

# ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

## Лекция 3

# Механизм секреции желчи

Желчь формируется:

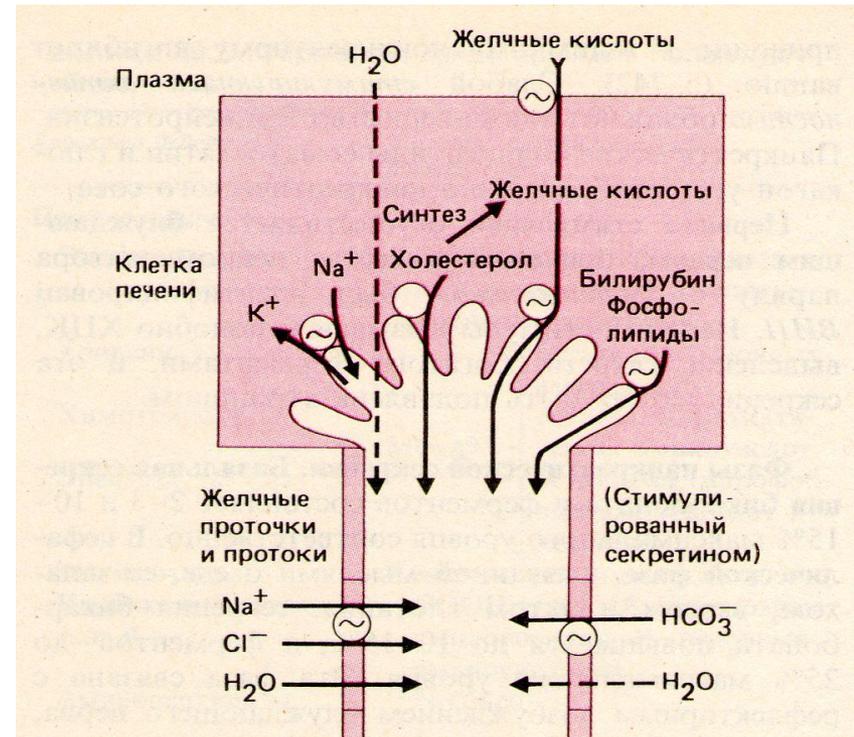
клетками печеночного  
эпителия

(гепатоцитами),

эпителиальными  
клетками желчных  
протоков, или  
дуктальными  
клетками

Ежедневно секретировается от  
600 до 1500 мл желчи.

pH печеночной желчи 7,3-8,0



Механизмы секреции желчи. Секреция, зависящая от желчных кислот, — *вверху справа*. Желчные кислоты, поглощаемые клетками печени из портальной крови или синтезированные в них заново, активно транспортируются в каналцы. Секреция, независимая от желчных кислот, — *вверху слева*. Электролиты секретируются за счет активной секреции ионов  $\text{Na}^+$ . Модификация первичной желчи (внизу): ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{HCO}_3^-$  активно секретируются в желчные протоки, а вслед за ними под действием осмотического давления выходит вода

# Хранение и выделение желчи

Желчь секретируется постоянно и накапливается в желчном пузыре в промежутках между пищеварительными циклами

Емкость желчного пузыря - 20-50 мл

pH пузырной желчи 6,0-7,0

**Выделение** желчи из желчного пузыря регулируется:

- Рефлекторно (при участии вагуса): во время цефалической и желудочной фаз пищеварения;
- Гуморально (под влиянием холецистокинина (ХЦК) – гормона ЖКТ): во время кишечной фазы пищеварения.

*После того, как химус запустит высвобождение ХЦК. ХЦК вызывает сокращение желчного пузыря и расслабление сфинктера Одди.*

# Состав желчи

**Первичные желчные кислоты (тригидроксихолевая и дигидроксихолевая)** синтезируются из холестерина и превращаются в желчные соли в гепатоцитах

**Вторичные желчные кислоты** формируются путем деконъюгации и дегидроксилирования первичных желчных солей **интестинальными бактериями** с образованием деоксихолевой и литохолевой кислот.

**Желчные пигменты. Билирубин и биливердин**, два основных желчных пигмента, являются метаболитами гемоглобина.

**Фосфолипиды** (преимущественно, **лецитины**) являются, после желчных солей, наиболее обильным органическим компонентом желчи.

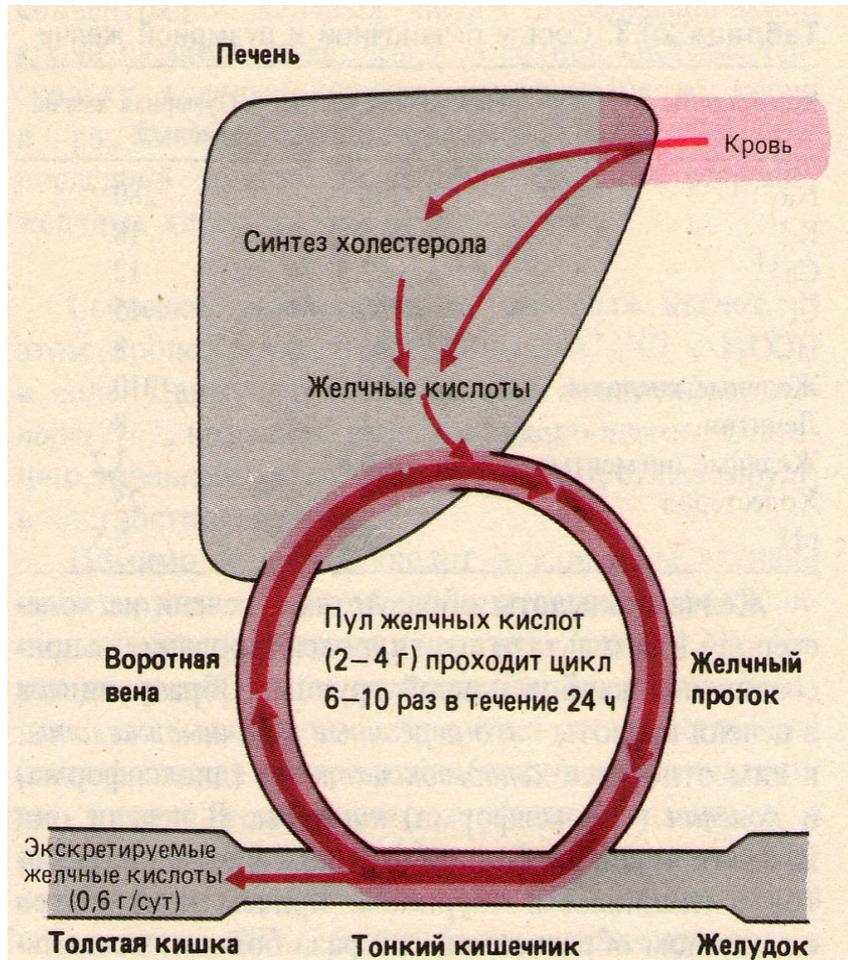
**Холестерол.** Секреция холестерина с желчью это один из немногих путей регуляции запасов холестерина.

**Электролиты.** Электролитный состав желчи такой же, как электролитный состав панкреатического сока и плазмы крови.

# Функции желчи

- Нейтрализация кислого содержимого, поступающего в 12-ти перстную кишку из желудка
- Создание оптимального рН для работы кишечных ферментов (активность липаз в присутствии желчи возрастает в 20 раз)
- Собственная ферментативная активность
- Эмульгирование жиров
- Обеспечение всасывания жиров, жирорастворимых витаминов (D, E, K), холестерина, солей кальция
- Повышение тонуса и моторики кишечника
- Стимуляция секреции самой желчи
- Бактерицидное действие
- Регуляция выделения гормонов 12-ти перстной кишки
- Участие в пристеночном пищеварении (создание условий для фиксации ферментов на щеточной каемке)

# Кишечно-печеночный круговорот – это рециркуляция желчных солей из печени в тонкий кишечник, а затем снова в печень.



- Желчные соли **поступают** из печени **в двенадцатиперстную кишку** по общему желчному протоку.
- Желчные соли активно **реабсорбируются** только в терминальных отделах **подвздошной кишки** (от 90 до 95% желчных солей).
- Для переваривания одной порции пищи требуется 4-8 г желчных солей

# Камни желчного пузыря

**Холестерол** и лецитин, которые нерастворимы в воде, поддерживаются в растворенном состоянии благодаря формированию мицелл. Когда пропорции холестерина, лецитина и солей желчных кислот нарушаются, холестерол выпадает в осадок, приводя к формированию камней. Эти камни ***не видны на рентгенограмме.***

**2) Камни из билирубината кальция** могут формироваться в результате инфекции желчевыводящих путей, которая приводит к бактериальной деконъюгации конъюгированного билирубина. Деконъюгированный билирубин, который нерастворим в желчи, осаждается, начиная процесс образования камней. Камни билирубината кальция ***видны на рентгенограмме.***

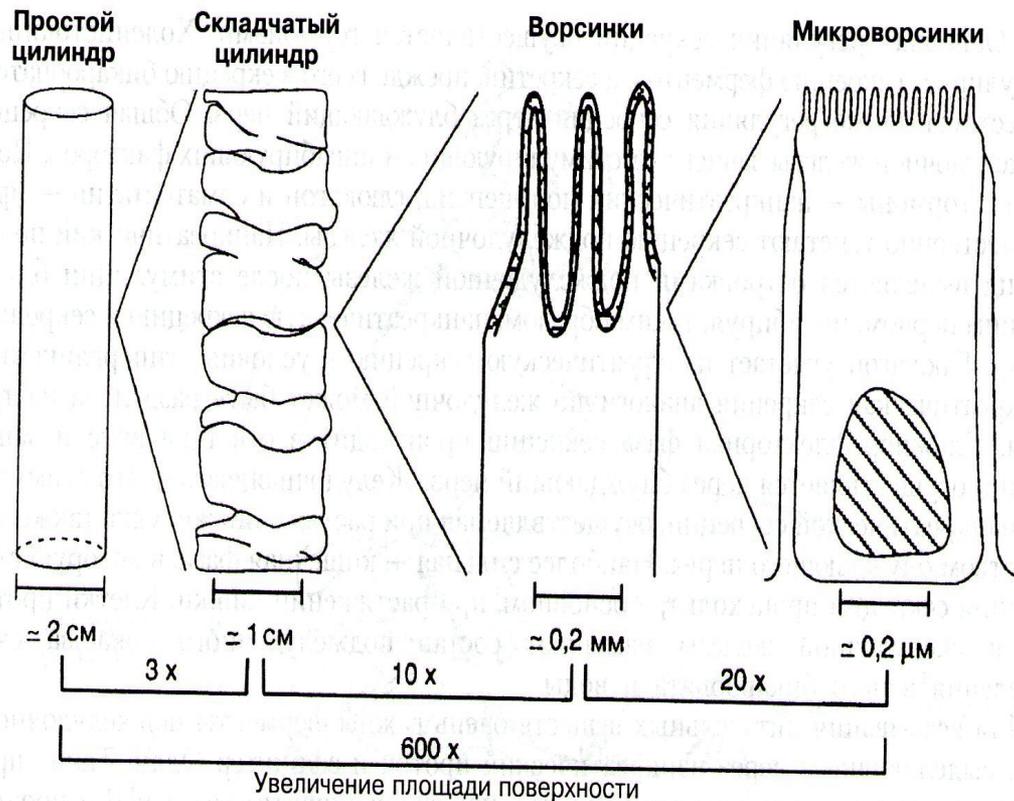
# Виды моторики тонкого кишечника

- **Ритмическая сегментация** – за счет сокращения циркулярной мускулатуры. Функция – **перемешивание** химуса с пищеварительными ферментами.
- **Маятникообразные сокращения** – в основном, за счет сокращения продольной мускулатуры (частично в эти движения вовлечена циркулярная). Функция – обеспечение **лучшего контакта** химуса со стенками кишечника.
- **Перистальтика** – координированные сокращения продольного и циркулярного мышечного слоя с целью перемещения химуса в орально-аборальном направлении.
- **Тонические сокращения** – повышение тонуса циркулярной и продольной мускулатуры. Для приведения емкости кишки в соответствие с объемом химуса и обеспечение тонуса сфинктеров
- **Антиперистальтика возможна во время рвоты**

# Моторика тонкого кишечника



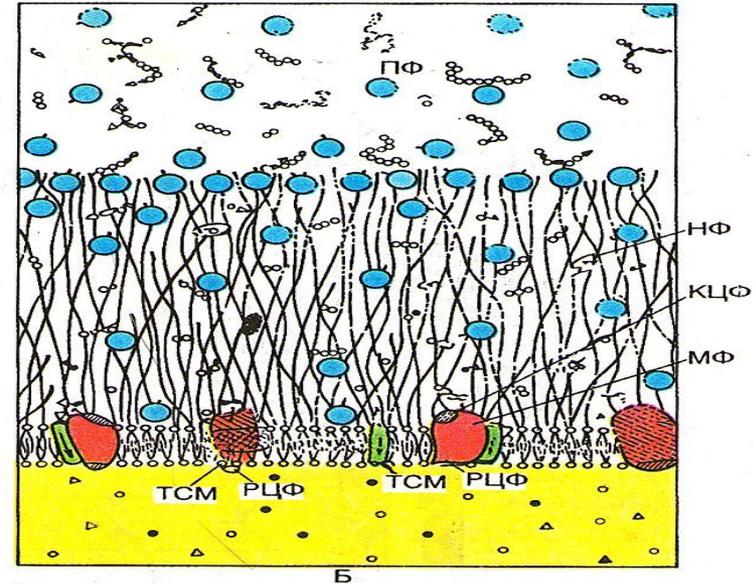
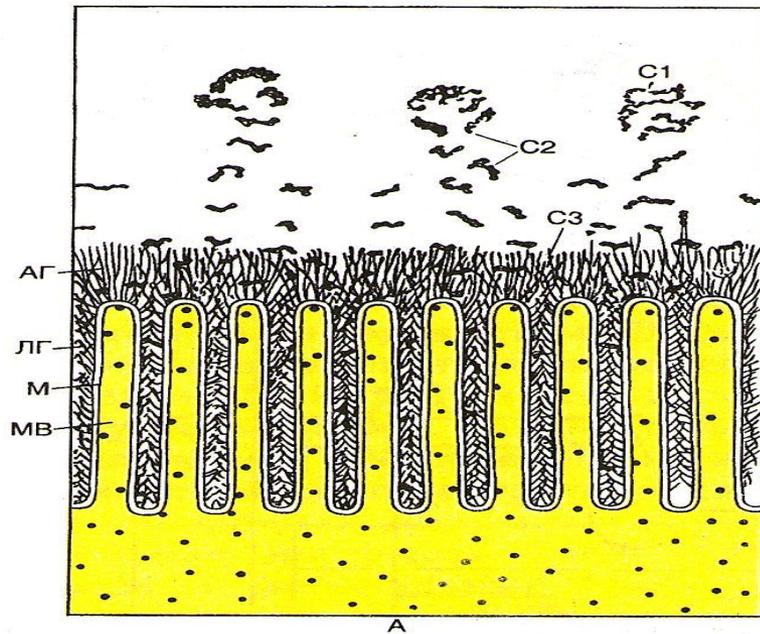
Хотя тонкий кишечник всего около 5 м в длину, площадь его всасывательной (абсорбционной) поверхности составляет более 250 м<sup>2</sup>



Увеличение площади поверхности тонкой кишки за счет складок, ворсинок и микроворсинок. Цифры показывают степень увеличения площади всасывания по сравнению с гладкой поверхностью. Складки, ворсинки и микроворсинки вместе увеличивают площадь всасывания в 600 раз.

- Огромная площадь поверхности создается:
- **складками** слизистой оболочки ;
- плотно расположенными **ворсинками**, которые устилают всю поверхность слизистой оболочки
- **микроворсинками**-выростами поверхностных мембран **энтероцитов**.
- Микроворсинки (около 1 мкм в длину и около 0,1 мкм в диаметре) формируют **щеточную каемку**

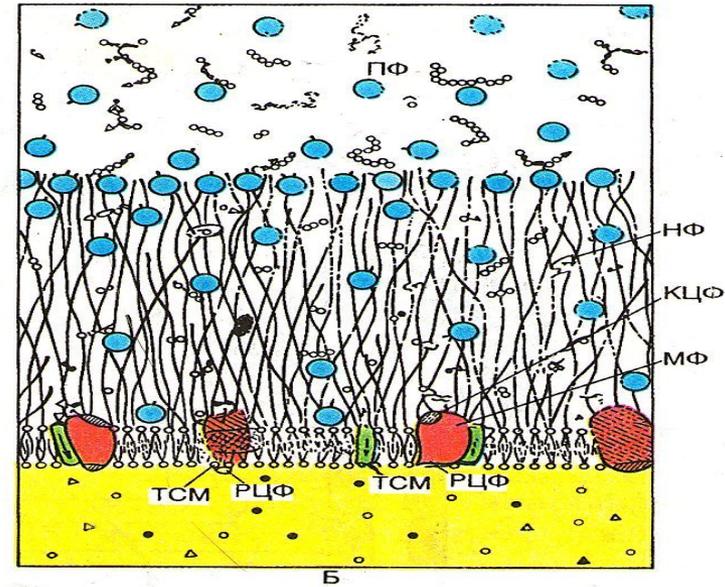
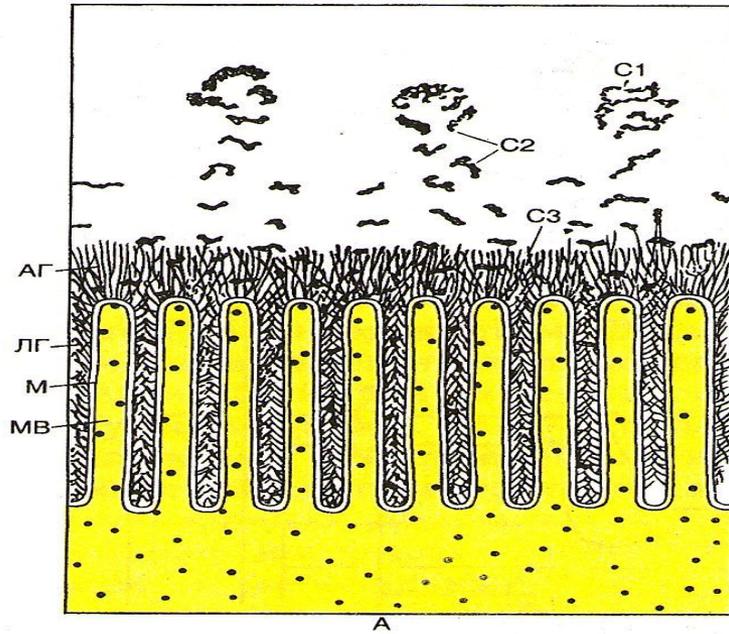
# Пристеночное пищеварение



Происходит:

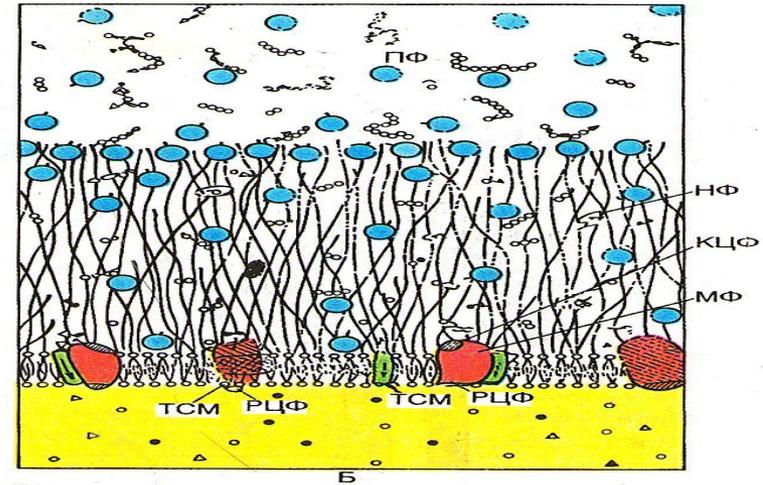
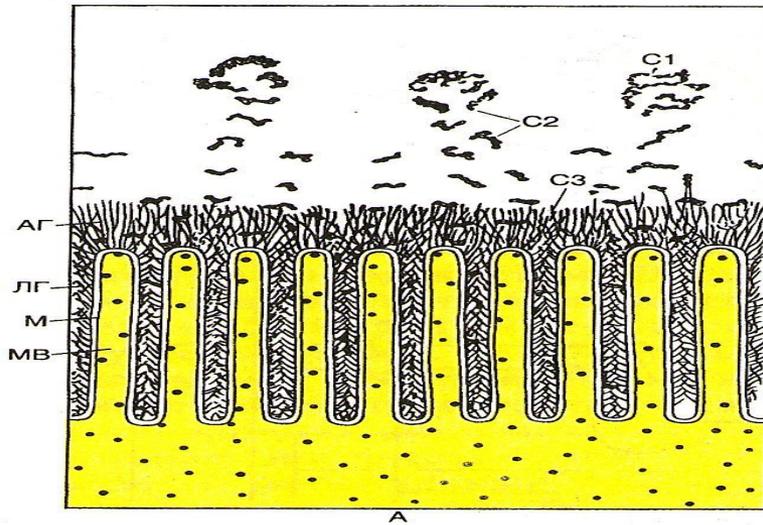
- в слое слизистых наложений, находящемся над гликокаликсом;
- в зоне гликокаликса;
- на поверхности микроворсинок.

# Слой слизистых наложений



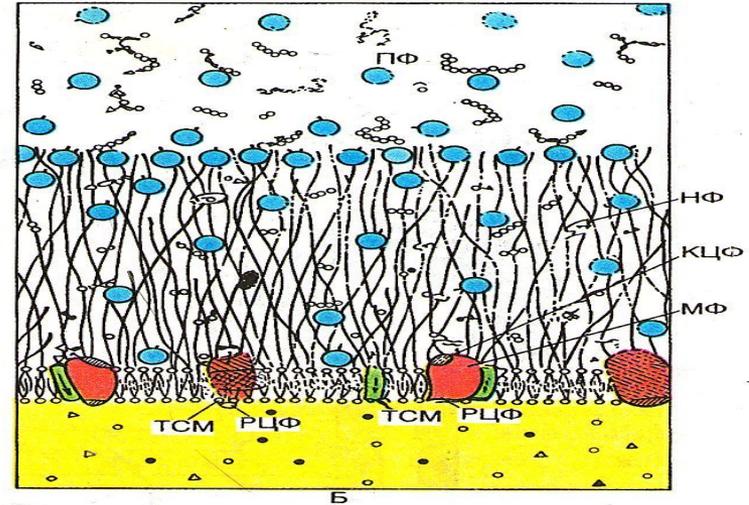
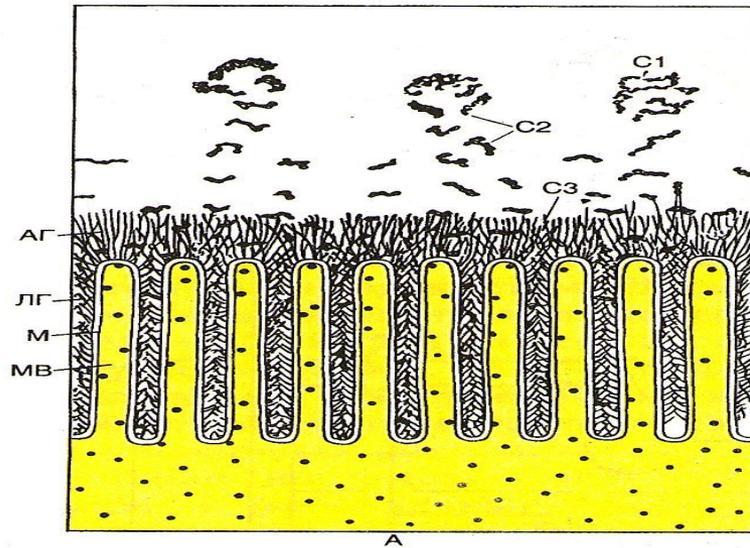
- Состоит из слизи, продуцируемой слизистой оболочкой тонкой кишки, и снушивающихся клеток кишечного эпителия
- Содержит высокие концентрации ферментов поджелудочной железы и кишечного сока

# Гликокаликс



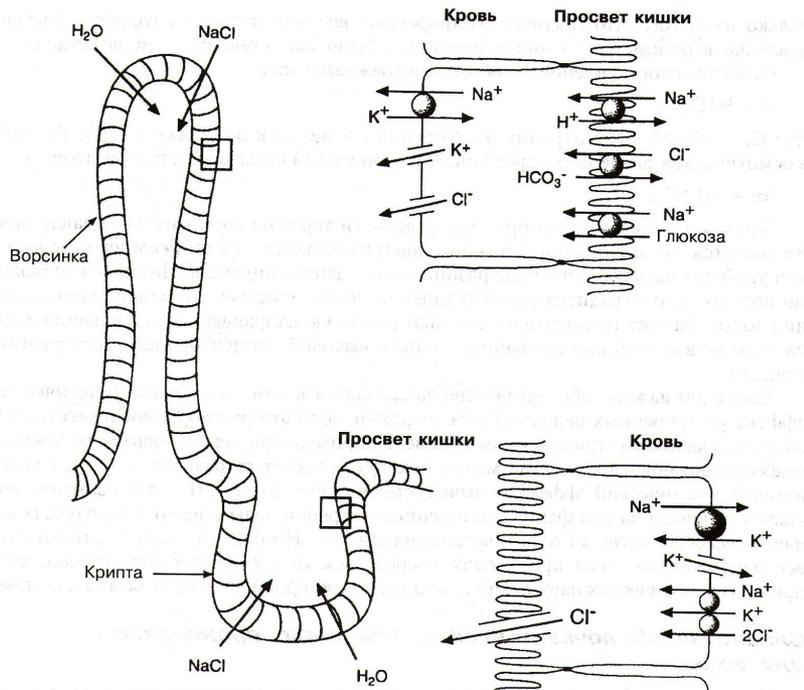
- Адсорбирует из полости тонкой кишки ферменты пищеварительных соков
- Адсорбированные ферменты осуществляют промежуточные стадии гидролиза всех основных питательных веществ
- Продукты гидролиза поступают на апикальные мембраны энтероцитов

# Поверхность энтероцитов



- В апикальные мембраны энтероцитов встроены кишечные ферменты, осуществляющие *собственное мембранное пищеварение*
- В результате образуются *мономеры, способные всасываться*
- Рядом с ферментами на мембранах расположены *белки транспортных систем - сопряжение конечного гидролиза и всасывания*

# Зонирование ворсинок



Разнонаправленный транспорт воды в области ворсинок и крипт тонкой кишки. Клетки на верхушках ворсинок преимущественно абсорбируют воду и растворимые вещества, тогда как клетки в области крипт в основном ответственны за секрецию растворимых веществ и воды

- Секреторная активность эпителиоцитов
- **максимальна – в крипте,**
- **минимальна - на вершине** кишечной ворсинки
- **В верхней части** ворсинки идет гидролиз **дипептидов,**
- **у основания - дисахаридов**

# Особенности пристеночного пищеварения

- Соразмерность поры с пищевой частицей
- Стерильность поры
- Большая всасывательная поверхность
- Высокая каталитическая способность микроворсинок (за счет их большой площади)
- Фиксация ферментов на микроворсинках
- Расположение ферментов «по фракциям», соответствующим последовательности обработки пищи
- Ориентация ферментов активным центром в просвет поры
- Полное и обязательное переваривание пищевой частицы (обеспечивается фиксацией, фракционным расположением и ориентацией ферментов)
- Повышенная концентрация ферментов в поре
- Сопряженность переваривания и всасывания: чем меньше частица, тем глубже она проникает в просвет поры, следовательно, тем ближе она расположена к всасывательной поверхности
- Связь с моторикой ЖКТ: маятникообразные движения способствуют лучшему контакту микроворсинок с пищевой частицей

# **Собственная секреция тонкого кишечника**

(рН 7,2-7,5 ,при max секреции – 8,6; 1,5-2,5 л/сут.)

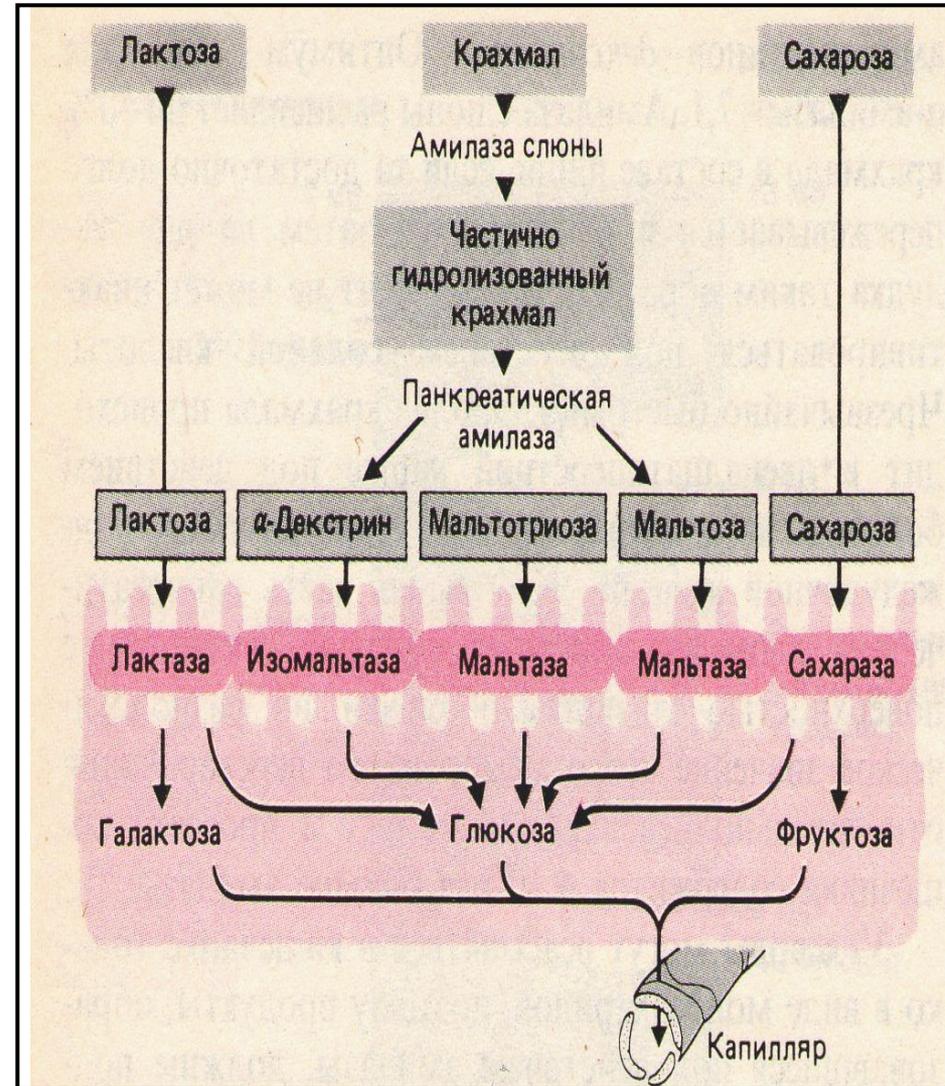
- 1. Слизь** предотвращает повреждение стенки кишечника соляной кислотой и химусом. Секретируется:
  - **Брунеровыми железами**, расположенными в двенадцатиперстной кишке;
  - **Бокаловидными клетками**, расположенными по всей длине эпителия тонкой кишки и в интестинальных криптах, которые называются **Либеркюновыми криптами (железами)**.
- 2. Ферменты**, способные разрушать низкомолекулярные пептиды и дисахариды, ассоциированы с микро-ворсинками эпителиальных клеток, выстилающих кишечник. Эти ферменты не секретируются в просвет кишечника, но они способны переваривать мелкие пептиды и дисахариды во время процесса всасывания.
- 3. Вода и электролиты** секретируется всеми эпителиальными клетками кишечника.

# Переваривание и всасывание углеводов.

- В рационе человека - три полисахарида : сахароза, лактоза и крахмал (**амилоза и амилопектин**).
- **Целлюлоза** в больших количествах присутствует в питании человека, но в **человеческом желудочно-кишечном тракте нет ферментов, способных ее переваривать.**
- Ежедневно человек потребляет 250-800 г углеводов, что составляет 50-60% диеты.
- Почти все углеводы перевариваются в **тонком кишечнике.**
- **Всасываются только моносахариды.**

# Переваривание и всасывание углеводов

- Переваривание крахмала начинается еще в ротовой полости (альфа-амилазой слюны)
  - Панкреатическая **альфа-амилаза** переваривает углеводы до различных **олигосахаридов**.
- 1) Олигосахариды перевариваются до моносахаридов **ферментами щеточной каемки**, такими как **мальтаза, лактаза и сахараза**.
  - 2) Конечными продуктами переваривания углеводов являются **фруктоза, глюкоза и галактоза**.



# Переваривание и всасывание белков

Ежедневная потребность взрослого человека в белках составляет 0,5-0,7 г /кг веса. Для детей 1-3-х лет она составляет 4 г/кг веса.

**Источники протеина.** Протеин, который находится в кишечнике, поступает из двух источников:

- (1) **Эндогенный протеин** (30-40 г/день) – белковые включения пищеварительных секретов и белковые вещества десквамированных клеток.
- (2) **Экзогенный протеин** (75-100 г/день) – белок поступающий с пищей

# Ферменты для переваривания белка

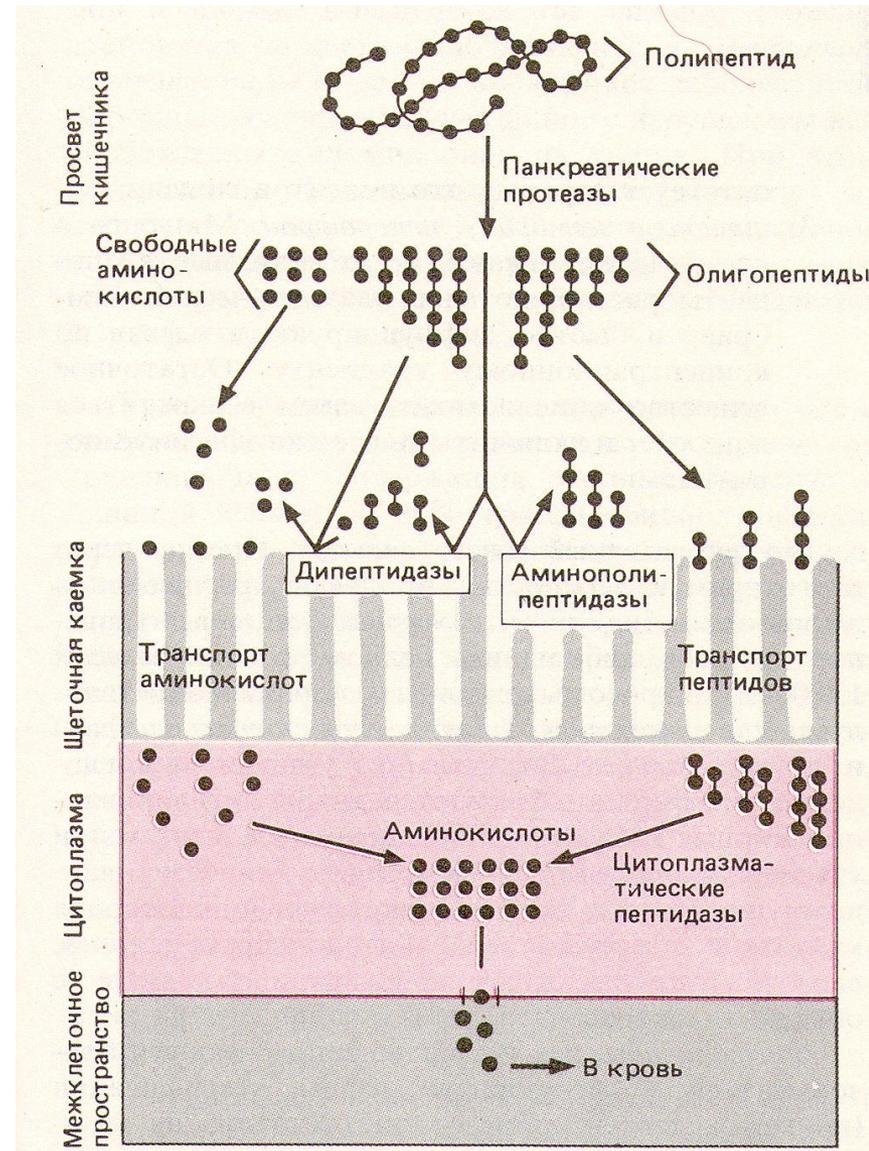
- 1) **Около 10-15% белка**, поступающего в ЖКТ, переваривается **желудочным пепсином**, который секретруется главными клетками.
- 2) **Панкреатические протеазы** :
  - 1-й этап: **трипсин, химотрипсин, эластаза;**
  - 2-й этап: **карбоксипептидазы А и В**

**Активаторы пептидаз:**

  - а) Энтерокиназа** (секретруется в двенадцатиперстной и тощей кишке) переводит неактивный трипсиноген в активный трипсин.
  - б) Трипсин** автокатализирует превращение трипсиногена в трипсин, а также активирует другие протеазы.
- 3) **Пептидазы сока тонкого кишечника** превращают непереваренные протеины в мелкие полипептиды и аминокислоты.

# Всасывание полипептидов и аминокислот

- Аминокислоты (АК) и полипептиды поступают в энтероцит **вторично активным транспортом** (вместе с  $\text{Na}^+$ )
- В энтероцитах некоторые полипептиды **перевариваются** до аминокислот.
- Аминокислоты и оставшиеся полипептиды **переносятся** через **базолатеральную мембрану энтероцита** облегченной диффузией. Затем они **поступают в капилляры ворсинок** посредством простой диффузии.



# Переваривание и всасывание жиров

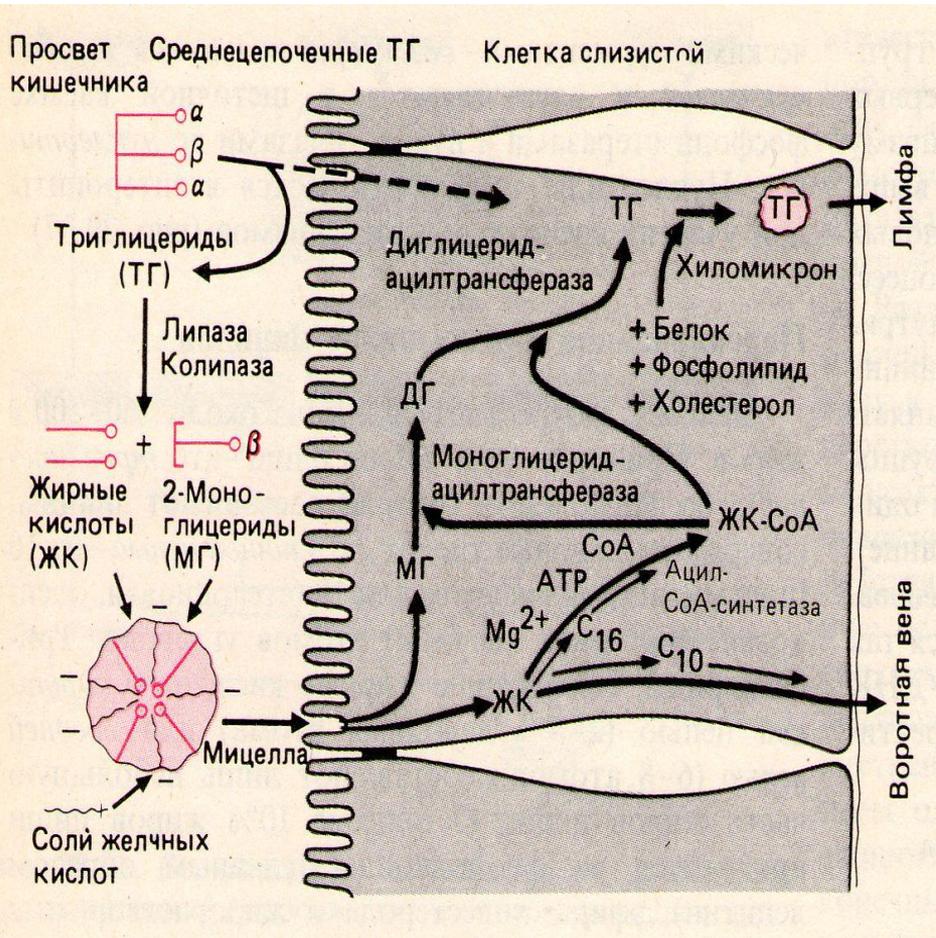
Ежедневное потребление жира - от 25 до 160 г.

## Панкреатические липазы:

- a) **Панкреатическая липаза** отщепляет жирные кислоты от 1 и 1' – положения триглицеридов, оставляя 2-моноглицерид.
- b) **Холестерол-эстераза** отщепляет жирную кислоту от эфиров холестерина, оставляя свободный холестерол.

**Фосфолипаза A2** отщепляет жирные кислоты от фосфолипидов, таких как фосфотидил-холин.

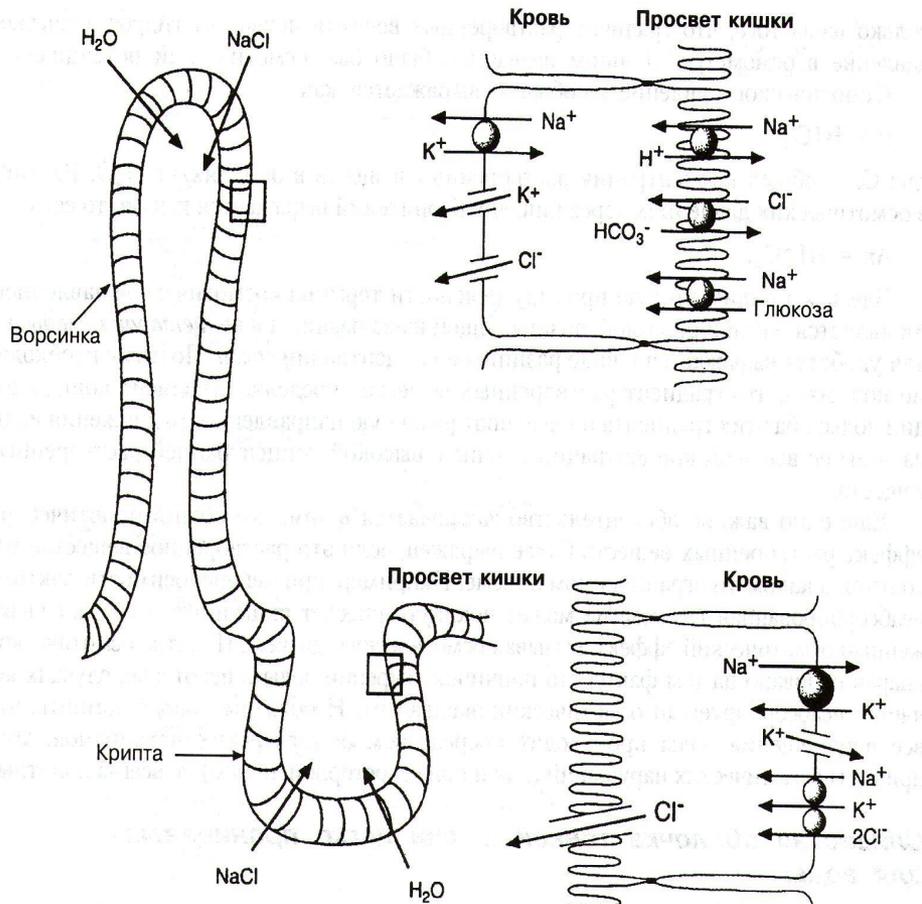
# Переваривание и всасывание липидов



- Эмульгирование липидов.
  - Переваривание жиров панкреатическими липазами
  - Формирование мицелл.
- Мицеллы** – это маленькие (около 5 нм в диаметре) агрегаты, содержащие 20-30 молекул липидов и желчные соли.
- Диффузия липидов из мицелл в энтероциты через мембрану микроворсинок.
  - Попадание липидов в гладкий эндоплазматический ретикулум, где они реконструируются.
  - Вновь сформированные липиды собираются в **хиломикроны**. Хиломикроны - маленькие липидные капельки около 1 нм в диаметре, окруженные **белком бета-липопротеином**.
  - Хиломикроны выводятся из клетки путем экзоцитоза.

# Всасывание воды в тонком кишечнике

- Вода транспортируется по осмотическому градиенту



- На **верхушках ворсинок**, где происходит интенсивное всасывание, вода преимущественно **реабсорбируется**

- В области **крипт**, где происходит секреция, вода **выделяется в просвет кишечника**

Разнонаправленный транспорт воды в области ворсинок и крипт тонкой кишки. Клетки на верхушках ворсинок преимущественно абсорбируют воду и растворимые вещества, тогда как клетки в области крипт в основном ответственны за секрецию растворимых веществ и воды

# Моторика толстого кишечника

1. **Ритмическая сегментация** – характерна только для проксимальных отделов толстой кишки, происходит там, где химус еще жидкий (не каловые массы).
2. **Маятникообразные сокращения** – в целом характерны для толстого кишечника. Различают: малые и большие маятникообразные движения.
3. **Перистальтика** в толстом кишечнике осуществляется в форме **волн гаустрации и масс-сокращений**.
4. **Антиперистальтика**
5. **Тонические сокращения**

# **Сок толстой кишки**

(рН 8,5-9,0; 0,05-0,06 л/сут)

- **Плотная компонента:**

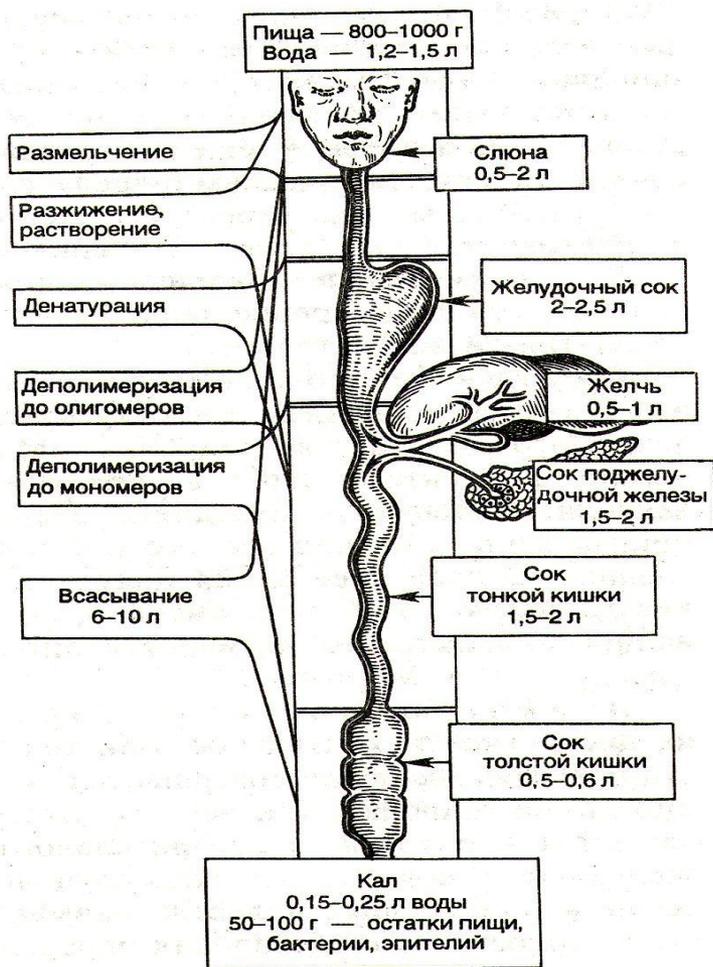
слущенные энтероциты, лимфоидные клетки, слизь

**Жидкая компонента:**

электролиты;

ферменты: пептидазы, липаза, нуклеаза, катепсины, щелочная фосфатаза

# Всасывание воды



- В тонкий кишечник поступает 8-10 литров воды в день
- Максимальная способность всасывания воды в толстом кишечнике 2 – 3 литра воды в день

При нарушении всасывания воды в тонкой кишке возникает тяжелая диарея.

# Всасывание и секреция электролитов

- **Na<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup>** . В толстом кишечнике всасывается большая часть **Na<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup>**, не всосавшихся в тонком кишечнике.
- **Калий секретирруется в толстой кишке.** В конечном отделе толстого кишечника его концентрация повышается по сравнению с содержанием этого иона в подвздошной кишке (с 9 мЭкв/л до 75 мЭкв/л).
- **Альдостерон.**

**В толстом кишечнике обмен натрия и калия контролируется гормоном альдостероном** (в тонком –не регулируется).

Альдостерон позволяет всасывать весь натрий, содержащийся в каловой жидкости, однако при этом теряется значительное количество калия.

## Особенность всасывания в прямой кишке:

- Происходит в обход воротной системы печени
- При задержке каловых масс всасыванию подвергаются биологически активные и токсические продукты жизнедеятельности бактерий: кадаверин, октамин, терамин, пиперидин, диметиламин, гистамин

# Микрофлора толстого кишечника

- **Главная группа микроорганизмов (90%):** бифидобактерии и бактероиды
- **Сопутствующая микрофлора (около 10%):** лактобактерии, эшерихии, энтерококки
- **Остаточная микрофлора (менее 1%):** цитробактер, энтеробактер, протей, дрожжи, клостридии, стафилококки, аэробные бациллы

По местообитанию микроорганизмы кишечника делятся на две группы :

**М-микрофлора  
(мукозная)**

- Связана со слизистой оболочкой кишечника
- Более устойчива к внешним воздействиям

**П-микрофлора  
(полостная)**

- Микроорганизмы, обитающие в полости кишки
- Менее устойчива к внешним воздействиям

# Функции микрофлоры толстого кишечника:

- Создание иммунологического барьера для болезнетворных микроорганизмов
- Подавление развития патогенной микрофлоры за счет:

*утилизации ресурсов, пригодных для жизни микроорганизмов,*

*выделения веществ, препятствующих росту патогенной микрофлоры*

- Конечное разложение компонентов пищеварительных секретов
- Конечное разложение непереваренных остатков пищи
- Синтез собственных ферментов
- Синтез витаминов К и В
- Синтез биологически активных веществ