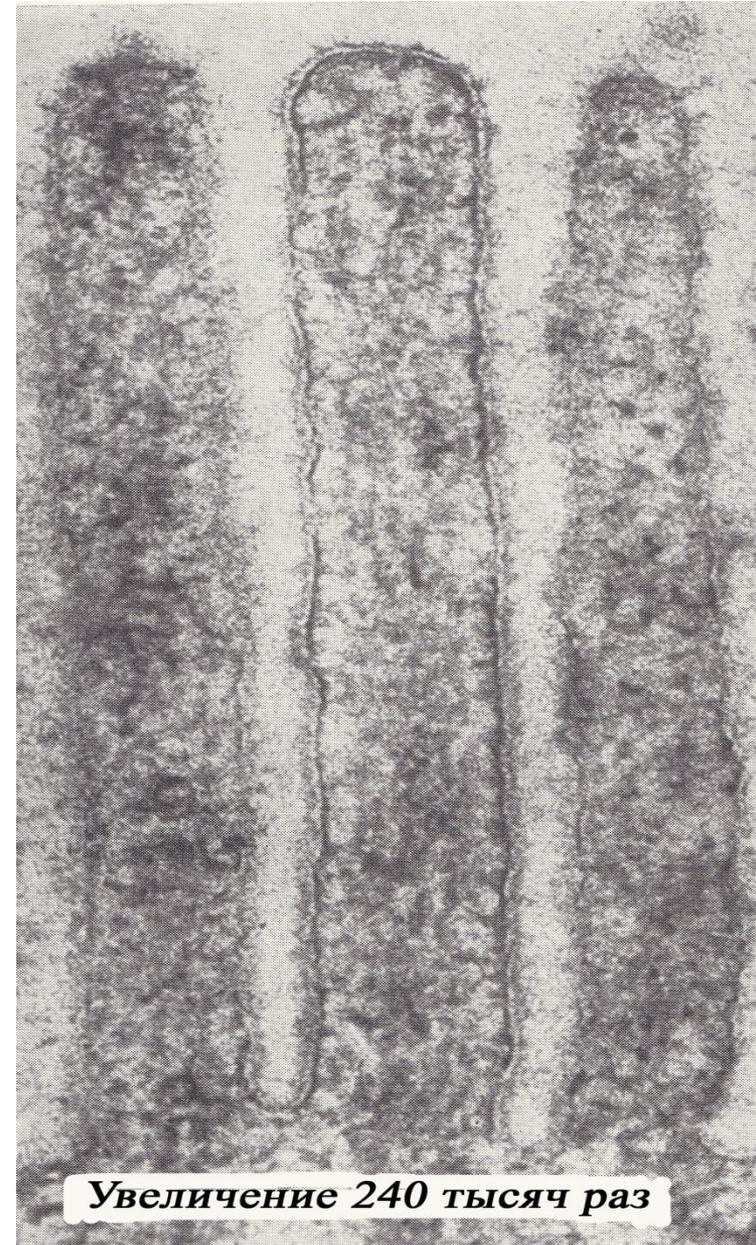


Характеристики мембранного пищеварения

- *Микроанатомия*: происходит на микроворсинках, образующих поры (пористый катализатор)
- Это значительно увеличивает *площадь поверхности* для гидролиза и всасывания
- Система ворсинка-кишечное содержимое создает *гетерогенную среду* с поверхностно активными свойствами
- Ферменты адсорбированы на микроворсинках, есть ферменты «клеточного» и «полостного» происхождения
- Эффективность ферментов *рапсгеас* возрастает в 30-50 раз
- Ферменты ориентированы активным центром внутрь поры
- Ph между полостью и на мембране +1,5-2
- Мембранное пищеварение стерильно
- Мембранное пищеварение сопряжено с процессами всасывания
- Существует проксимально-дистальный градиент эффективности мембранного пищеварения
- Соотношение полостного и мембранного пищеварения: 70-80% эффективности переваривания на мембране энтероцитов
- На эффективность пристеночного пищеварения влияет *скорость перемещения химуса*

Характеристики мембранного пищеварения: микроворсинки

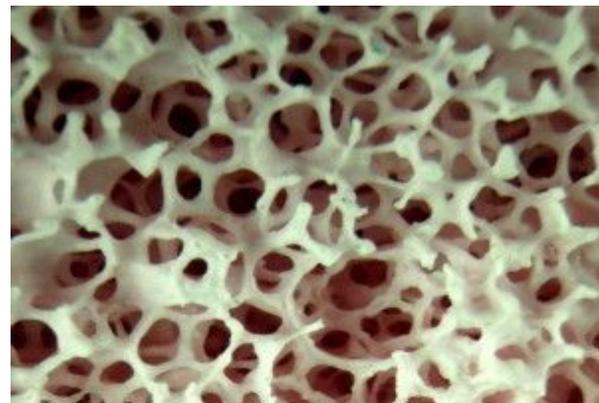
- Высота микроворсинки 0,62-0,97 мк, диаметр 0,08-0,1 мк
- Микроворсинки – выросты мембраны, складки с цитоплазмой, расположены неупорядочно
- 1 мм² поверхности кишечника содержит от 50 до 200 млн микроворсинок
- Если принять, что площадь поверхности кишечника 250 м², то количество микроворсинок будет от $1,25 \times 10^{16}$ до $6,25 \times 10^{16}$
- Для сравнения: количество звезд в галактике Млечный путь примерно 4×10^{12}
- Микроворсинки образуют поры диаметром от 10 до 20 нм
- Диаметр пор определяет *предельную величину молекул*, проникающих внутрь
- Размеры микроворсинок и поры меняются при сокращении: в них есть миозин-подобный и актин-подобный белок: диаметр пор и конформация микроворсинок меняется *после кормления*



Увеличение 240 тысяч раз

Система пора-кишечное содержимое внутри представляют собой гетерогенную среду

- Есть жидкая фаза (кишечное содержимое) и твердая (цитоплазма микроворсинок)
- В гетерогенных средах поверхностно активные вещества (адсорбированные ферменты) обладают большей энергией
- Поверхностно активные свойства обеспечивает механизм сорбции:
 - ✓ Гетерогенная система стремится ограничить поверхностное натяжение
 - ✓ Органические вещества (перевариваемые) уменьшают поверхностное натяжение, поэтому они сорбируются на границе и проходят внутрь пористого катализатора
 - ✓ Неорганические вещества не являются поверхностно-активными, поэтому они проходят по внутримикроворсинчатому пространству не адсорбируясь



Характеристики мембранного пищеварения: недостатки адсорбированных ферментов и пути их решения

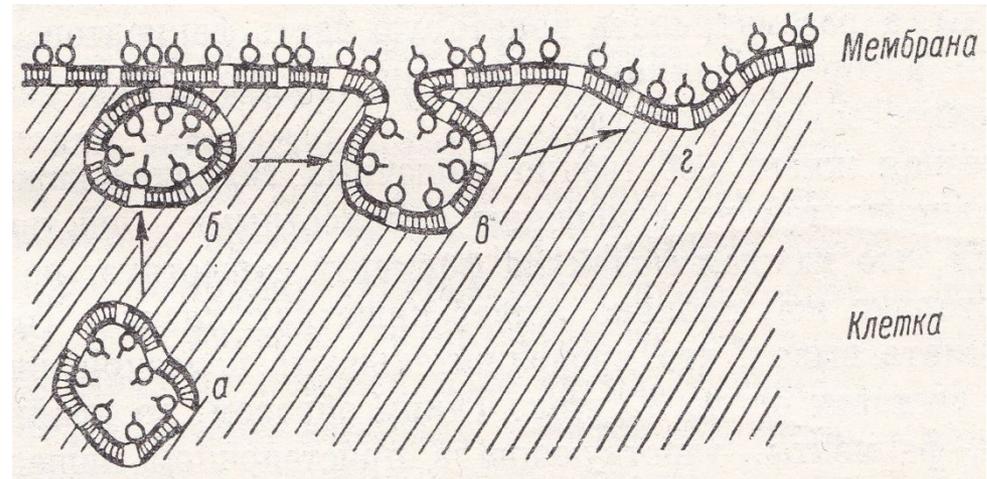
- Адсорбированные ферменты ориентированы особым образом: активный центр обращен внутрь поры
- Они имеют более жесткую структуру, чем растворенные
- Поэтому ферменты не могут повернуться к субстрату, не могут внедриться в субстрат, поэтому должны гидролизоваться только те связи, которые доступны в силу геометрических особенностей ферментов
- Гипотетические пути повышения эффективности адсорбированных ферментов
 - ✓ Каталитические «ловушки» передают субстрат на активный центр фермента
 - ✓ Молекулы пищевых субстратов могут скользить и прыгать, совершают около 6000 прыжков, что повышает вероятность встречи этой молекулы с активным центром фермента
 - ✓ В условиях температуры тела молекулы пищевых субстратов начинают двигаться и сталкиваются друг с другом и с окружающей поверхностью, это создает парциальное напряжение. Между поверхностью микроворсинки и содержимым поры возникает разность парциальных напряжений и движение субстрата.
 - ✓ Молекулы двигаются по определенным «каналам» и «шоссе»

Характеристики мембранного пищеварения: влияние скорости пассажа химуса и стерильность

- При небольшой скорости передвижения химуса нет движения пристеночного слоя, значит нет адсорбции и эвакуации субстрата из поры
- При высокой скорости происходит движение всех слоев химуса, а значит происходит адсорбция и эвакуация химуса
- Стерильность мембранного пищеварения определяется диаметром поры – 10-20 нм, диаметр бактерий 0,5-5 мкм, вирусов от 20 до 300 нм.

Классификация ферментов, участвующих в мембранном пищеварении

	Протеолитические	Расщепляющие углеводы	Липолитические	Нулеолитические
Клеточное происхождение	Аминопептидаза Дипептидаза Трипептидаза	Сахараза (инвертаза) Мальтаза Лактаза	Моноглицеридлипаза Холестериназа	Рибонуклеаза Дезоксирибонуклеаза
Полостное происхождение	Трипсин Химотрипсин Карбоксипептидаза ? Эластаза?	α Амилаза (pancreas)	Триглицеридлипаза (pancreas)	



Ферменты клеточного происхождения , участвующие в пристеночном пищеварении

Ферменты	Субстрат	Продукты
Аминопептидаза, отщепление с Т-конца	Полипептиды, белки	Полипептиды
Дипептидаза	Дипептиды	Аминокислоты
Трипептидаза	Трипептиды	
Сахараза (инвертаза)	Сахароза	Глюкоза и фруктоза
Мальтаза	Мальтоза	Глюкоза
Лактаза	Лактоза	Галактоза и глюкоза
Моноглицеридлипаза	2-Моноглицериды	Глицерин и жирная кислота
Холестериназа	Эфир холестерина	Холестерин

Топография распределения ферментов, осуществляющих мембранное пищеварение

Ферменты	Duodenum	Juenum	Peum
α Амилаза	Высокая	Высокая в верхних отделах	Нет
Мальтаза	Низкая	Наибольшая	Высокая в проксимальной, низкая в дистальной части
Сахараза	Низкая	Наибольшая	Высокая в проксимальной, низкая в дистальной части
Лактаза	Низкая	Максимальная	Высокая в проксимальной, низкая в дистальной части
Лактаза у новорожденных	Нет	Высокая, нет в нижней части	Высокая
Дипептидазы	Низкая	Высокая	Высокая
Моноглицеридлипаза	Высокая	Средняя	Низкая



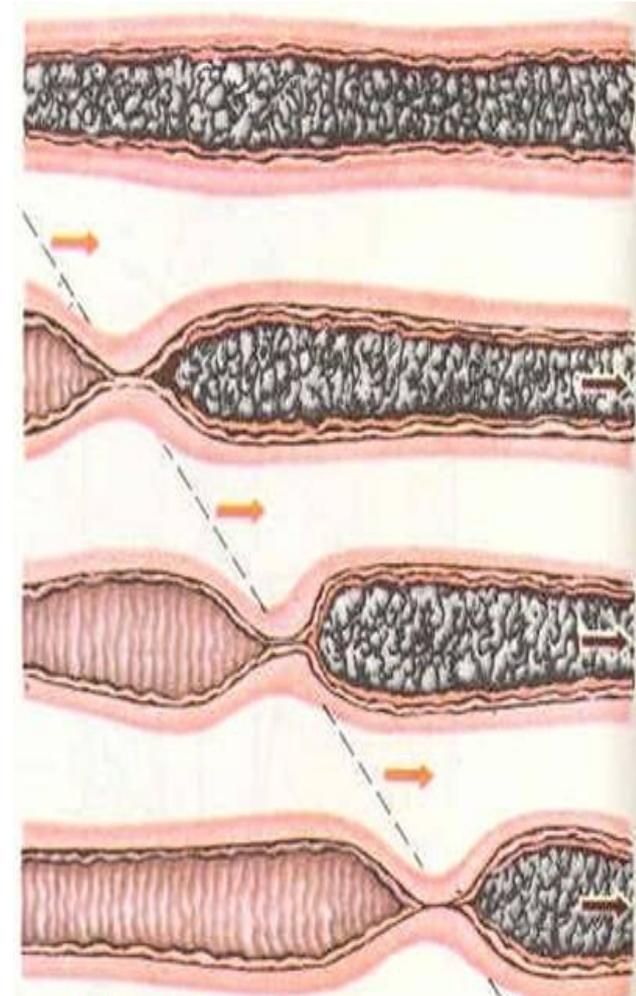
Моторная деятельность тонкой КИШКИ

Виды моторной деятельности тонкой кишки

- Перистальтические сокращения
- Ритмическая сегментация
- Маятникообразные сокращения
- Тонические сокращения

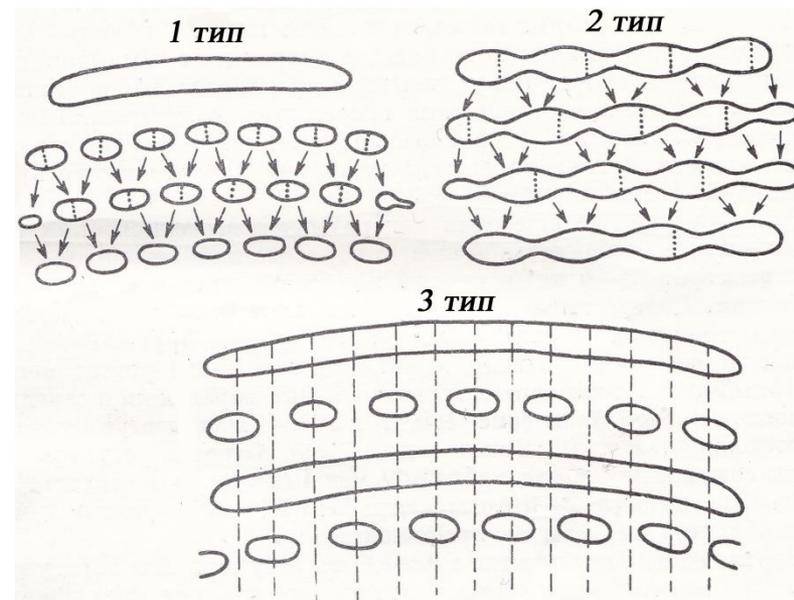
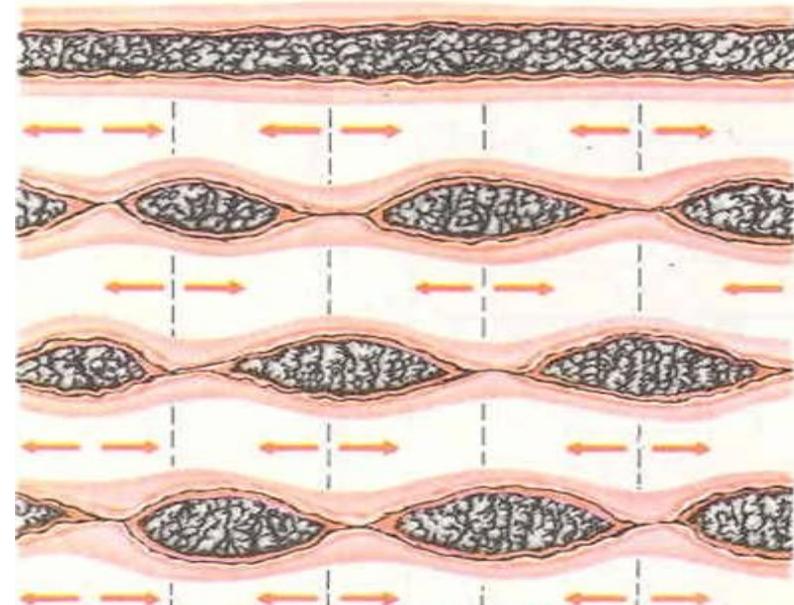
Перистальтические сокращения

- Имеют продвигающее чередование 2-х фаз:
 - ✓ подготовительная – сокращение продольного слоя
 - ✓ Опорожняющая – расслабление продольного, сокращение циркулярного слоя
- Начинается в duodenum, в средней части ileum отсутствуют, снова возникает в colon
- Начинается немного раньше систолических сокращений пилорического отдела желудка
- Активная перистальтика связана с перистальтикой желудка
- Перистальтика «перерастает» из ритмических сокращений
- Результат перистальтики: формирование болуса, он движется на
 - ✓ При медленной перистальтике 0,1 см/сек
 - ✓ На 3 см/сек при быстрой перистальтике
 - ✓ На 7-21 см/сек при стремительной перистальтике (слабительные, мыла)
 - ✓ Жидкая часть болуса продвигается сразу на 10-20 см/сек
 - ✓ При измельченной пище быстрее



Ритмические сокращения

- Ритмическая сегментация:
 - ✓ 1 тип: формирование перетяжек через каждые 1-2 см, в течение 2 секунд, результат – овалы сегменты, затем каждый из них делится пополам или по 1/3) еще на 2 перетяжки
 - ✓ 2 тип: каждая последующая перетяжка возникает немного каудальное, проксимальная возникает раньше, чем каудальная. В результате химус продвигается
 - ✓ 3 тип: формируются сегменты по 3-4 см, затем расслабление, затем снова формируются перетяжки
- Маятникообразные
 - Ритмические сокращения «туда-сюда», они могут незначительно продвигать
 - Ритмическая сегментация и маятникообразные движения формируются во всех отделах кишечника: 9-12 в верхних, 8 – в нижних



Механизмы регуляции моторной деятельности кишечника

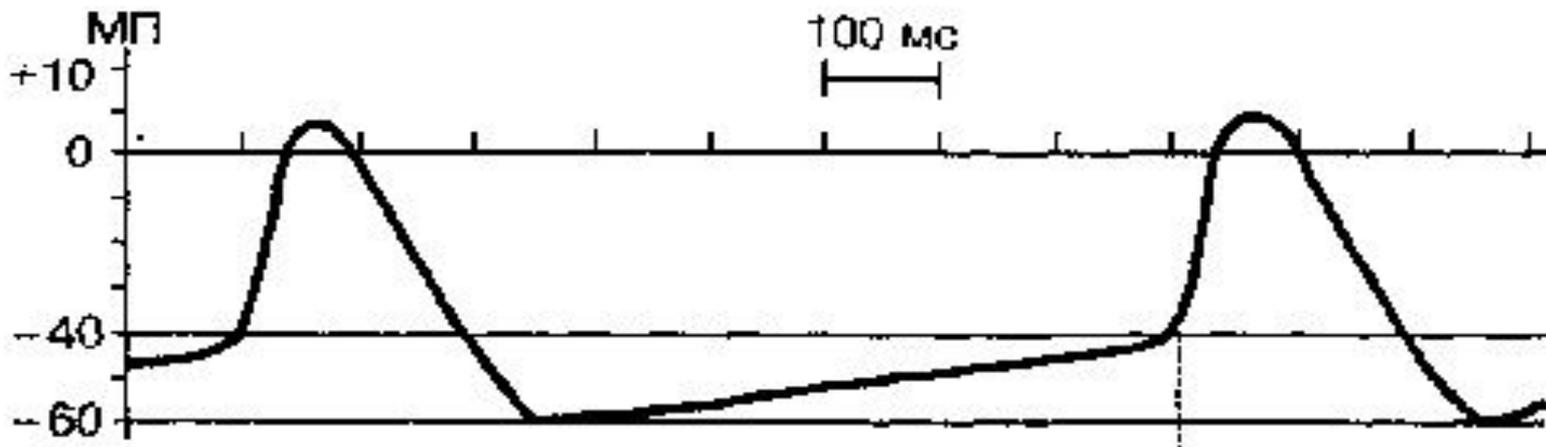
- Миогенные
- Нервные
- Гуморальные

Миогенные механизмы

- Увеличение силы сокращения гладких мышц кишечника при их растяжении
- Пластичность гладких мышц – явление сохранения при перерастяжении
- «Водители ритма» и «проводящая система» кишечника

Водители ритма (пейсмейкеры) и проводящая система кишечника

- Полная изоляция кишечника не приводит к исчезновению сокращений
- Обнаружены гладкомышечные клетки с «медленными» потенциалами действия
- Основные скопления пейсмейкерных «медленных» клеток в кишечнике: около фатерова соска и в подвздошной кишке (без четкой локализации)
- Разобщение участков с пейсмейкерами и нижележащих отделов приводит к снижению моторики в этих отделах на 20-28%
- В кишечнике есть подобие проводящей системы с электротоническим распространением потенциалов,
- Она обеспечивает направление перистальтики на всем протяжении кишечника только в каудальном направлении
- Антиперистальтика возможна только в условиях нарушения работы водителя ритма, например, при рвоте



Нервный контроль моторики кишечника

- Энтеральная нервная система
- Местные ваго-вагальные рефлексy
- Рефлексy с интеграцией в ЦНС
- «Высший» контроль моторики кишечника

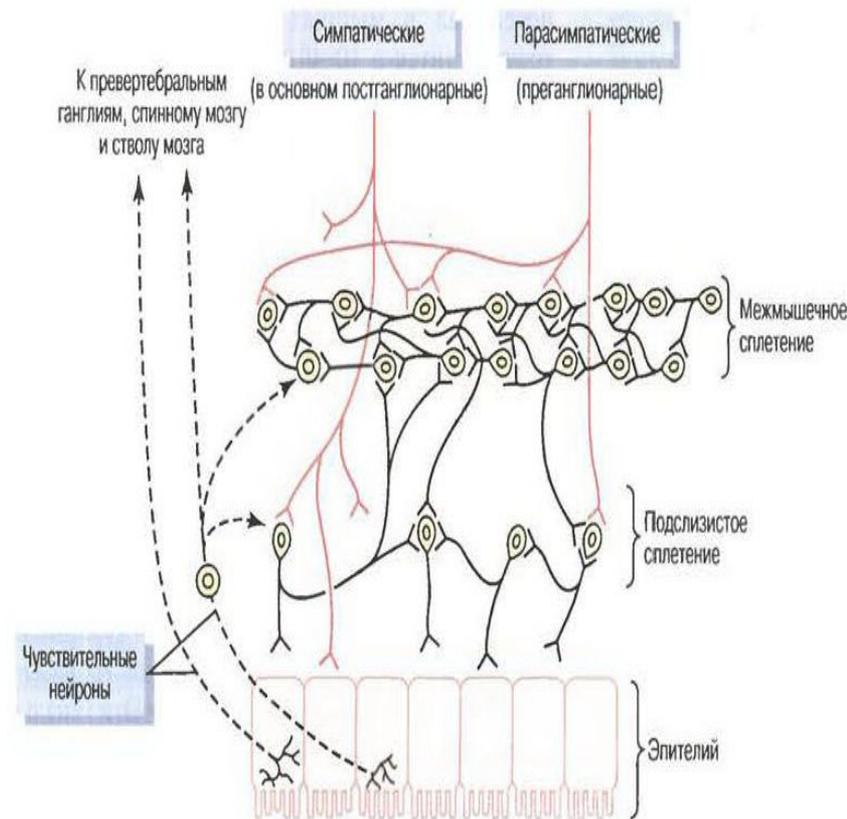
Энтеральная нервная система

Межмышечное сплетение (Ауэрбаха):

- «Тянется» по всему ЖКТ
- Регулирует моторику
- Удаление Ауэрбахова сплетения исключает перистальтику
- Практически полностью состоит из возбуждающих нейронов, но есть и тормозные, содержащие ВИП

Подслизистое сплетение (Мейсснера)

- Регулирует секрецию
- Регулирует кровоток
- Регулирует всасывание
- Вызывает сокращение слизистой оболочки, регулирует площадь слизистой оболочки



Миоэнтеральный рефлекс в регуляции перистальтики

- **Раздражители:**
 - ✓ Химические и механическое раздражение рецепторов слизистой оболочки кишечника;
 - ✓ Растяжение вызывает раздражение рецепторов гладких мышц
- **Нервный центр:** межмышечное сплетение
- **Реакция:**
 - ✓ Сокращение продольного слоя вызывает растяжение мышц и раздражение слизистого слоя
 - ✓ Расслабление продольного слоя невозможно без сокращения циркулярного
 - ✓ Сокращение циркулярного вызывает только раздражение слизистой оболочки

Рефлекторная регуляция моторики кишечника

Возбуждающие (вагусные)	Тормозные (симпатические)
Ротото(глоточно)-гастральный	Рото(глоточно)-гастральный («воспринимающий расслабление»)
Пищеводно-интестинальный	Дуадено-гастральный
Гастро-гастральный	Интестино-интестинальный
Гастро-дуаденальный	Колоно(ректо)-интестинальный
Гастро-еюнальный	
Гастро-илеальный	
Гастро-колональный	
Дуадено-интестинальный	
Интестино-интестинальный	
Ректо-ректальный (дефекация)	

Основной закон рефлекторной регуляции моторики кишечника

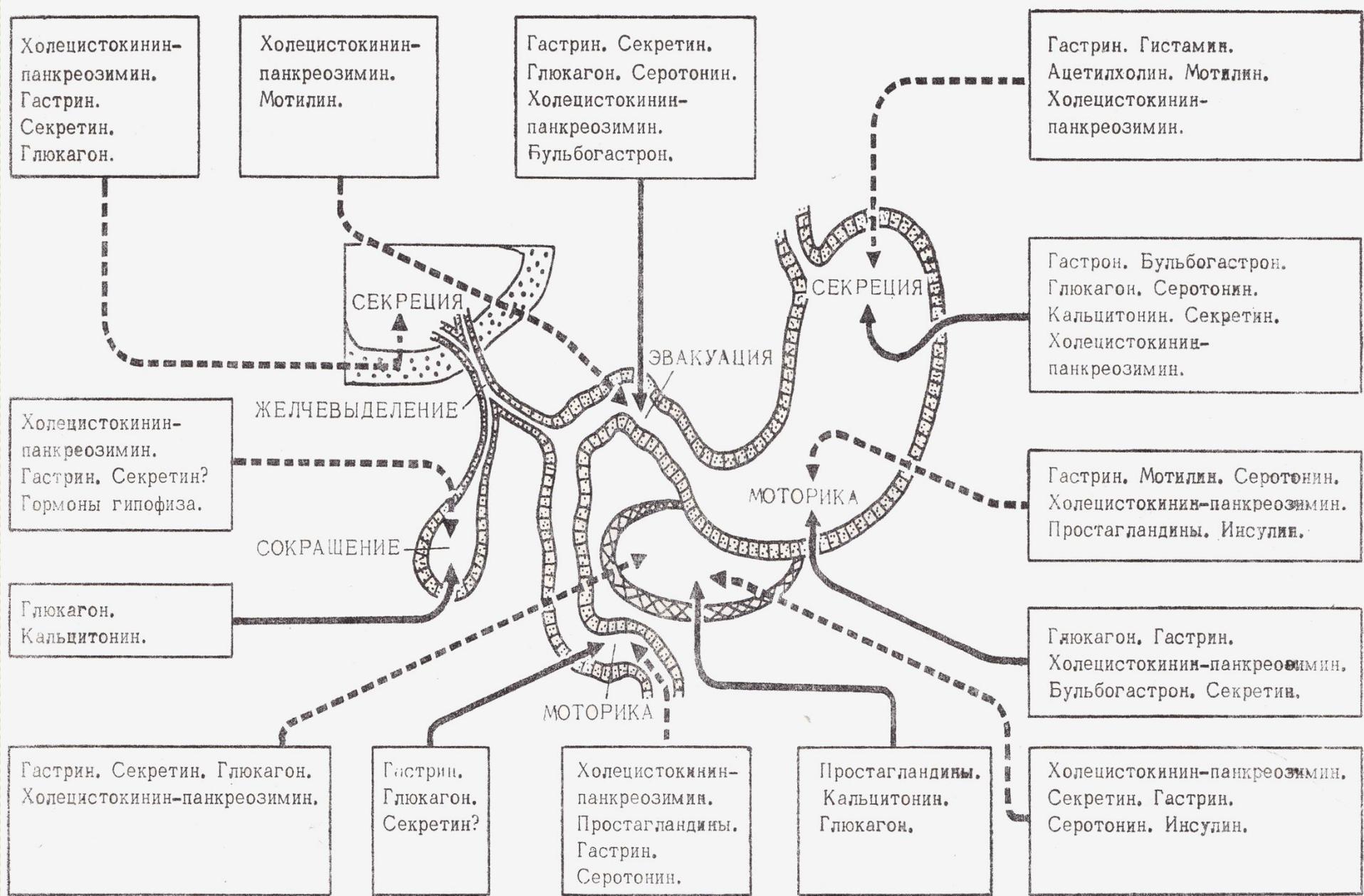
- При сильном раздражении тормозится моторика *всего кишечника*
- Адекватное раздражение вызывает *возбуждение* в *данном и нижележащем* отделе кишечника, в *вышележащем* отделе моторика *тормозится*
- Моторная деятельность любого участка кишки является *суммарным результатом возбуждения и торможения* с данного, вышележащего и нижележащего участка ЖКТ

Влияние надсегментарных структур мозга на моторику кишечника

- Раздражение гипоталамуса, миндалевидного комплекса, поясной извилины, сигмовидной извилины, инсулярной коры приводит к изменению моторики
- Существует точки коры, раздражение которых приводит к значительному усилению, есть менее значимые
- Моторика кишечника связана с эмоциональным состоянием организма
- Условнорефлекторное изменение моторики чаще всего приводит к «пробеганною» волны перистальтики по всему пищеварительному тракту и затухании в толстой кишке
- Условнорефлекторное усиление моторики занимает от 10 до 30 минут, затем покой 1-3 часа
- Моторная деятельность кишечника меняется в «пищевой» и «индифферентной» обстановке

Гуморальная регуляция моторной деятельности кишечника

- **Стимуляция:** гастрин, холицистокинин, мотилин, серотонин, гистамин, субстанция Р, брадикинин, простагландины, инсулин (вырабатывается при увеличении глюкозы в крови)
- **Торможение:** глюкагон (вырабатывается при снижении глюкозы в крови), энкефалины, адреналин (сначала торможение, затем возбуждение)



Нейрогуморальная регуляция функциональных взаимосвязей в пищеварительной системе

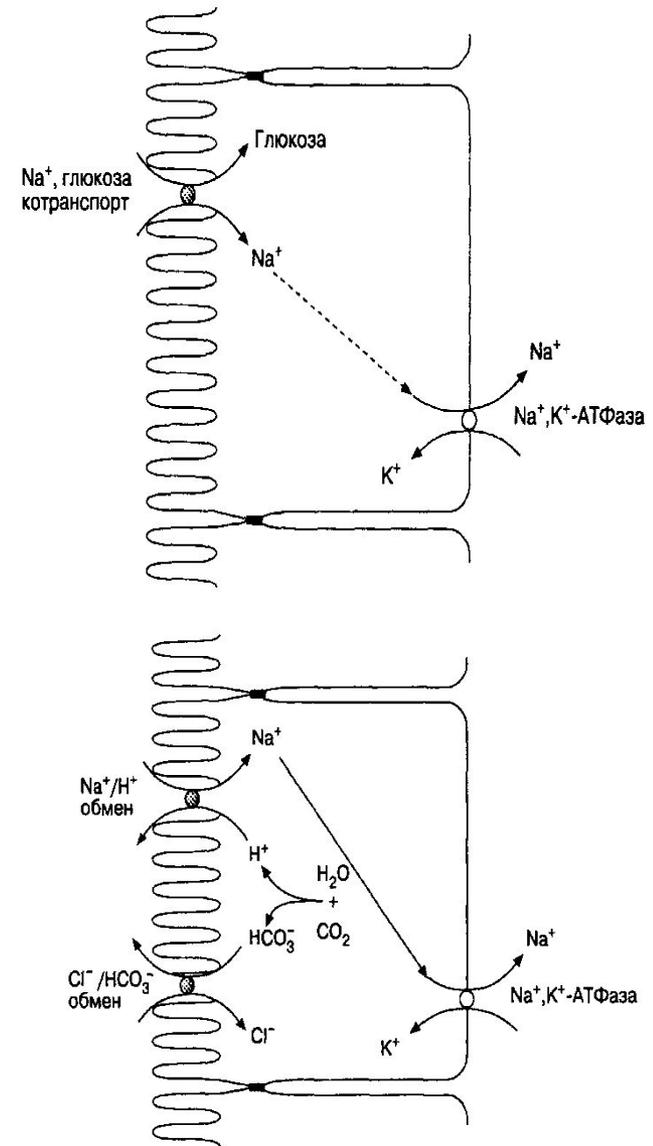
Прерывистые стрелки — возбуждение, сплошные — торможение



Механизмы всасывания в ЖКТ

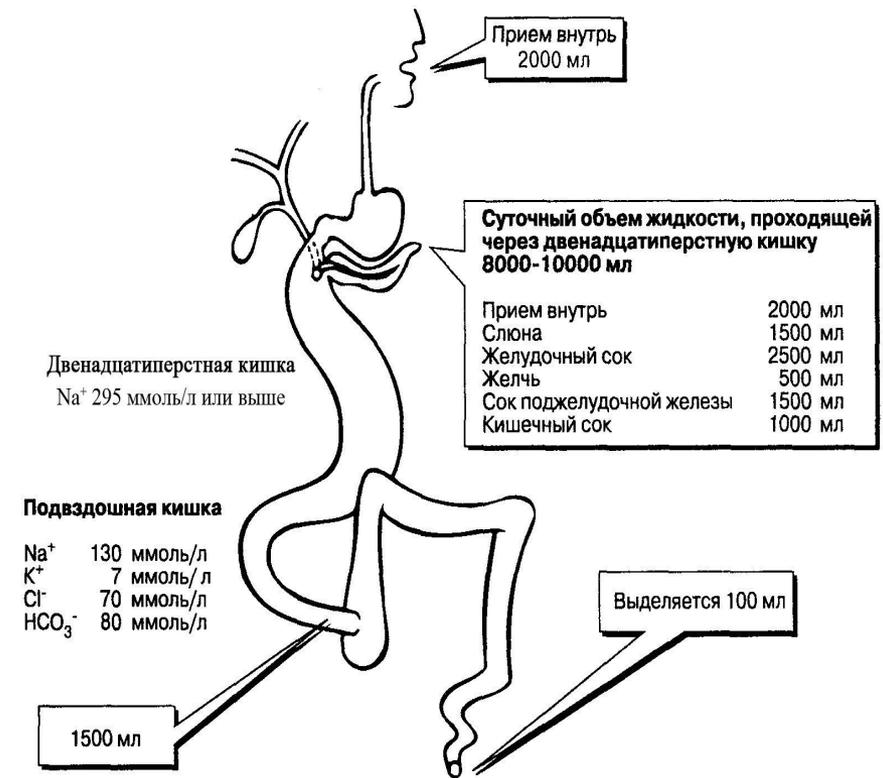
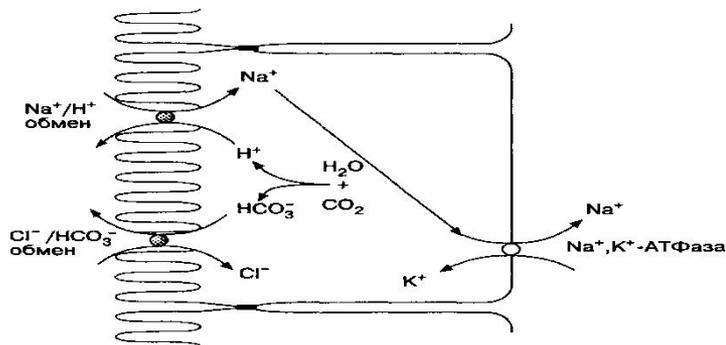
Процессы, участвующие во всасывании различных веществ в ЖКТ

- Трансмембранная диффузия через специальные каналы
- Трансмембранная диффузия без участия каналов (жир)
- Экстрацеллюлярная диффузия
- Облегченная диффузия с участием переносчиков
- Осмотический перенос воды
- Разность гидростатического давления в химусе и внеклеточном веществе
- Электрохимический градиент
- Конвекционный перенос веществ вместе с осмосом
- Активный транспорт (чаще антипорт) с участием АТФ
- Вторично-активный натрийзависимый транспорт
- Пиноцитоз



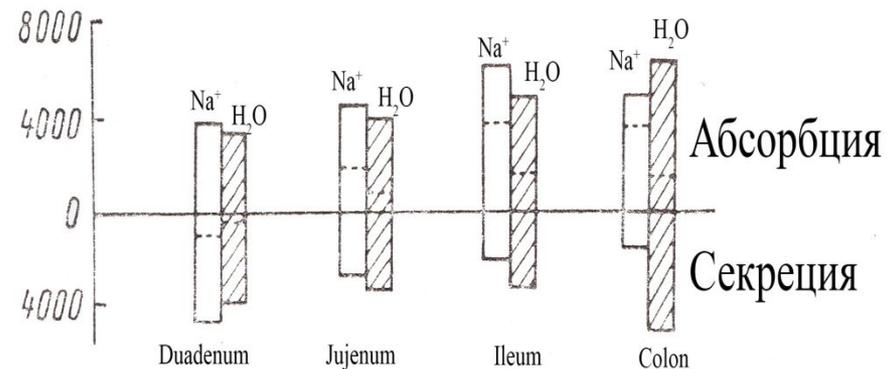
Всасывание натрия и воды

- Натрий и вода всасываются **транселлюлярно** (через аквапорины 8 и 10) и **экстрацеллюлярно** (разница гидростатического давления химус-межклеточная жидкость)
- Всасывание зависит от осмолярности химуса, которая создается натрием, хлором, глюкозой, аминокислоты
- В **duodenum** поступает гипер или изотоничный химус, там происходит в основном секреция воды, а абсорбция воды и натрия происходит экстрацеллюлярным способом
- В дистальном отделе **duodenum**, также в **jujenum** и **ileum** химус гипотоничный вода всасывается обоими способами



Толстая кишка

Na^+	30 ммоль/л
K^+	80 ммоль/л
Cl^-	20 ммоль/л
HCO_3^-	25 ммоль/л



Всасывание кальция

Топография: наибольшим «сродством» для всасывания обладает duodenum, но там всасывается всего 15% из-за высокой скорости пассажа химуса; в jejunum всасывается 60%, в ileum – 23%

Механизм:

Витамин D участвует во всех процессах, увеличивая концентрация к кальцисвязывающего белка (CaCB)

1. Абсорбция на щеточной каемке при участии CaCB
2. Переход через клеточную мембрану, CaCB – диффузионный обличитель.
 - При низком уровне кальция в химусе – активный транспорт
 - Повышение количества кальция в химусе – облегченная диффузия
 - Высокие концентрации кальция в химусе – пассивная диффузия
3. Переход через цитоплазму при участии CaCB и депонировании кальция в митохондриях (усиливает витамин D)
4. Удаление кальция из клетки – кальциевый насос
5. Выделение кальция – 10% от поступившего

Факторы, влияющие на всасывание кальция

- **Желчь** повышает всасывание кальция, мицелирует и солюбилизирует кальций, способствует всасыванию витамина D. У собак с фистулой желчных протоков развивается кальциевая недостаточность
- **Панкреатическая секреция:** снижение секреции *pancreas* приводит к кальциевой недостаточности
- **Возраст:** у детей выше, чем у взрослых, старше 60 лет – снижение
- **Соляная кислота желудка:** повышает всасывание кальция за счет растворения его солей
- **Белок и аминокислоты:** большое количество мяса является антирахитическим фактором (в опыте без мяса 36 мг, с мясом 94 мг)
- **Жир:** всасывания необходим жир, как избыток, так и недостаток снижает всасывание жира. Лучше всего 5% жира в рационе (90% олеата, 38% пальмитата, 25% стеарата кальция)
- Сахара: присутствие глюкозы +67% увеличение; лактозы +108%, фруктозы +83%

Гипотезы лактозного усиления:

- ✓ Брожение в кишечнике и усиление растворения кальция
 - ✓ Лактоза подавляет ингибитор всасывания кальция
 - ✓ Лактоза усиливает всасывание, даже, если сама не всасывается, так как лактоза создает гиперосмотический эффект и обратный перенос воды и кальция
- **Органические кислоты:**
 - ✓ Лимонная кислота: цитрусовые способствуют всасыванию, образуют с кальцием высокорастворимые комплексы
 - ✓ Щавелевая кислота: щавель и шпинат уменьшают всасывание кальция, образуя с ним нерастворимые комплексы
 - ✓ Фитиновая кислота зерновых: снижает всасывание, образует с ним нерастворимые комплексы
 - **Алкоголь** изменяет структуру кальциевых соединений, снижает его всасывание
 - **Кишечная микрофлора:** у гнотобионтов повышение всасывания кальция, отсутствует растворение витамина D бактериями

Другие неорганические ионы

Калий

- Механизмы: диффузия и активный транспорт
- Есть секреция калия: в тонкой кишке концентрация 5-10 ммоль/л, в толстой 80

Хлор: электрохимический градиент, обмен на бикарбонаты

Магний: всасывается в верхних отделах ЖКТ

- Механизм: ионизированное состояние при участии соляной кислоты, активные переносчики
- Влияет: у детей выше, недостаток белка, избыток фосфора и кальция, фитиновой кислоты – снижает; лактоза – повышает

Цинк:

- Топография: желудок 1-2%, duodenum – 45%, Jejunum и ileum 15-21
- Механизм: активный перенос
- Влияет на всасывание магния и цинка: у детей выше, недостаток белка, избыток фосфора и кальция, фитиновой кислоты – снижает; лактоза – повышает

Медь:

- Топография : желудок
- Механизм: активный и пассивный перенос
- Влияние: белок – снижение

Железо

- Топография : в duodenum и начальном отделе jejunum

Источники:

- Гемоглобин 340мг/г Рыба: 0,4-1,0 мг/г Печень: 12 мг/г Мышцы: 1,5-3,8 мг/г
- Яйца: 2,5 мг/г Молоко: 0,2 Хлеб 1,5 мг/г Бобы 8 мг/г
- Механизм: активный транспорт в сольбилизованном виде при участии витамина С

АМИНОКИСЛОТЫ

Топография: 80-90% аминокислот всасывается в проксимальном отделе (первые 100 см кишечника)

Механизмы:

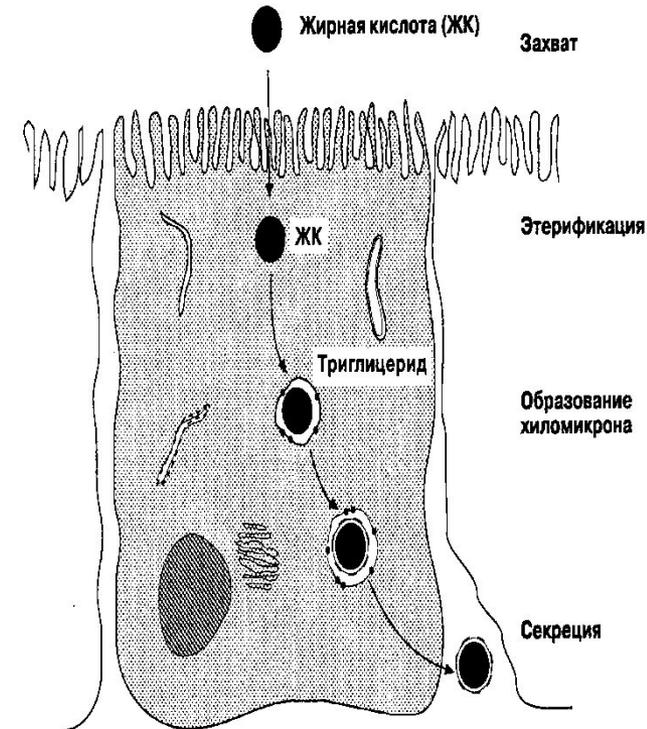
- *Трансмембранный перенос*
 - ✓ Нейтральные и основные аминокислоты :
 - ✓ Механизмы: простая и облегченная диффузия, вторично-активный натрийзависимый транспорт
- *Пиноцитоз*
 - ✓ Могут транспортироваться полипептиды, глицин и кислые (Асп, Глу) аминокислоты
 - ✓ У взрослых не так выражен, как у новорожденных – иммунный барьер, защита от проникновения антигенов белковой природы

Факторы, влияющие на всасывание:

- Транспорт основных (Лиз, Арг, Гис) аминокислот активируется избытком нейтральных
- Транспорт нейтральных аминокислот тормозится избытком основных
- Конкурентные взаимоотношения L и D-изомеров аминокислот
- Транспорт аминокислот (как и других веществ, переносимых вторично-активным транспортом) зависит от метаболизма
- Всасывание аминокислот стимулируется натрием

Продукты расщепления жиров

- **Топография:** при малом и среднем содержании жира в химусе – duodenum, так как жир, обладая наибольшей поверхностной активностью, заполняет проксимальные отделы кишки. При повышении содержания жира в химусе – duodenum+дистальная часть jejenum, и ileum.
- **Механизмы трансмембранного переноса:**
 - ✓ Пиноцитоз солюбилизированного жира в межворсинчатом пространстве, пузырьки транспортируются внутрь клетки
 - ✓ Прямой трансмембранный перенос солюбилизированного или несольбулизированного жира. Возможный механизм: встраивание жира между фосфолипидами в процессе перемещения молекул фосфолипидов
- **Ресинтез жиров в энтероците:** при голодании ресинтез триглицеридов в шероховатом ЭПР (жирные кислоты соединяются с глицерин-3-фосфатом, образовавшимся при метаболизме глюкозы)
- При добавлении жиров в гладком (триглицериды из 2-моноглицеридов и жирных кислот) ЭПР
- **Соединение жиров с белками**, образование хиломикронов
- **Выход** хиломикронов экзоцитозом в лимфу и транспорт



Продукты расщепления углеводов

Топография: выраженный проксимально-дистальный градиент, в тощей кишке больше, чем в подвздошной примерно в 3 раза

Механизмы:

- Простая диффузия
- Конвекционный (осмотический) поток
- Облегченная диффузия
- Вторично-активный транспорт
- Пиноцитоз (у взрослых не выражен)

Факторы, влияющие на всасывание:

- Кишечные клетки могут аккумулировать сахара
- Значительная зависимость от ионов натрия транспорта глюкозы и лактозы. Натрийзависимый механизм наиболее выражен в тощей и подвздошной кишки
- «Пищевого» натрия не хватает, чтобы обеспечить ускорение всасывания, в duodenum происходит секреция натрия
- Транспорт фруктозы не зависит от концентрации натрия
- Всасывание сахаров значительно зависит от обмена веществ, аноксия значительно снижает
- Аминокислоты тормозят всасывание сахаров

Топография распределения всасывание (сводная таблица)

Вещество	Duadenum	Jujenum	Пеum
Аминокислоты	Первые 100 см кишки максимально		Низкая
Жир	Основное место всасывания, если жиров мало, единственное	Если много жиров – включается	Если много жиров может включаться
Углеводы	Высокая	Первые 100 см высокая	Низкая
Аминокислоты и углеводы у детей	Высокая	Высокая	Высокая
Вода	Высокая	Начальная и средняя часть – средняя интенсивность, конец – низкая	Низкая
Физиологический раствор	Высокая	Высокая	Высокая
Нарий	Гипотонический раствор	Всасывается изотонический раствор	
Кальций	15%, эффективность максимальна	23%	60%
Магний	Высокая	Высокая	Низкая
Цинк	40-45%	15-21%	Низкая
Витамин D	Мало	Высокая	Высокая
Витамин B	Мало	Высокая	Мало
Витамин B12	Мало	Много, начиная со средней части	Много

Особенности деятельности тонкого кишечника у детей

- Секреция желчи низкая, увеличивается к году
- Секреция поджелудочной железы низкая, увеличивается к году
- Моторика кишечника низкая, задержки стула
- Полостное переваривание молока в основном аутолитическое, в целом выражено слабо
- Активность амилазы поджелудочной железы низкая
- Мембранное пищеварение выражено достаточно
- Лактаза занимает большую площадь поверхности кишечника, чем у взрослого
- Сахарная активность низкая
- Выражено всасывание белков, аминокислот, углеводов пиноцетозом в неизменном виде, так как антигены молока не такие агрессивные как пищевые антигены при смешанном питании
- При смешанном питании активность пиноцетоза снижается
- Выражено внутриклеточное переваривание
- В первые дни жизни всасывание происходит во всем кишечнике и даже в желудке, позднее площадь всасывающей поверхности ограничивается

Организация питания детей до 1 года

- Первое кормление в течение 1 часа после родов
- Оптимально: не более 8 раз за 24 часа (до 1 мес – 7 раз), через каждые 3 часа
- Ночные кормления – по требованию, будить нельзя
- Кормление по **гибкому режиму** – то есть возможно снижение промежутков между кормлениями в некоторых условиях (выло сосущий ребенок, патология) и дробное кормление (необходимый объем за несколько раз)

Организация питания детей до 1 года: введение прикормов

- Причина введения прикормов: восполнения дефицитов питательных веществ, связанных с ростом
- Если не вводить прикорм: гипотрофия, желездефицитная анемия, рахит
- Методика начала введения прикормов: с 3 месяцев дают соки, начиная с 2 капель, доводя до 30-50 мл
- В течение 3 недель 30-50 мл сок, затем, через 3 недели – фруктовое пюре
- Первый прикорм 4,5-5,5 мес. – овощное пюре
- Второй прикорм 5,6-6,5 мес. – молочные каши
- Третий прикорм 7 мес. – мясное пюре
- После 7 мес. – фрикадельки, паровые котлетки
- 5-6 мес. – творог; 6 мес – желток; 8-9 мес. – рыба
- Искусственное вскармливание: индивидуальный подбор смеси, прикормы – на 2 недели раньше; большие промежутки между кормлениями

Переваривание белков, жиров, углеводов в желудочно-кишечном тракте: домашнее задание

Отдел ЖКТ	Секрет	Ph	Ферменты	Субстрат	Продукты
Ротовая полость					
Желудок					
Тонкий кишечник (полостное пищеварение)					
Тонкий кишечник (мембранное пищеварение)					

Конец

