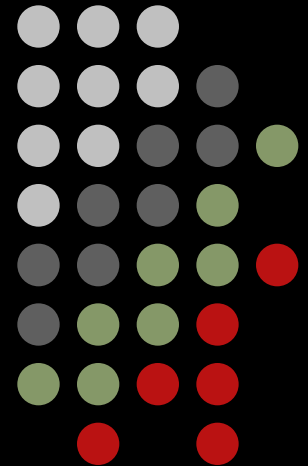
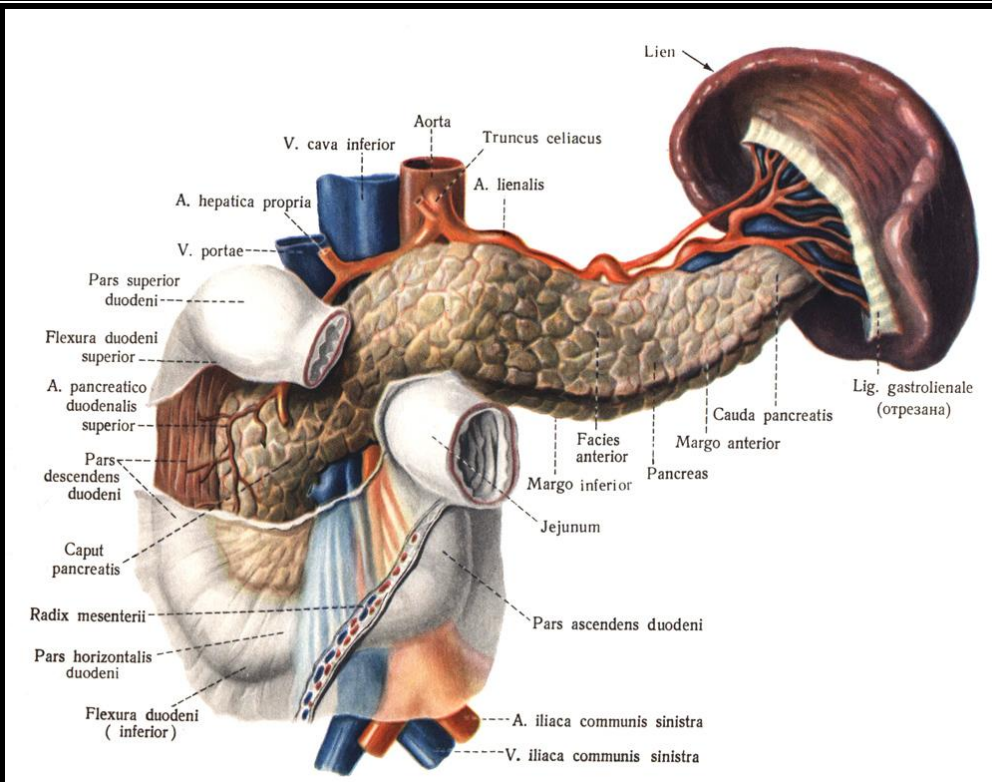


Пищеварение в 12-перстной кишке



Особенности:



В *проксимальном* отделе - ощелачивание химуса (подготовка к действию кишечных ферментов).

В *дистальном* отделе - смешивание химуса с панкреатическим соком и желчью, начало мембранного пищеварения и всасывание.

ДПК продуцирует целый ряд БАВ (энтерокиназа, секретин, ХЦК-ПЗ и др.)

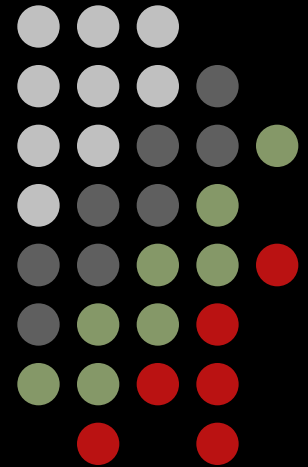
От агрессивной среды ДПК защищает слизь и гидрокарбонат.

Пищеварение в ДПК происходит за счет:



1. Собственных секретов (энтерокиназа)
2. Ферментов поджелудочной железы
3. Желчи

Поджелудочная железа



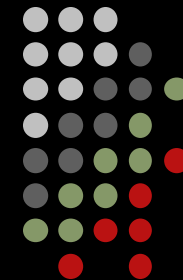


Сок поджелудочной железы

- содержание воды 99%.
- щелочная среда (рН = 7, 5 - 8,8) обусловлена высоким содержанием гидрокарбонатов.
- изоосмотичен плазме крови.

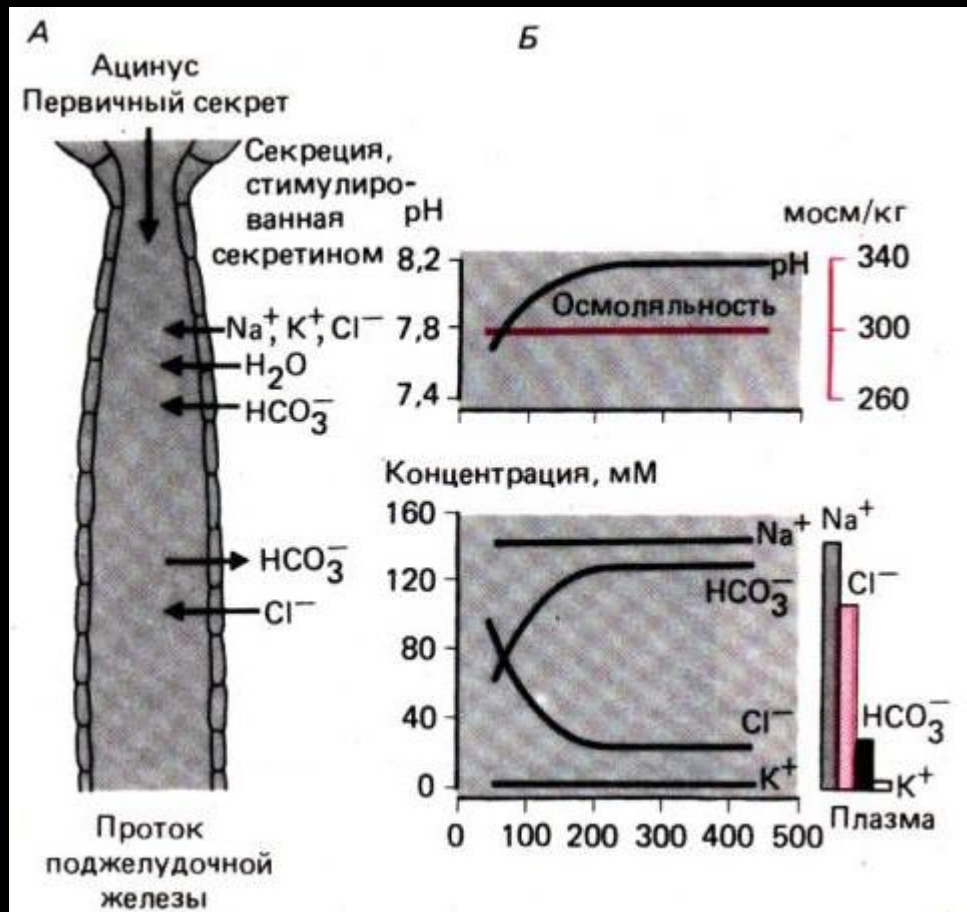
В сутки вырабатывается 1,5 - 2,0 л. сока (*при средней массе железы 110 г.!*).

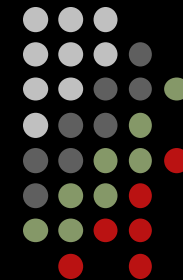
Электролиты панкреатического сока:



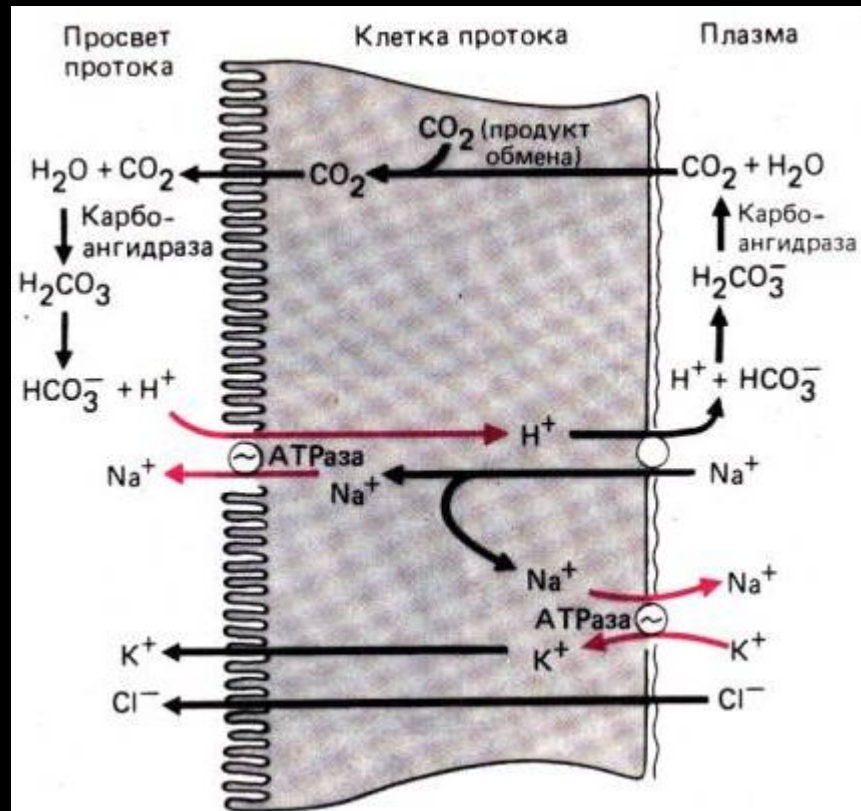
анионы – Cl^- и HCO_3^- ,
катионы – Na^+ и K^+

Концентрация катионов при стимуляции остается постоянной, а концентрации Cl^- и HCO_3^- меняются в противоположных направлениях.





Высокая концентрация HCO_3^- в панкреатическом соке указывает на *активный секреторный процесс.*



Ферменты панкреатического сока:

Протеолитические:

Эндопептидазы рвут внутренние пептидные связи:

- Трипсин - между остатками основных АК,
- Химотрипсин - между остатками ароматических АК,
- Эластаза - между остатками гидрофобных АК в эластине.

Экзопептидазы рвут концевые пептидные связи:

- Карбоксипептидазы А и В со стороны СООН-конца (А- неосновные АК, В- основные АК),
- Аминопептидазы со стороны N-конца.



Амилолитические:

- α -амилаза рвет α -1,4-гликозидные связи в полимерах глюкозы

Липолитические рвут связи:

- Липаза - в положениях 1 и 3 триглицеридов.
- Фосфолипаза A2 - в положении 2 фосфоглицеридов
- Холестеролэстераза - в эфирах холестерина

Нуклеотические рвут связи:

- Рибонуклеаза - фосфодиэфирные связи между нуклеотидами в РНК,
- Дезоксинуклеаза - фосфодиэфирные связи между нуклеотидами в ДНК.

Поджелудочная секреция



Базальная секреция гидрокарбоната и ферментов составляет 2–3 и 10–15% максимального уровня соответственно.

Даже при максимальном наборе стимулов количество сока только 70% от максимума.
Причина - выделение ингибирующих гормонов.



Фазы поджелудочной секреции:

1. Мозговая
2. Желудочная
3. Кишечная



Мозговая фаза:

1. Условно-рефлекторный компонент
2. Безусловно-рефлекторный компонент
(стимулирующее влияние *n. vagus* дополняется действием пептидов метасимпатки (ВИП и гастрин-релизинг пептид)).

Мозговая фаза выражена слабее, чем в вышележащих отделах ЖКТ. Объем выделяемого сока незначителен, с высоким содержанием ферментов (секреция бикарбоната повышается до 10–15%, а ферментов—до 25% максимального уровня)

Желудочная фаза:



АХ действует на *m-холинорецепторы* панкреацитов, что вызывает увеличение внутриклеточного кальция, цГМФ. В результате усиливается секреция панкреатических ферментов и гидрокарбоната.

Гуморальная регуляция в эту фазу носит вспомогательный характер и опосредуется *гастрином* (G-кл. антрального отдела), который всасываясь в кровь - стимулирует секрецию сока.

Кишечная фаза:



секретируется наибольшее количество панкреатического сока.

- Ведущую роль играет гуморальная регуляция – секретин и холецистокинин панкреозимин (ХЦК-ПЗ).
- Количество и состав секрета зависят от качества и количества поступившего химуса (хемо- и механорецепторы ДПК).
- Нервная регуляция секреции опосредуется ваго-вагальным дуодено-панкреатическим рефлексом.



Секретин

(S-кл. Duodenum и тощей кишки) стимулирует выделение секрета с высоким содержанием гидрокарбонатов и низкой ферментативной активностью.

Адекватный стимул - pH менее 4,5.

Секретин → рецепторы → повышение цАМФ → активация протеинкиназы А → секреция панкреатического сока богатого гидрокарбонатами.



ХЦК-ПЗ

(ССК-кл. ДПК и тощей кишки) - действует преимущественно на ацинусы, поэтому выделяющийся сок богат ферментами.

ХЦК-ПЗ → увеличение кальция и цГМФ в цитозоле ацинарных клеток → активация протеинкиназ → образование сока.

Выделение ХЦК-ПЗ стимулируется продуктами гидролиза белков и жиров.



Другие регуляторы секреции поджелудочного сока

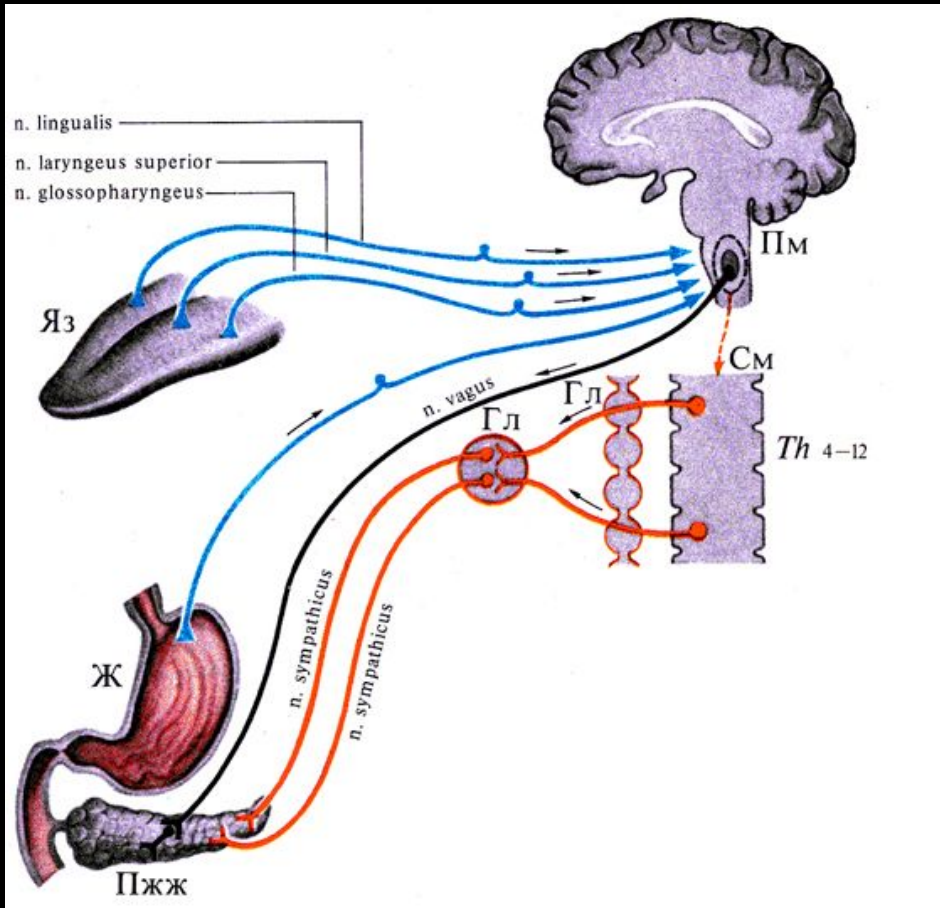
АКТИВАТОРЫ

- ВИП
- инсулин
- бомбезин
- субстанция Р
- гастрин
- соляная кислота
- серотонин
- продукты гидролиза

ИНГИБИТОРЫ

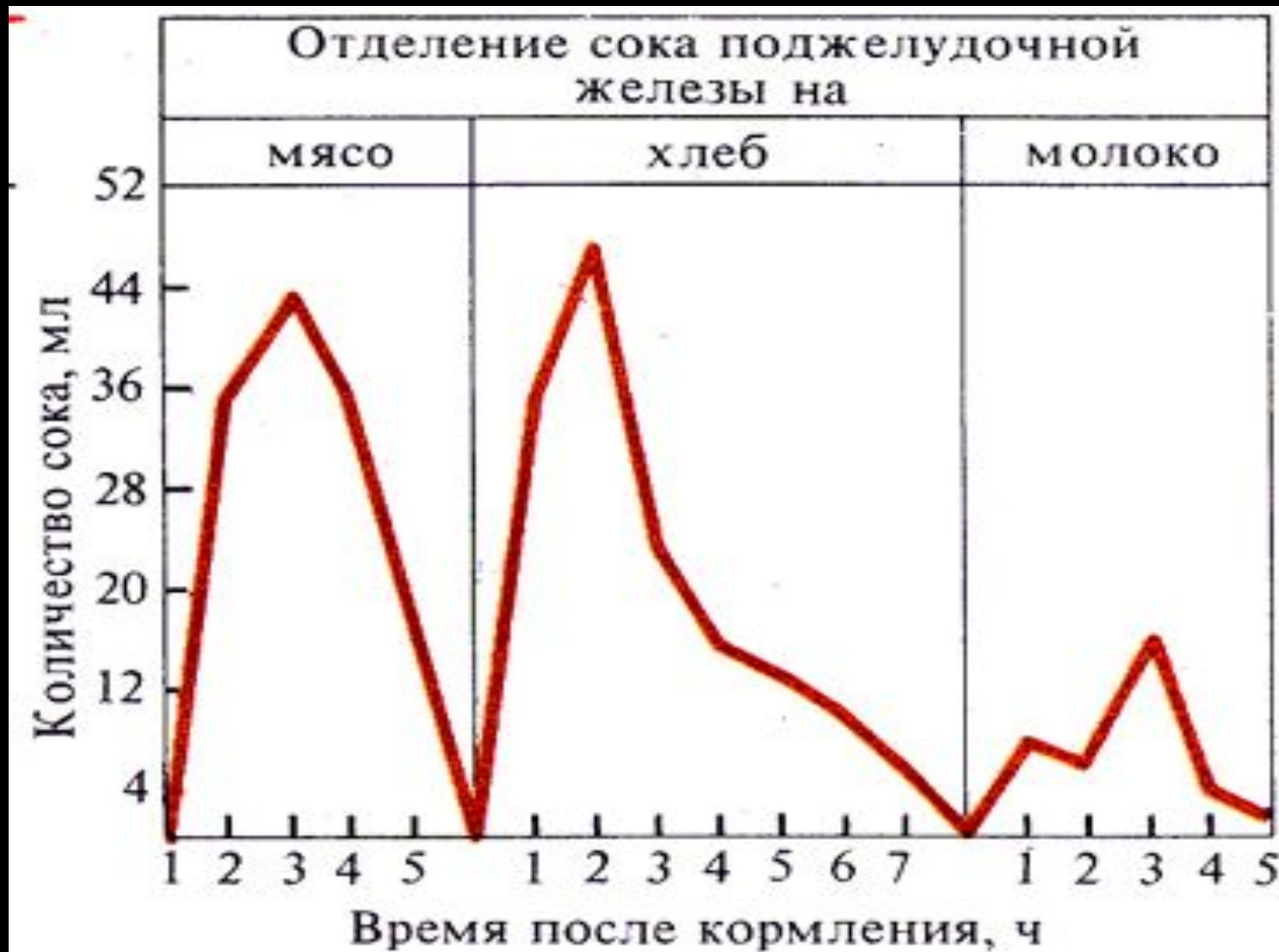
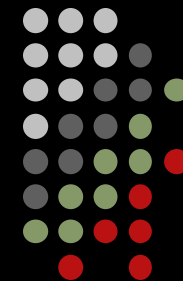
- соматостатин
- кальцитонин
- глюкагон
- ЖИП
- панкреатический полипептид
- норадреналин
- энкефалины

Нервная регуляция выделения поджелудочного сока

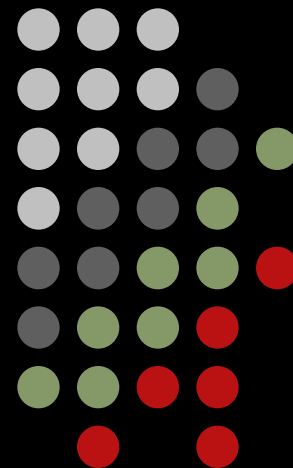
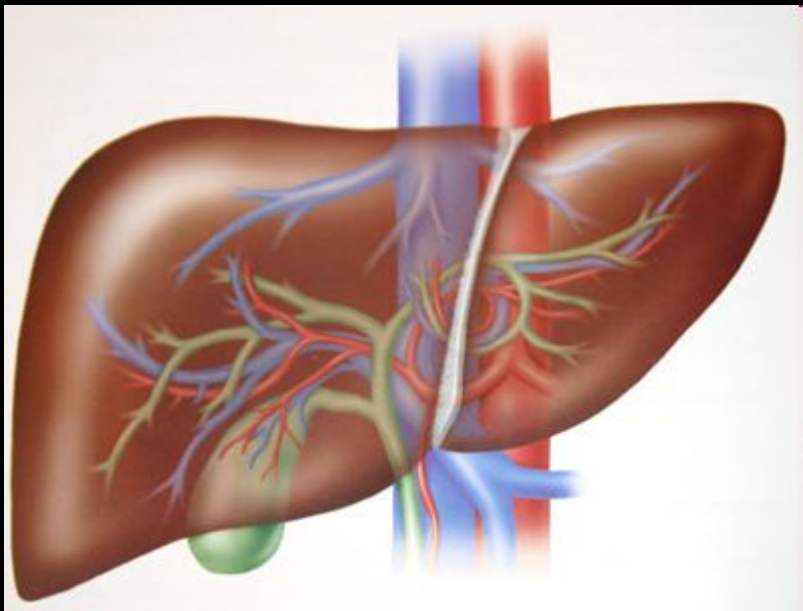


Нервные окончания в поджелудочной железе являются почти исключительно холинергическими. Парасимпатика стимулирует секрецию. Симпатические волокна могут оказывать лишь не прямые влияния, изменяя ее кровоснабжение.

Влияние пищевых рационов



Печень



Основные функции печени



- Желчеобразовательная и выделительная
- Барьерная и защитная
- Обезвреживание и биотрансформация веществ
- Метаболическая
- Гомеостатическая
- Депонирующая
- Регуляторная

Основные функции желчи:



1) Роль в пищеварении:

- а) эмульгирование жира,
- б) растворение продуктов гидролиза жира,
- в) активация панкреатических и кишечных ферментов,
- г) регуляция моторики и секреции тонкого кишечника,
- д) регуляция секреции поджелудочной железы,
- е) регуляция желчеобразования,
- ж) нейтрализация кислой среды и инактивация пепсина

2) Экскреция эндобиотиков (билирубина, порфиринов, холестерина, стареющих белков) и ксенобиотиков (лекарств, тяжелых металлов, токсинов)

3) Обеспечение иммунитета в кишечнике (секреция IgA)

Печеночная желчь



- 0,5 - 1,0 л/сутки.
- Билирубин придает ей золотистый цвет.
- рН= 7,8 - 8,6.
- Изоосмотична плазме.
- Основные компоненты: холестерол, фосфолипиды, соли желчных кислот, желчные пигменты, неорганические ионы и вода.

Пузырная желчь



- Концентрированнее печеночной в 10 раз.
- Движущей силой реабсорбции служит активный транспорт Na^+ , осуществляемый Na/K-ATФ -зой. Вслед за ионами Na^+ перемещаются ионы Cl^- и HCO_3^- .
- рН пузырной желчи уменьшается до 6,5.
- Органические вещества не реабсорбируются, их концентрация повышается, желчь становится темно-коричневого цвета.

Холерез складывается из:



Желчезависимая фракция

(Секреция воды и солей (HCO_3^-))

стимулятор - секретин

Желчезависимая фракция (Секреция мицелл желчи)

холеретики

- а) первичные:* желчные кислоты и их соли
- б) вторичные:* ХЦК-ПЗ, гастрин, глюкагон
- г) третичные:* растительное масло, яичные желтки, молоко, мясо, хлеб, сульфат магния и др.

Регуляция холереза



1. Нервная регуляция (безусловнорефлекторная) играет гораздо меньшую роль по сравнению с гуморальной.

ПСНС стимулирует холерез (n. Vagus).

СНС тормозит холерез.

Метасимпатика действует через рецепторы желудка и др. отделов ЖКТ.

2. Пищевой рацион: стимуляторы: желтки, молоко, мясо, хлеб. Дольше всего желчь выделяется на жиры, затем на белки и углеводы.
3. Уровень гидростатического давления в желчных путях ограничивает секрецию желчи.



4. Гуморальная регуляция:

- а) Секретин стимулирует секрецию желчи в основном за счет увеличения в ее составе воды и электролитов (гидрокарбонатов).
- б) Слабее стимулируют глюкагон, ХЦК-ПЗ, гастрин, простагландины.
- в) Соматостатин - уменьшает желчеобразование.

Желчевыделение (холекинез)



Процесс движения желчи по желчевыводящему аппарату регулируется 4 сфинктерами

Холекинез



1-й период (латентный) - длится 7-10 мин.

В этот период выделяется небольшое количество желчи.

2-й период - основной эвакуаторный или период опорожнения желчного пузыря.

3-й период - усиливается резервуарная функция желчного пузыря (через 3 - 6 часов после еды).

Регуляция холекинеза



Желчевыделению присущи мозговая, желудочная и кишечная фазы.

- ПСНС стимулирует холекинез
- СНС (чревные нервы) тормозит
- Метасимпатика стимулирует холекинез при раздражении хемо- и механорецепторов
- Наиболее сильные сокращения желчного пузыря вызывает *ХЦК-ПЗ*
- Стимулируют также: *гастрин, секретин, бомбезин, инсулин.*
- Тормозят: *глюкогон, кальцитонин, ВИП, антихолицистокинин.*

Регуляция секреции кишечного сока



1. Метасимпатика:

а. Хеморецепторы:

Продукты гидролиза белка, жирные кислоты, панкреатический сок обеспечивают ферментативное приспособление, кроме пептидаз (их секреция не меняется даже при резком недостатке белка в течении 5 мес.

б. Механорецепторы:

Растяжение стенки кишечника приводит к появлению местного секреторного рефлекса.

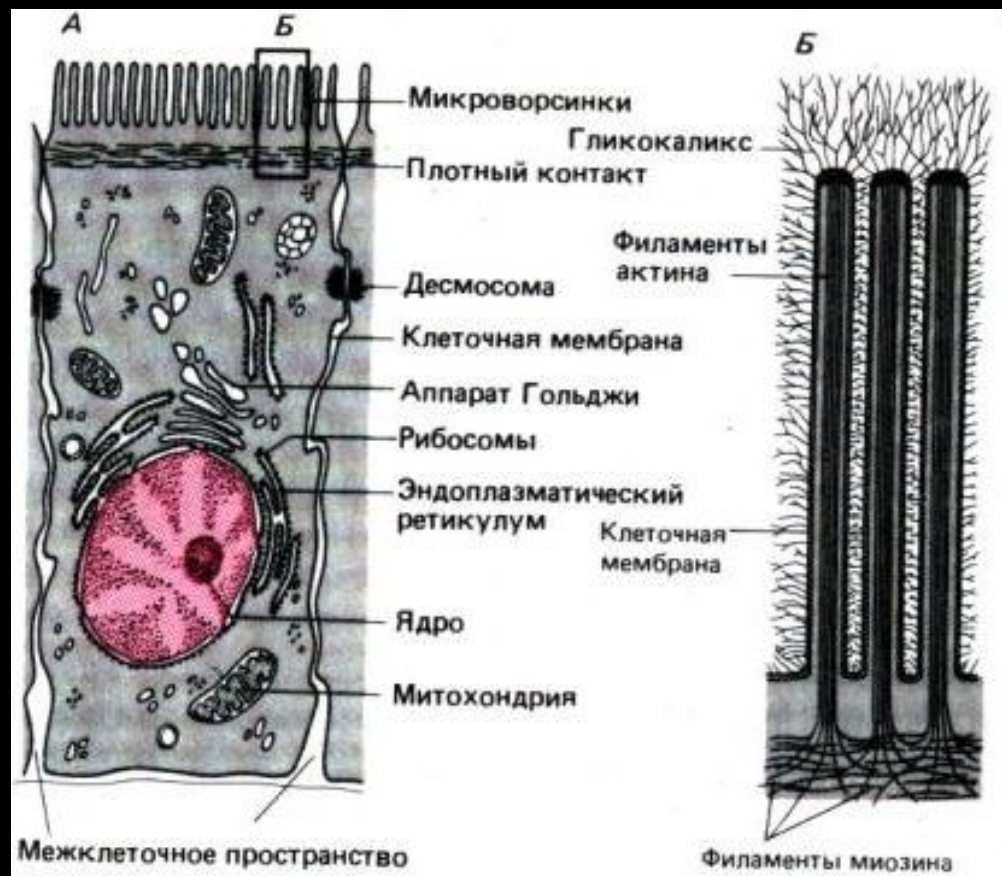


2. Парасимпатика - усиливает секрецию.
3. Симпатика - тормозит.
4. Стимулируют энтерокринин и дуокринин (из слизистой кишечника), гормоны АПУД-системы (ГИП, ВИП, мотилин).
5. Тормозит - соматостатин.

Пищеварение в тонкой кишке является трёх-звеньевой системой



1. полостное пищеварение,
2. мембранное (пристеночное) пищеварение,
3. внутриклеточное пищеварение.

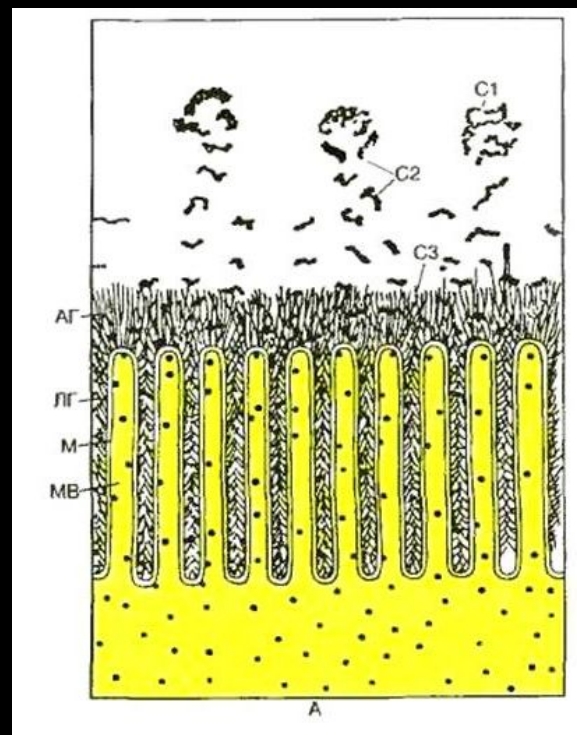


Полостное

осуществляется в растворе химуса ферментами, находящимися на кусочках пищи.

В основном это ферменты поджелудочной железы.

Происходит расщепление до олигомеров.



Пристеночное пищеварение

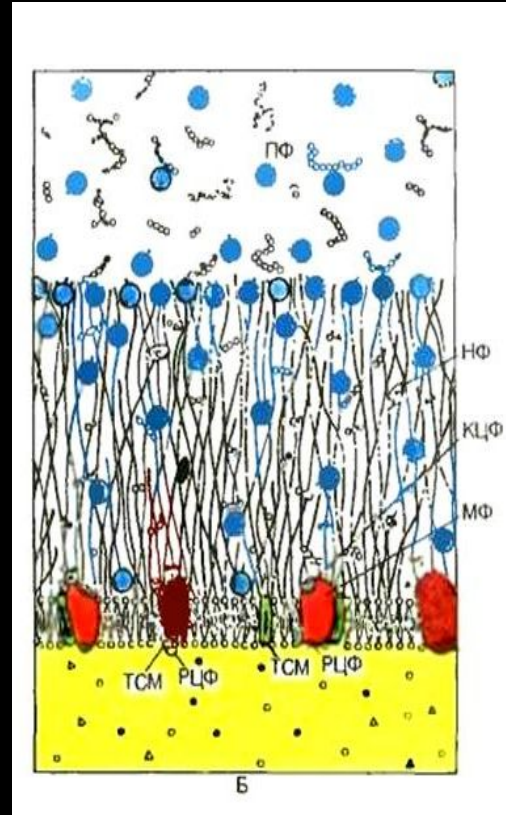
- происходит на поверхности кишечной каймы.

Выделяются 2 подзоны:

Первая - гликокаликс. Здесь фиксированы ферменты, расщепляющие полимеры до димеров (60% - поджелудочная железа; 40% - кишечной слизистой).

Вторая - мембрана энтероцитов.

Ферменты встроены в мембрану энтероцитов и расщепляют димеры до мономеров. Они одновременно участвуют в механизмах активного транспорта.

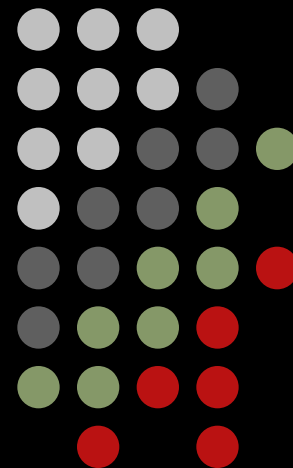




Панкреатические ферменты в пристеночном пищеварении

| Ферменты | Гликокаликс | Мембрана |
|-------------|-------------|----------|
| Амилаза | 60% | 40% |
| Трипсин | 40% | 60% |
| Химотрипсин | 20% | 80% |

Тонкий кишечник



Функции тонкого кишечника



1. Перемешивание химуса с секретами поджелудочной железы, печени и слизистой кишечника.
2. Расщепление компонентов химуса до мономеров и их всасывание.
3. Дальнейшее продвижение химуса по ЖКТ.
4. Секреция гормонов.
5. Иммунологическая защита.

Кишечный сок



1. Бруннеровы железы секретируют вязкую щелочную жидкость, в основном лишенную ферментов,
2. Либеркюновы железы выделяют менее вязкую, богатую ферментами щелочную жидкость.

pH секрета - 7,2 - 7,5, при интенсивной секреции pH возрастает до 8,6

Ферменты кишечного сока



гидролизуют все группы питательных веществ до мономеров:

1. протеолитические
2. липолитические
3. амилалитические
4. нуклеотидазы

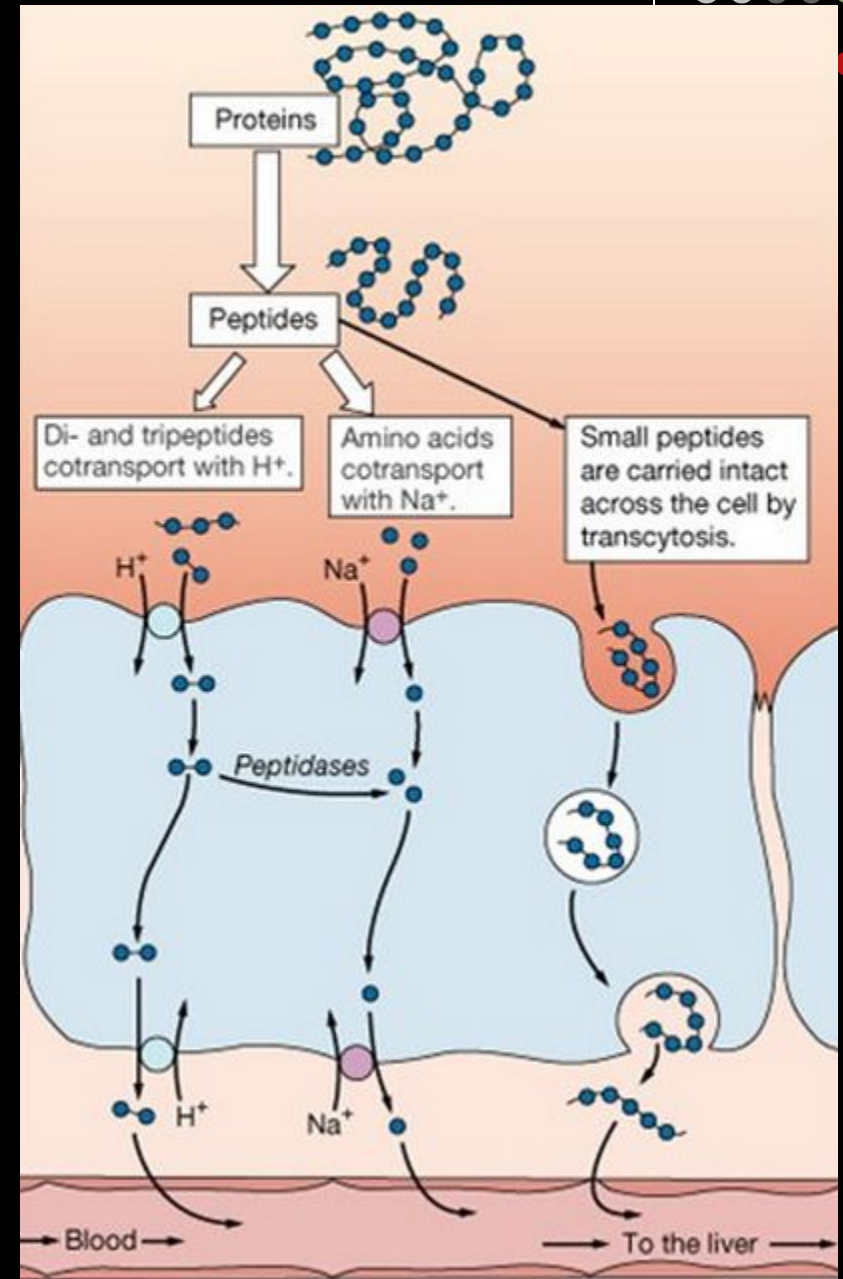
Особенности мембранного пищеварения:



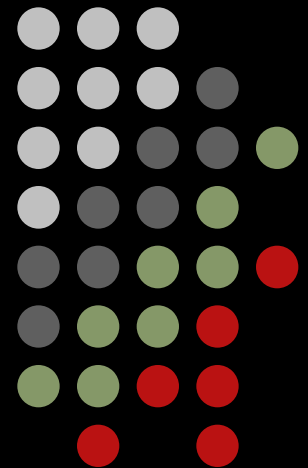
1. Ферменты концентрированы, структурированы и работают дольше, чем в полостном.
2. Мембранное пищеварение стерильно.
3. Ферментные и транспортные системы распределены вдоль кишки неравномерно: дистальные отделы могут компенсировать недостаточность проксимальных.
4. Мембранное пищеварение активирует полостное и, наоборот.
5. Мембранное пищеварение активируется моторикой кишечника.

Внутриклеточное пищеварение

протекает по типу
фагоцитоза
(гидролазы
лизосом) и
ферментами
цитозоля.



Переваривание и всасывание



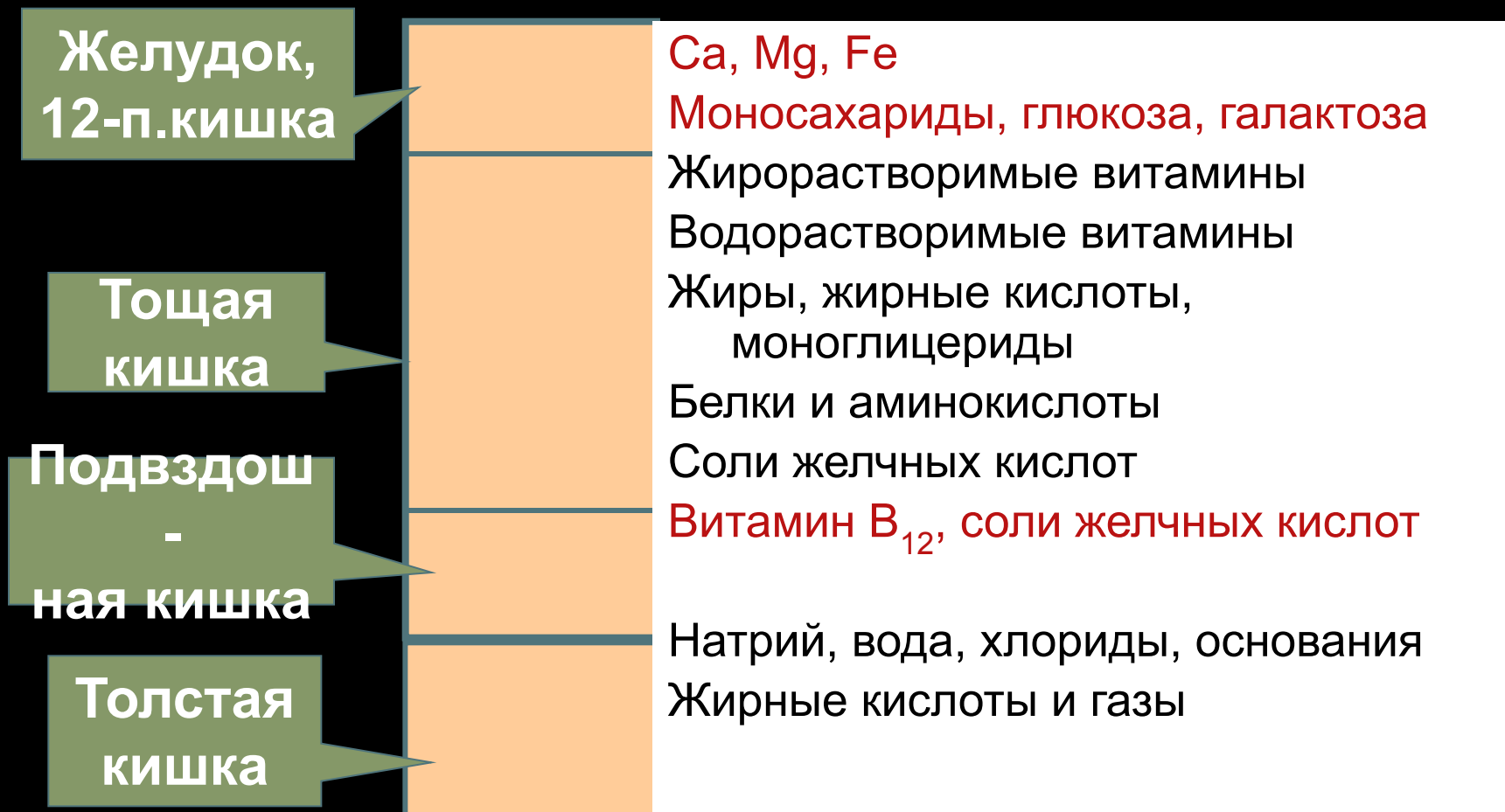


Длина тонкого кишечника - 2,8 метра, а общая площадь поверхности примерно 200 м², что достигается за счёт наличия:

- складок
- ворсинок
- микроворсинок,

увеличивающих поверхность всасывания более чем в 600 раз.

Всасывание веществ в кишечнике



Всасывание осуществляется путём:



Пассивный транспорт:

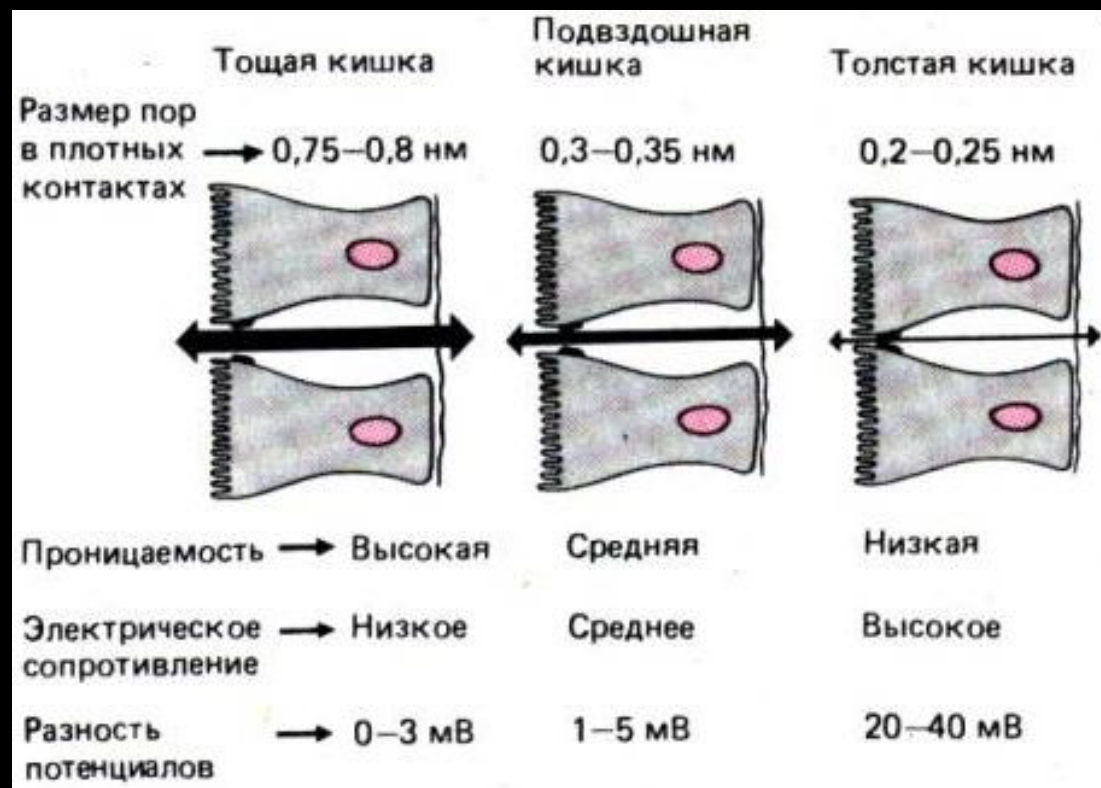
- диффузия
- осмос
- фильтрация
- реабсорбция
- конвекция

Активный транспорт:

- первично активный
- вторично активный
 - эндоцитоз
 - экзоцитоз

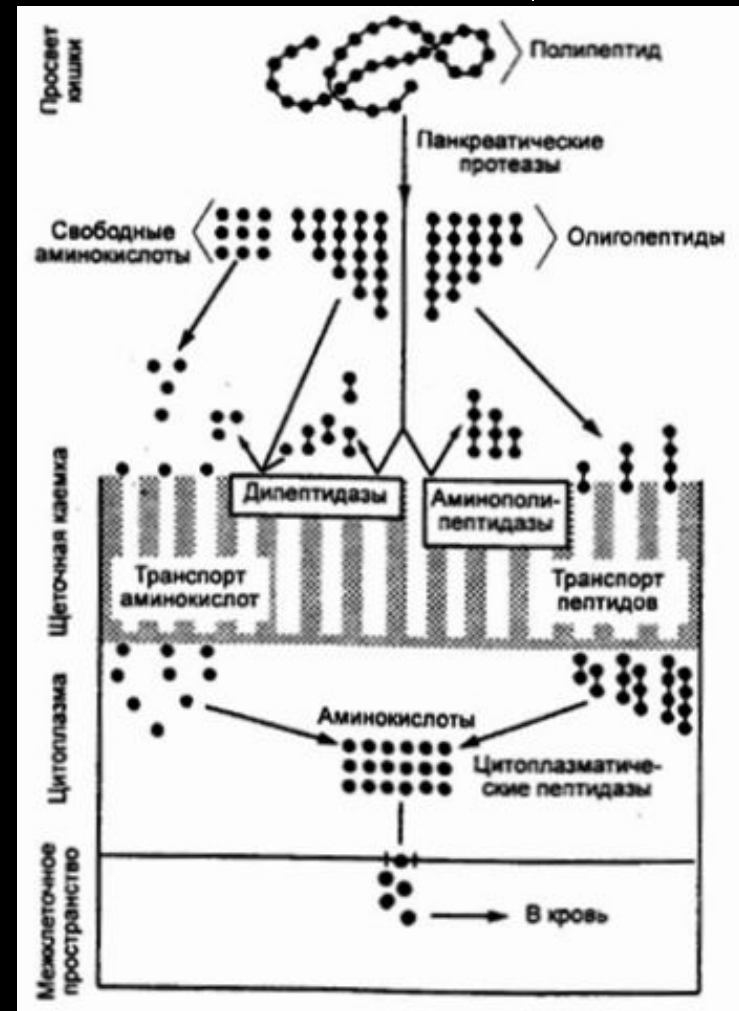


Пассивный перенос через эпителий зависит от размера пор плотных контактов, который уменьшается в направлении от проксимальных отделов кишечника к дистальным



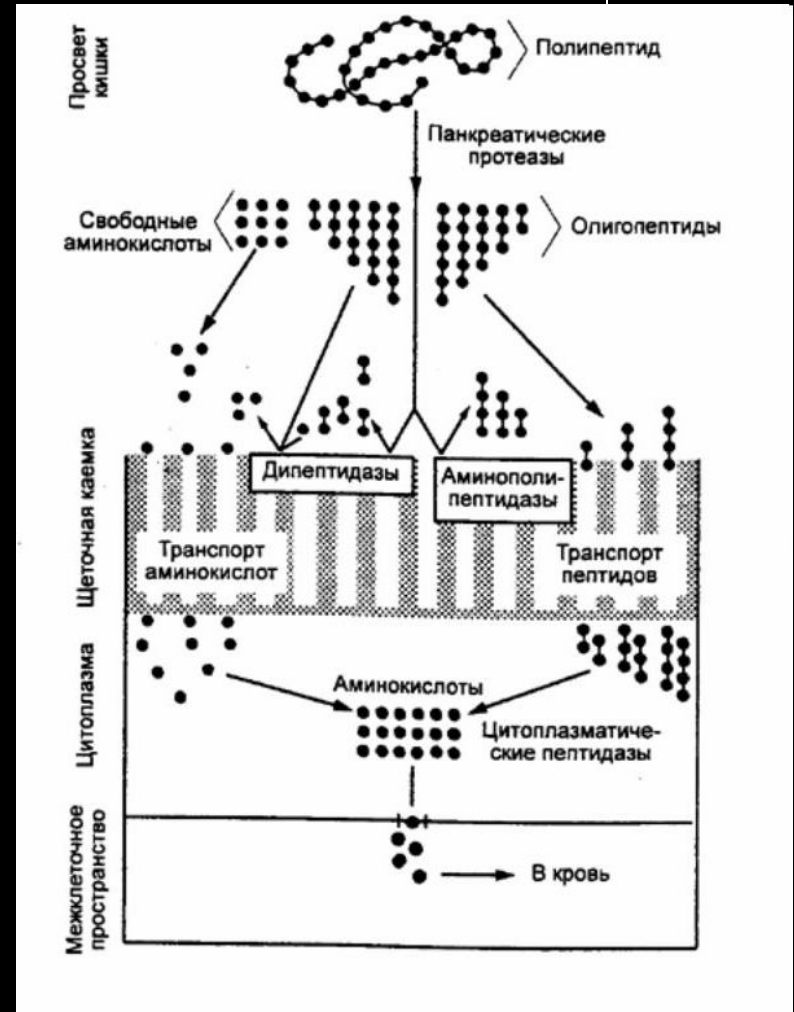
Переваривание белков

- происходит за счет панкреатических протеаз (гидролиз на короткие пептидные фрагменты и АК)
- последующий транспорт их внутрь энтероцитов,
- расщепление до АК
- поступление путём диффузии в межклеточную жидкость.

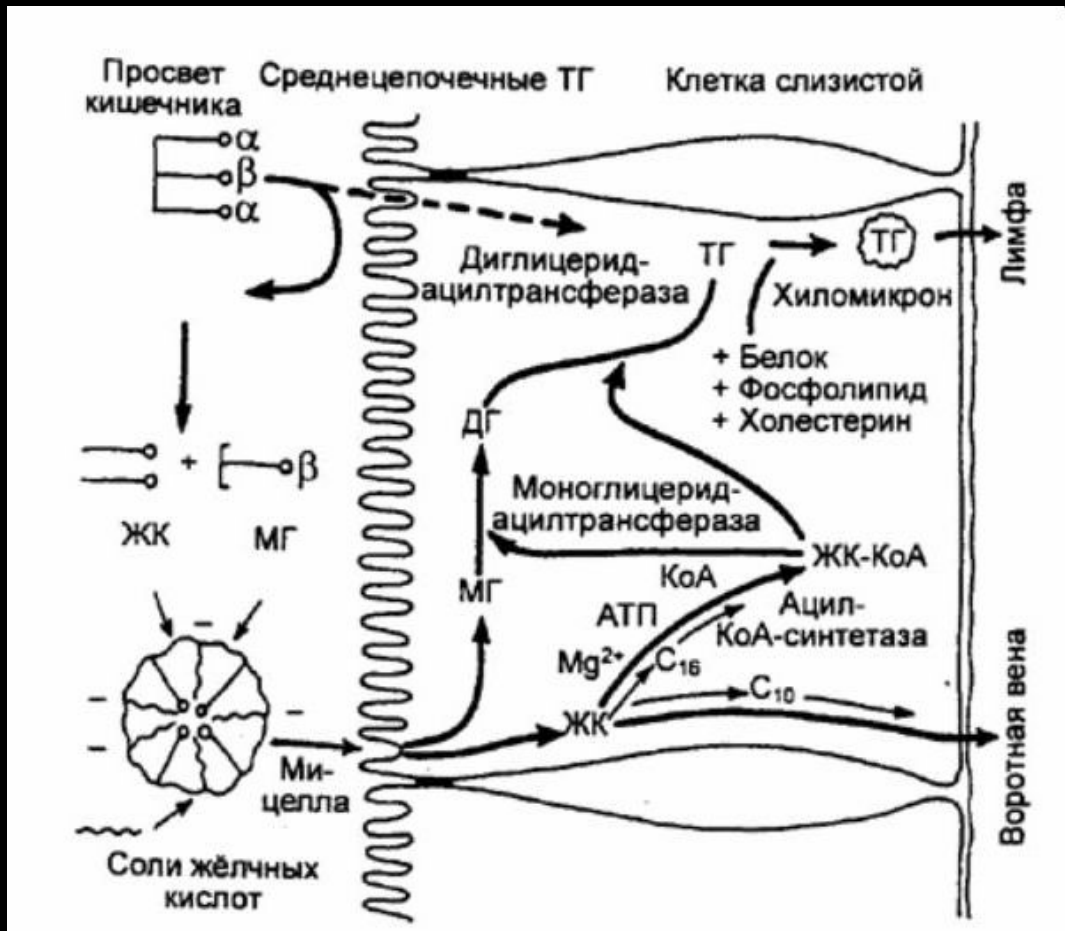


Всасывание белков

- Нейтральные АК всасываются посредством вторично-активного транспорта с натрием.
- Na^+ -независимые переносчики осуществляют перенос части нейтральных и щелочных АК.
- Специальные переносчики транспортируют дипептиды и трипептиды в энтероциты.



Переваривание и всасывание жиров

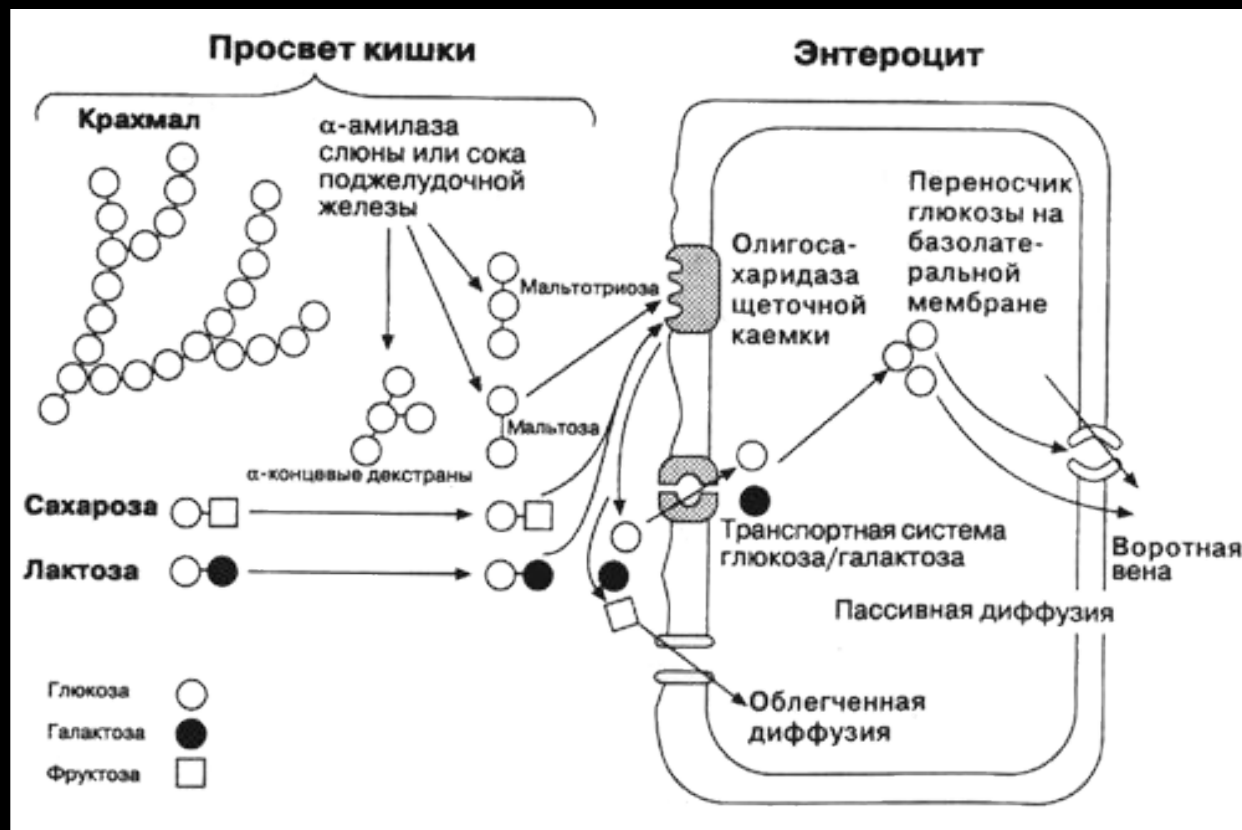


1. ЖК с 12 и менее углеродов проходят сквозь энтероциты в воротную вену и оттуда в печень в виде свободных ЖК.

2. ЖК с более 12 углеродов в энтероцитах превращаются в триглицериды и в составе хиломикрон всасываются в лимфу.

3. Холестерол превращается в эфиры холестерола и вместе с триглицеридами образуют хиломикрон и всасываются в лимфу.

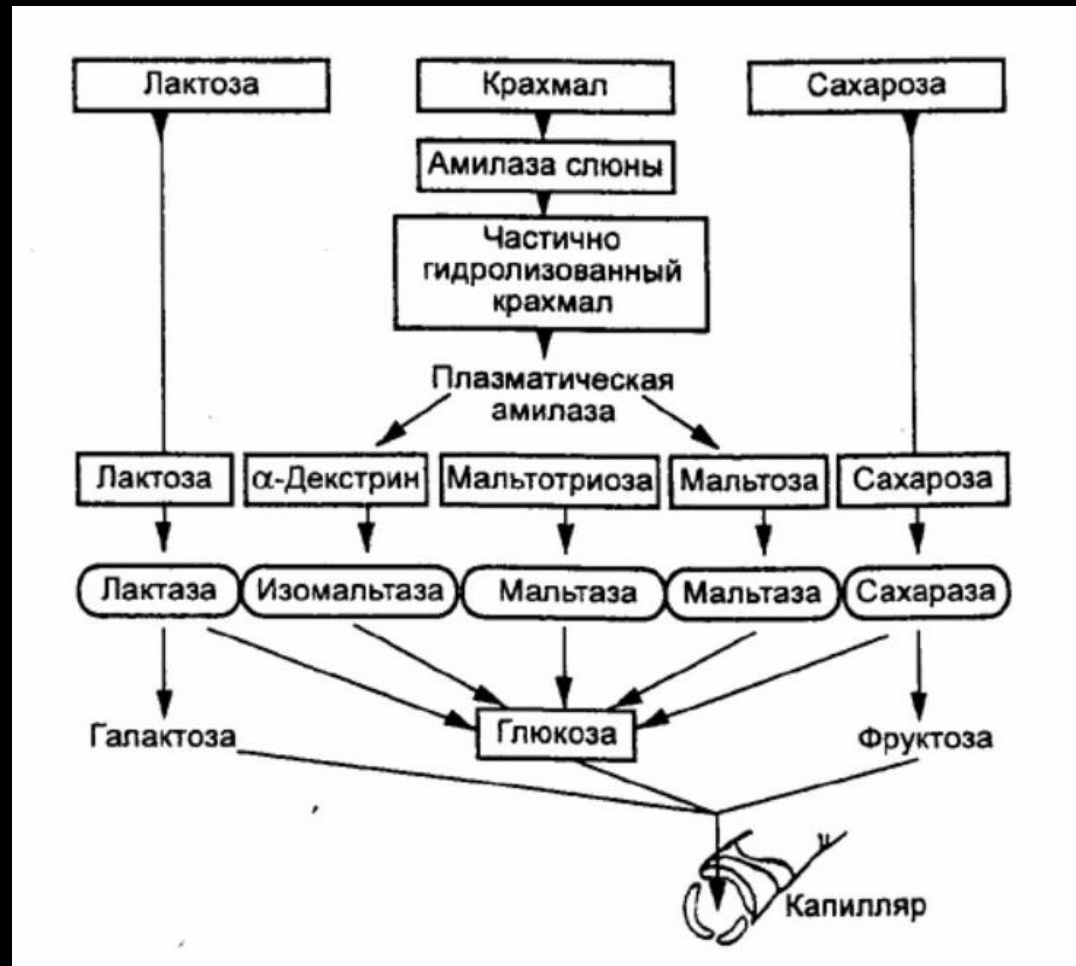
Переваривание и всасывание сахаров



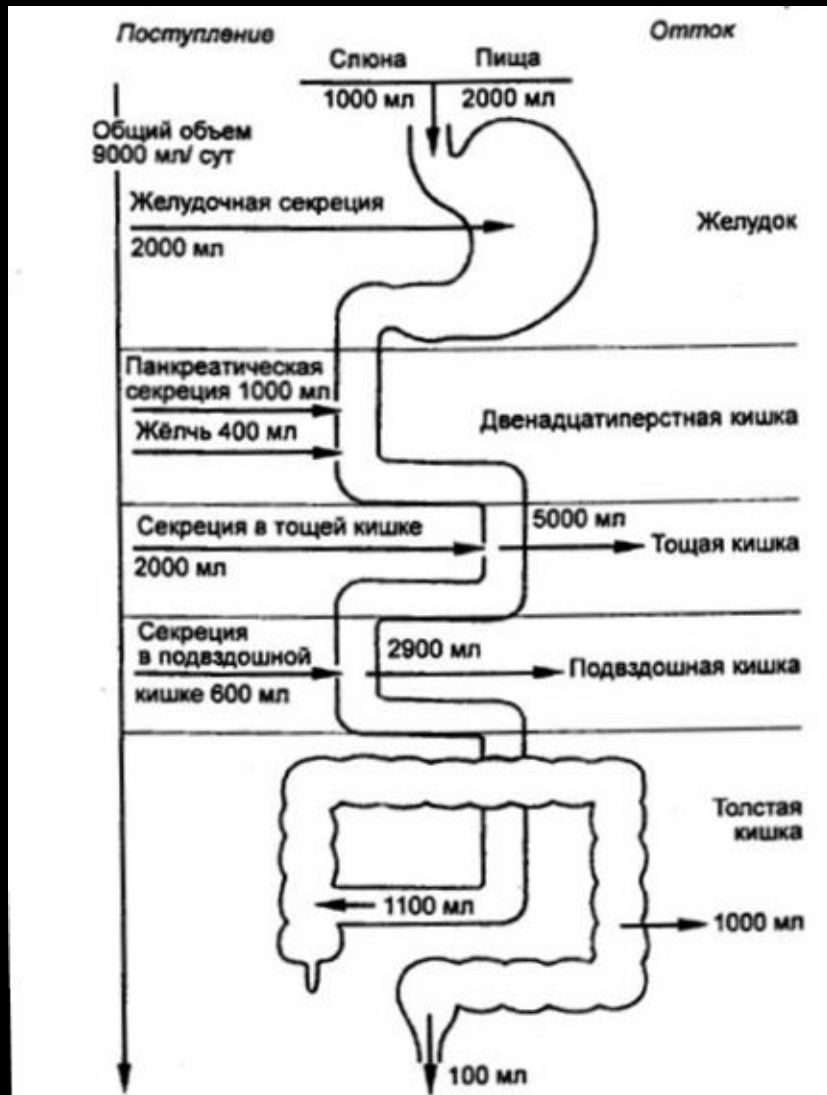
Связанные с гликокаликсом щеточной каёмки дисахаридазы расщепляют сахара до моносахаридов (главным образом, глюкозы, галактозы и фруктозы) ...



...которые всасываются энтероцитами с последующим поступлением в капилляры.



Всасывание воды



Из общего количества жидкости, поступающей в ЖКТ с пищей (2 л) и эндогенными секретами (7 л), с экскрементами выводится только 100 мл.

Механизм эксекреции воды



Гипертоничность химуса вызывает движение воды из плазмы в химус посредством осмоса.

Каёмчатые клетки крипт выделяют в просвет кишки Cl^- , что инициирует поток Na^+ , других ионов и воды в том же направлении.

Механизм всасывания воды:

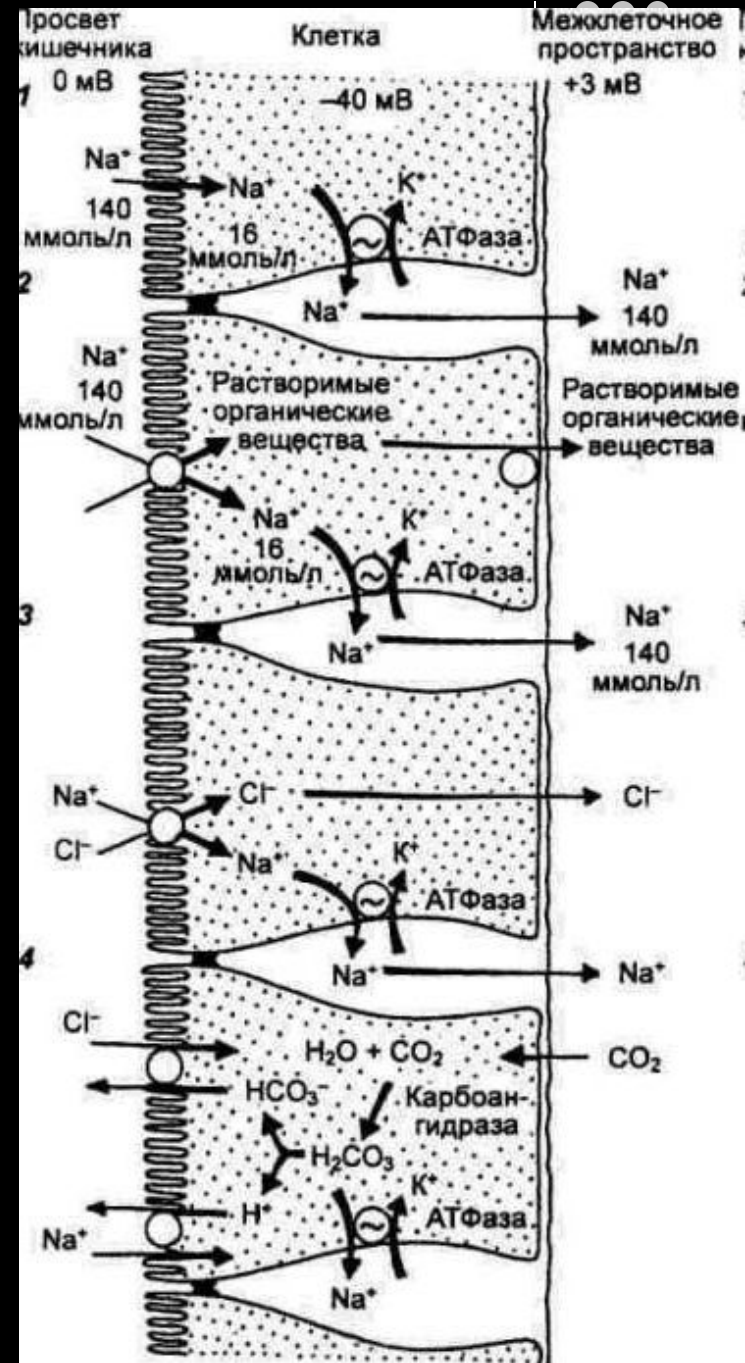


клетки ворсинок «накачивают» Na^+ в межклеточное пространство и таким образом компенсируют перемещение Na^+ и воды из внутренней среды в просвет кишечника.

Микроорганизмы, приводящие к развитию диареи, вызывают потерю воды путём угнетения процесса поглощения Na^+ клетками ворсинок и усиления гиперсекреции Cl^- клетками крипт.

Всасывание ионов

- 1) электрогенный транспорт Na^+ ,
- 2) электрогенный транспорт Na^+ , сопряженный с транспортом растворимых органических веществ (гексоз, АК, дипептидов, водорастворимых витаминов, солей желчных кислот),
- 3) электронейтральный транспорт NaCl ,
- 4) электронейтральный обмен ($\text{Na}^+ \leftrightarrow \text{H}^+$, $\text{Cl}^- \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$).

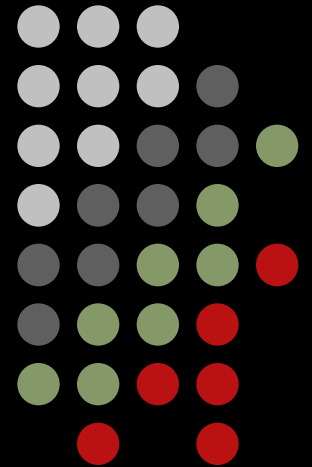


Всасывание витаминов



- Водорастворимые витамины всасываются очень быстро;
- Всасывание жирорастворимых витаминов А, D, Е и К зависит от всасывания жиров.
- Большинство витаминов всасывается в краниальных отделах тонкой кишки, за исключением витамина В₁₂ (он соединяется с внутренним фактором (белком, секретиремым в желудке) и всасывается в подвздошной кишке).

Толстый кишечник



Функции толстого кишечника



1. Поддержание водного и электролитного баланса
2. Участие в углеводном обмене
3. Окончательный ферментативный гидролиз химуса и всасывание
4. Синтез витаминов групп Е, К и В и их всасывание
5. Иммунная защита
6. Экскреция метаболитов
7. Формирование каловых масс

Сок толстой кишки



В толстом кишечнике выделяются не ферменты, а только слабощелочная водянистая жидкость, содержащая бикарбонат, калий и слизь.



Стимуляторы секреции

1. Эндогенные стимуляторы
2. Бактериальные энтеротоксины
3. Гормоны (ВИП, АДГ и др.)
4. Местные механизмы (пищевые волокна)

Всасывание в толстой кишке



Ежедневно - от 5 до 8 л жидкости.

Всасывание преимущественно в проксимальной части.

Дистальный отдел служит для накопления отходов и формирования кала.

Слизистая активно всасывает Na^+ , вместе с ним Cl^- , а с ними и воду.

Слизистая секретирует бикарбонаты (необходимые для нейтрализации кислых продуктов деятельности бактерий) в обмен на Cl^- .

Микрофлора толстого кишечника



Дистальный отдел ЖКТ является местом самого обильного размножения микроорганизмов.

Микроорганизмы, связанные со слизистой относятся к мукозной (М) микрофлоре, а локализованные в полости – к полостной (П) микрофлоре.

Соотношение между М- и П-микрофлорой динамичны и определяются многими факторами: рационом питания, временем транзита содержимого по кишечнику, генетическими факторами и др.

К внешним воздействиям М-микрофлора более устойчива, чем П-микрофлора.

Микрофлора толстого кишечника



Нормальная микрофлора толстого кишечника (эубиоз) делится на три группы:

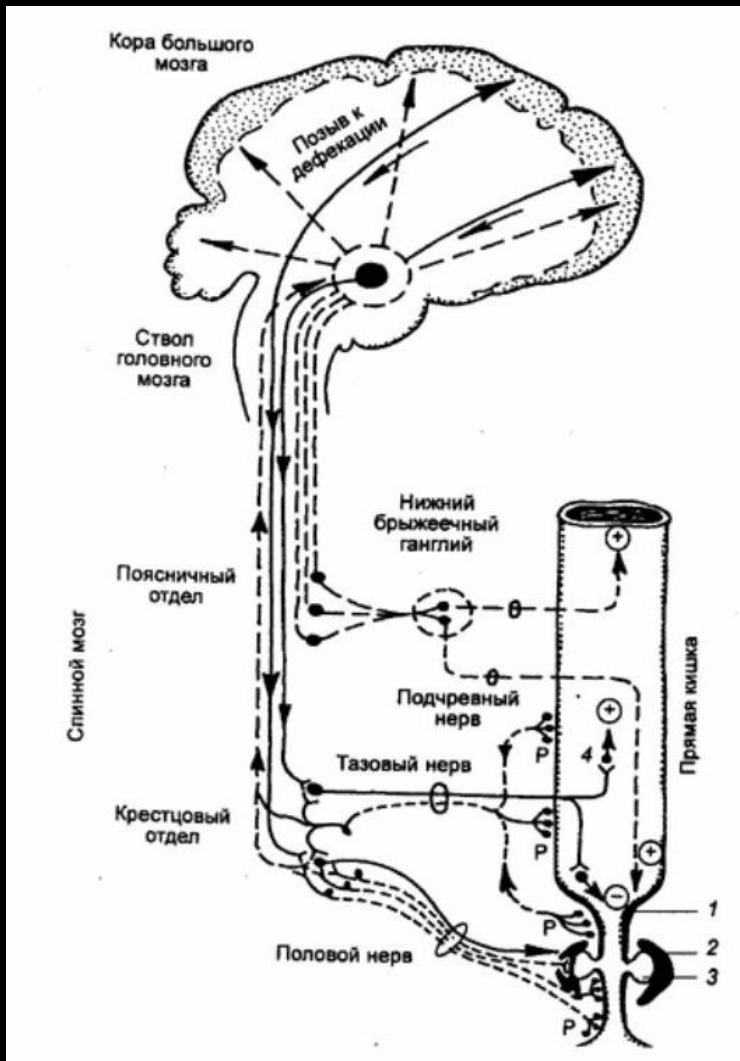
- 1-я – (главная - 90%) включает бифидобактерии и бактероиды;
- 2-я – (сопутствующая - 10%) состоит из лактобактерий, эшерихий, энтерококков;
- 3-я – (остаточная - менее 1%) включает цитробактер, энтеробактер, протеи, дрожжи, клостридии, стафилококки, аэробные бациллы и др.

Функции кишечной микрофлоры:



1. защитная функция,
2. стимуляция моторики кишки (за счет метаболизма желчных кислот),
3. инактивация тонкокишечных ферментов,
4. расщепление компонентов пищеварительных секретов,
5. синтез витаминов и др. биологических веществ,
6. участие в реализации фермент - продуцирующих функций,
7. участие в обмене белков, фосфолипидов, жирных кислот и холестерина.

Акт дефекации



P - рецепторы; 1 - внутренний сфинктер заднего прохода; 2 - наружный сфинктер заднего прохода; 3 - анальные железы; 4 - интрамуральные ганглии;

(+) - влияния, повышающие тонус мышц;

(-) - влияния, понижающие тонус мышц.

Позыв к дефекации возникает в результате растяжения прямой кишки каловыми массами.

Афферентные импульсы при этом поступают в центр дефекации, расположенный в крестцовом отделе спинного мозга.

Эфферентные импульсы через посредство парасимпатических нервных волокон воздействуют на внутренний сфинктер заднего прохода, вызывая его расслабление.

Наружный анальный сфинктер, образованный поперечнополосатыми мышцами, расслабляется произвольно.

Перистальтическими движениями кишки кал выводится наружу. Этому способствует повышение внутрибрюшного давления в результате сокращения мышц брюшной стенки.