

# Переваривание и всасывание в тонком и толстом кишечнике. Роль поджелудочной железы и печени.

Апрель 2021  
проф. С.Л.  
Совершаева

## 1. Переваривание и всасывание в тонком кишечнике

- строение, секреция и моторика тонкого кишечника,
- роль поджелудочной железы и печени в пищеварении,
- переваривание и всасывание отдельных нутриентов: углеводов, белков, жиров

## 2. Переваривание и всасывание в толстом кишечнике

- строение, функция толстого кишечника,
- секреторная функция толстого кишечника,
- моторная функция толстого кишечника,
- роль микрофлоры толстого кишечника,

## 3. Дефекация



# **1. Переваривание и всасывание в тонком кишечнике**

- строение, секреция и моторика тонкого кишечника,**
- роль поджелудочной железы и печени в пищеварении,**
- переваривание и всасывание отдельных нутриентов: углеводов, белков, жиров**

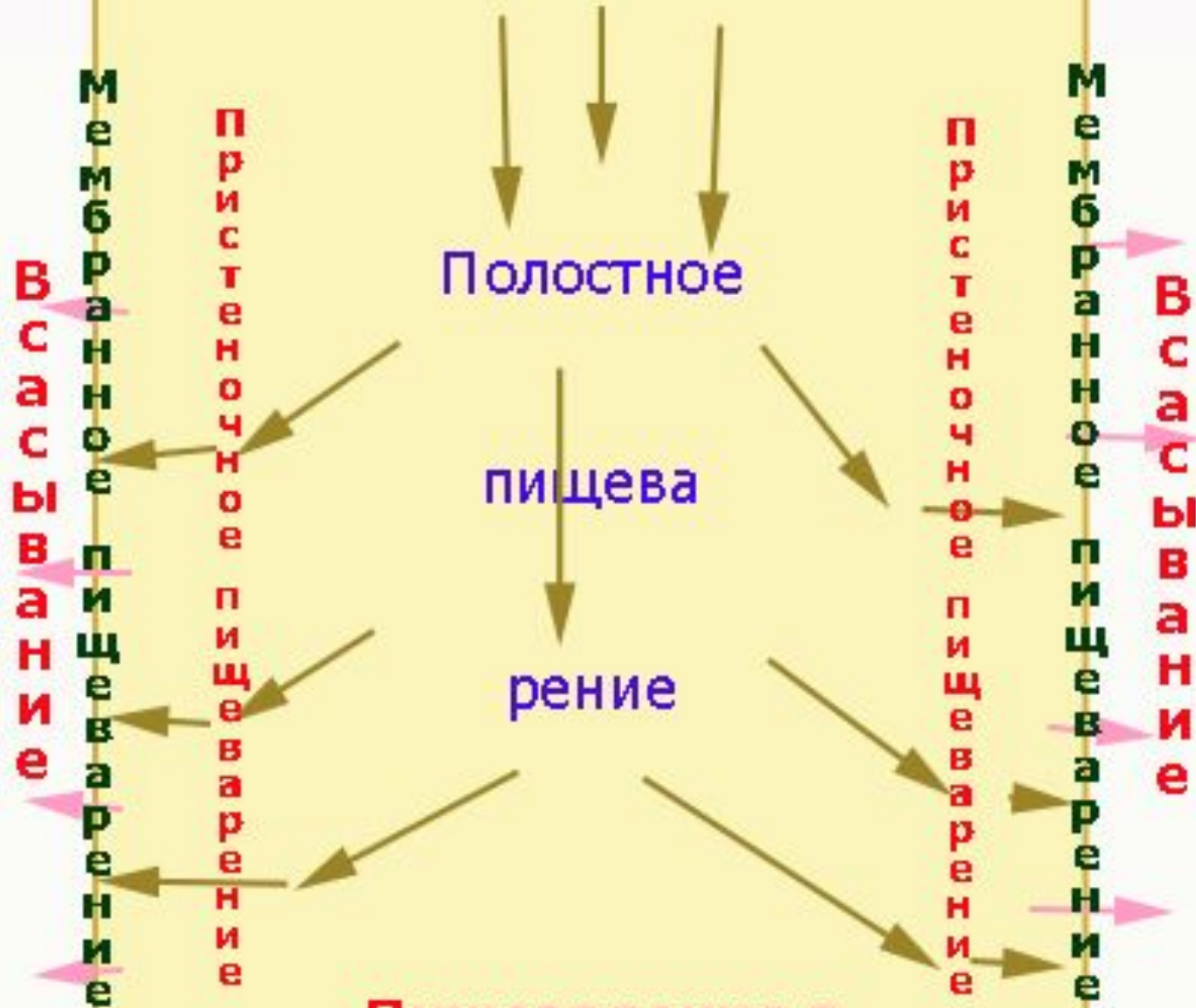
# Тонкий кишечник – главное

место переваривания и всасывания, состоит из

- двенадцатиперстной кишки,
- тощей кишки,
- подвздошной кишки.



- транзит химуса по тонкому кишечнику  $\approx$  2-4 часа
- переваривание при участии
  - ферментов гликокаликса, поджелудочной железы, желчи печени
- всасывание:
  - нутриенты, вода, электролиты и минералы
- иннервация
  - АНС – модулирует энтеральную НС

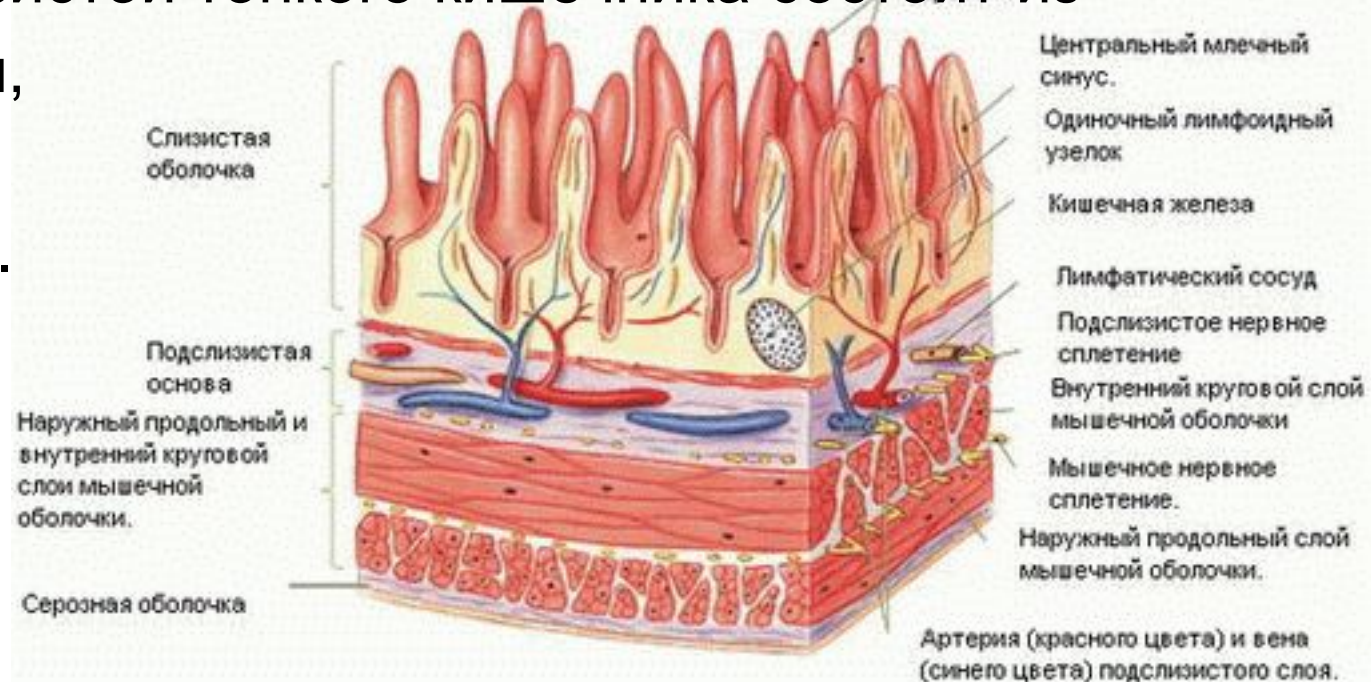


**Пищеварение в тонком кишечнике**



# Поверхность слизистой тонкого кишечника состоит из

- ямок слизистой,
- ворсинок,
- микроворсинок.

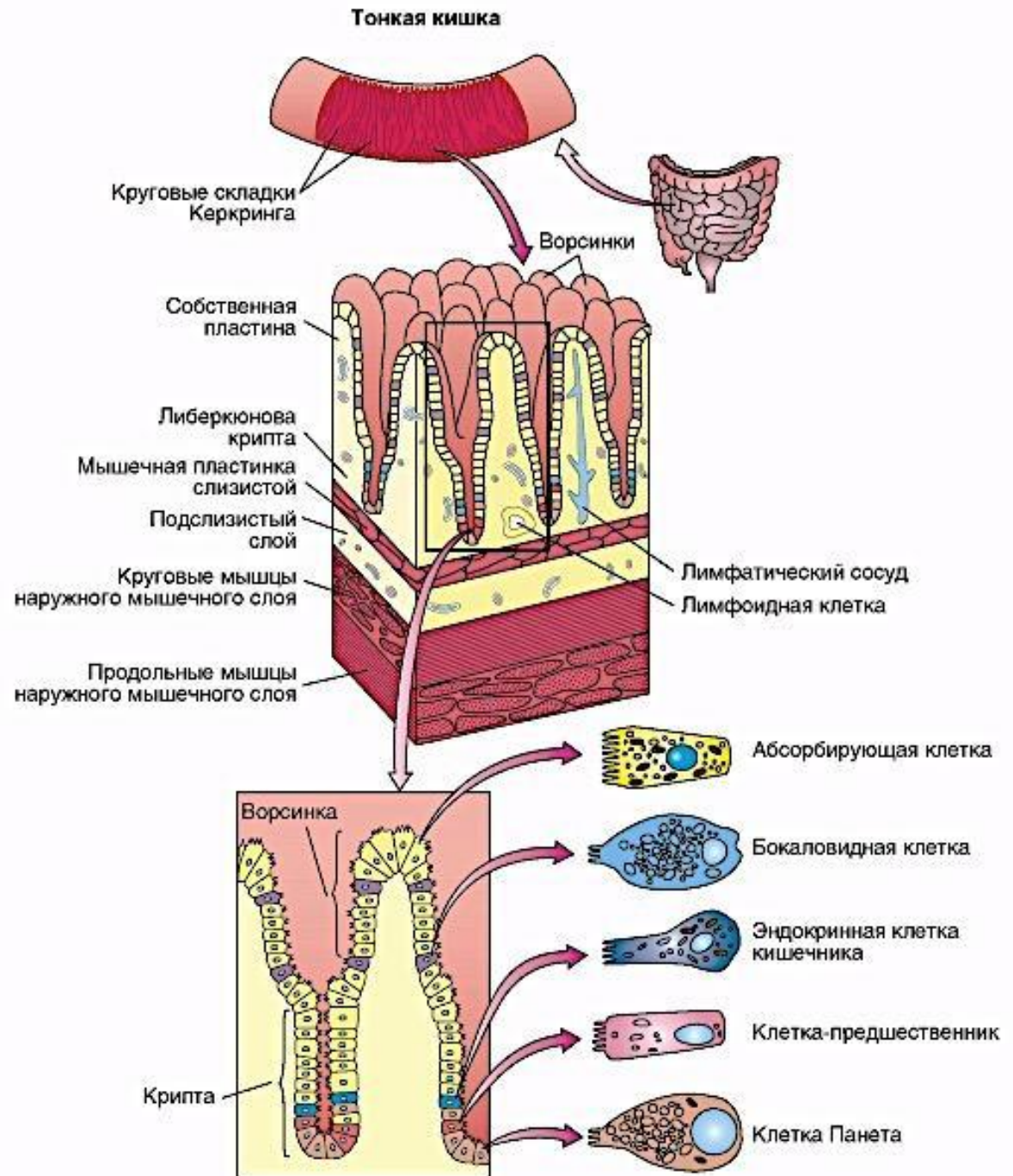


Всасывание - на верхушках, а секреция - в криптах ворсинок

– эффективность абсорбции растет благодаря:

- большой длине;
- складчатости слизистой,
- наличию ворсинок и микроворсинок (*щеточная кайма*)
  - крипты – место рождения новых клеток, мигрирующих по латеральной поверхности ворсинки к верхушке.

# Морфогистологическое строение ворсинки и крипты тонкого кишечника



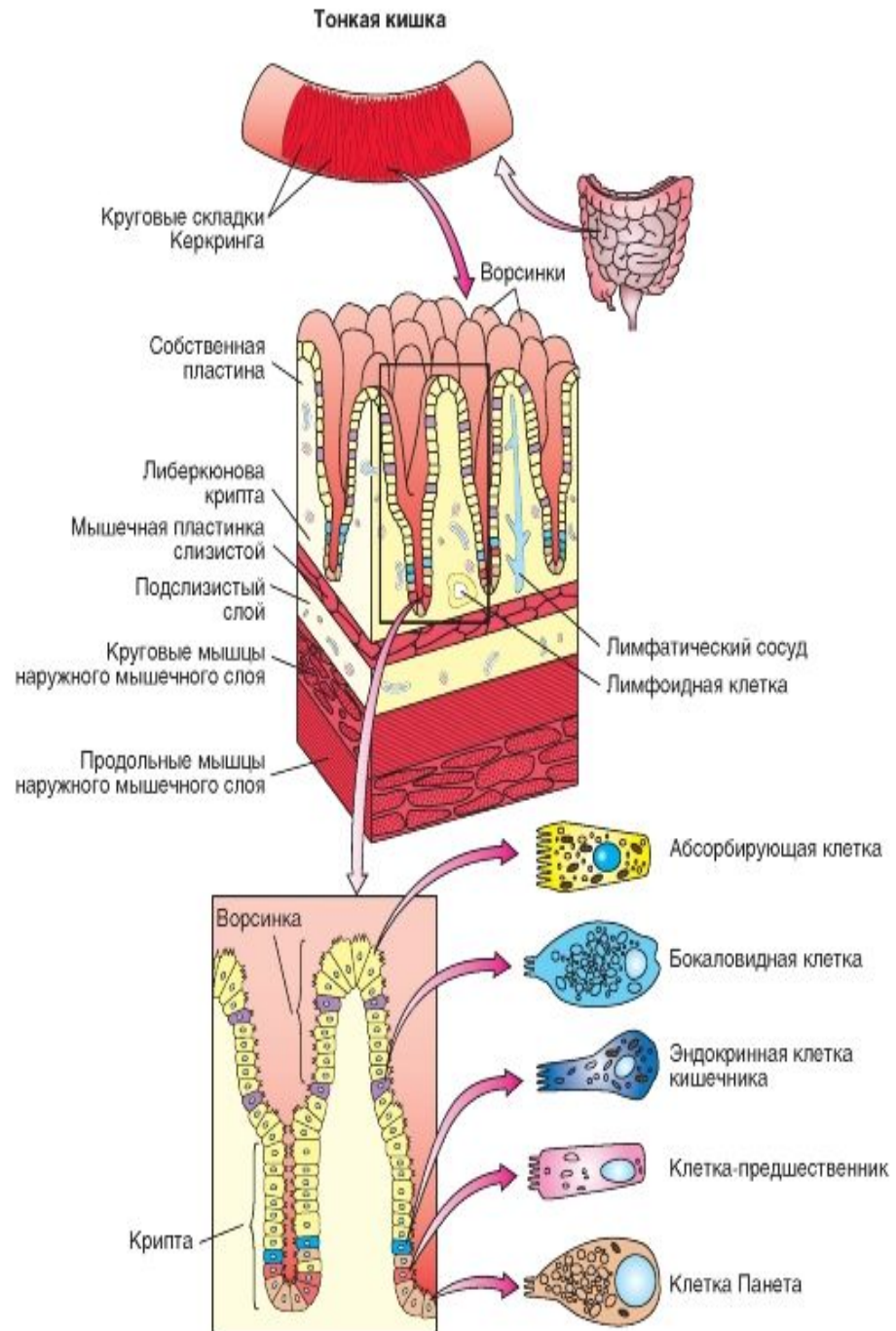
# В кишечных железах присутствуют

## 1. Цилиндрические клетки (недифференцированные) в криптах:

- а) мигрируют вдоль ворсинок
- б) обладают функцией абсорбции,
- с) продуцируют энзимы - локализованы в щеточной кайме.

## 2. Клетки бокаловидные (goblet cells) – защитная функция

- а) продуцируют слизь в крипты,
- в) миграция слизи в просвете крипты: продвижение химуса участие в переваривании





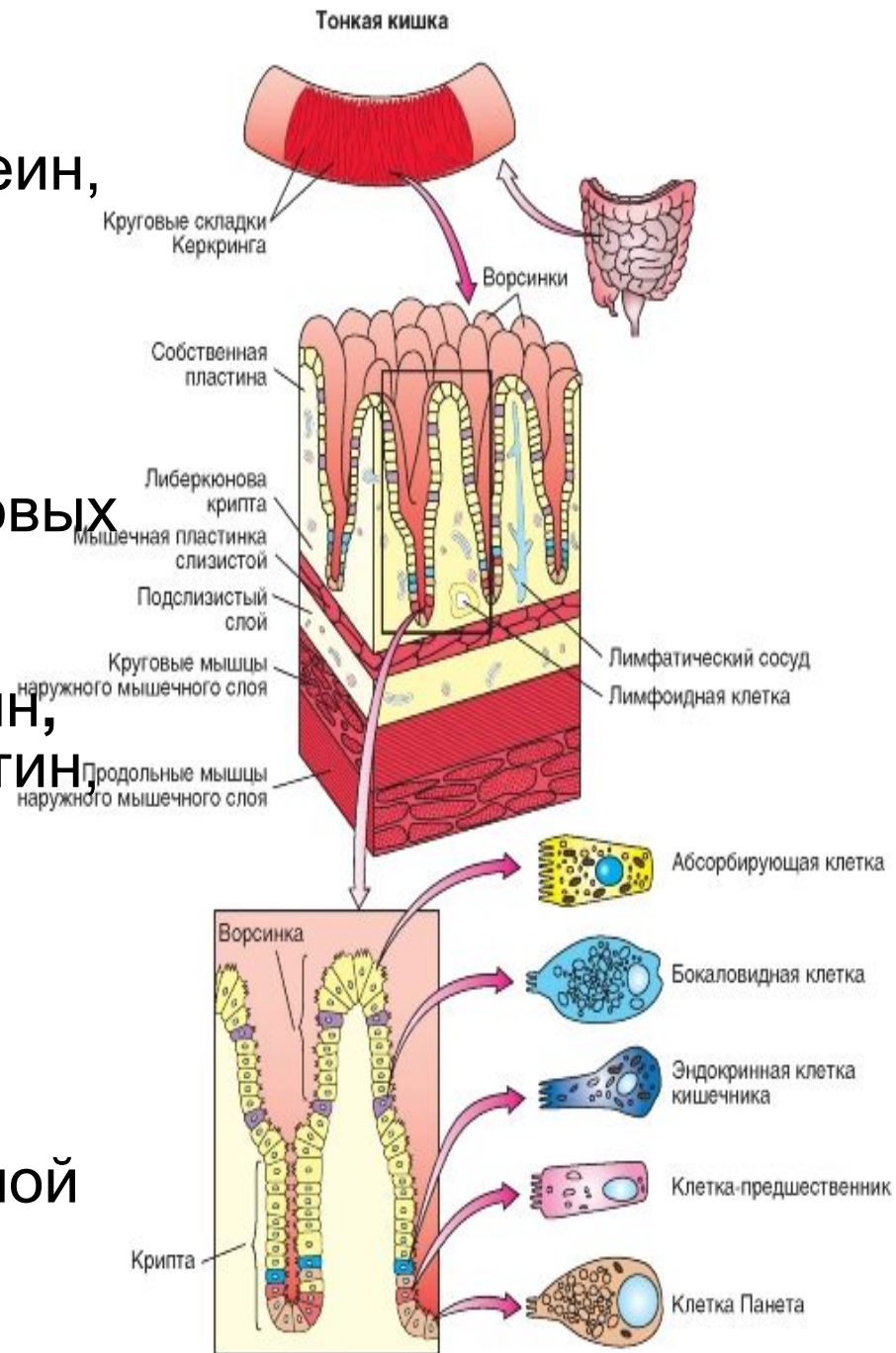
### 3. Клетки Панета:

- а) ограничивают крипты,
- в) секретируют гликопротеин,
- с) антибактериальная функция  
(дефензины, лизоцим, фосфолипаза A2),
- д) регуляция роста стволовых клеток

### 4. Большое количество эндокринных клеток (гастрин, секретин, ХК-ПЗ, грелин, лептин, ГИП)

### Кругооборот энтероцитов

- 50 –200 г слизистой ЖКТ ежедневно обновляется,
- макс. скорость - в подвздошной кишке (5 –7 дней).



## **Экзокринная функция тонкого кишечника – продукция кишечного сока**

- кишечный сок состоит из
  - слизи, ферментов, бикарбонатов,
- это жидкость, продуцируемая двумя типами желез:
  - дуоденальные (Бруннеровы) железы находятся в подслизистом слое:
  - кишечные железы – по всему кишечнику,
  - поверхностные клетки – секретируют слизь.

## **Эндокринная функция кишечника**

- холецистокинин
- секретин
- ЖИП
- глюкагоноподобный пептид -1
- и др.

# Регуляция кишечной секреции

- **местные механизмы (главные!!!)**
  - продукты гидролиза → стимуляция секреции
- **ПНС (n. vagus)**
  - стимулирует секрецию ферментов тонкой кишкой, но...
  - не влияет на количество отделяемого сока,
- **СНС** – угнетает кишечную секрецию.
- **Гуморальная регуляция**
  - стимулируют секрецию
    - ЖК-ПЗ, мотилин, ЖИП, ВИП, секретин (?),
    - глюкокортикоиды
  - тормозит секрецию - соматостатин

**Моторика тонкой кишки** - определяет длительность задержки химуса в каждом ее отделе,

- сокращения – на основе автоматии ГМК,

- ПНС:

  - расслабление – опосредовано нейромедиаторами: оксид азота и VIP;

  - сокращение – АХ и в-во Р

1) Моторика в пищеварительный период

2) Моторика в межпищеварительный период



# 1. Виды сокращений тонкой кишки во время пищеварения

- **перистальтические сокращения** – пропульсия химуса дистально
  - волна сокращений циркулярных мышц, со скоростью 1—2 см/с
- **ритмическая сегментация** – перемешивание химуса
  - одновр. сокращения циркулярных мышц в соседних участках
- **маятникообразные сокращения** – перемешивание химуса
  - ритмические сокращ. продольных мышц при участии циркул-х

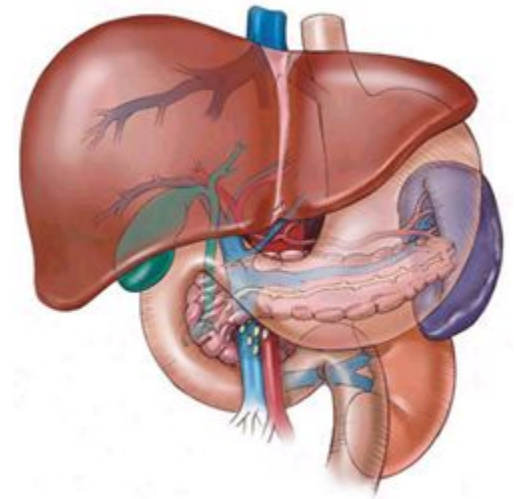
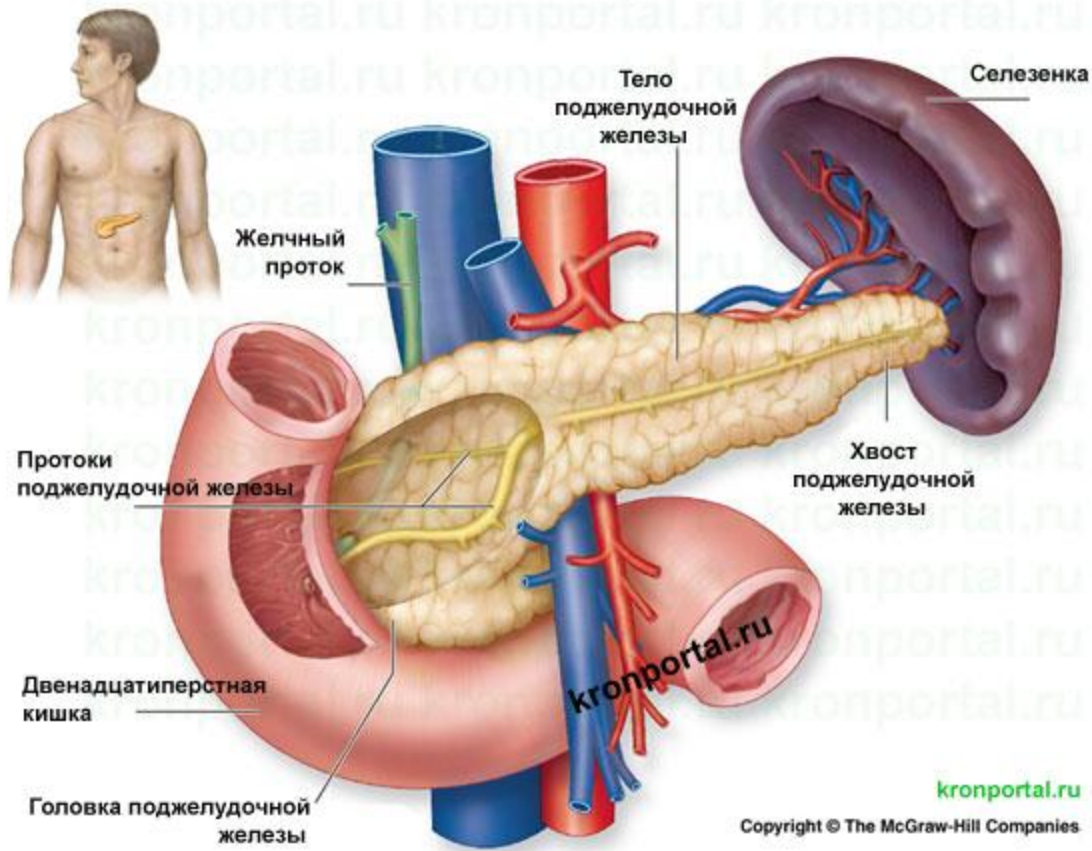
## 2. Межпищеварительная (голодная) моторика – (мигрирующий миозлектрический комплекс, ММК из желудка/пищевода)

- интервалы активности - 90-120 минут,
- стимулирует ММК – **мотилин** из кишечника,
- ММК способствует освобождению кишечника от
  - бактерий,
  - переваренных остатков пищи,
  - десквамированных клеток,
  - секретов
- прием пищи – прерывает ММК и
  - инициирует пищеварительный паттерн моторики,
- физиологические механизмы переключения голодной моторики на пищеварительную неизвестны, но...
  - инфузия нейротензина, ЖИП ассоциирована с угнетением ММК у человека.

# Илеоцекальный сфинктер

- пропускает химус из подвздошной кишки в слепую,
- не допускает попадания обсеменённого бактериями содержимого толстой кишки в тонкую,
- вне пищеварения закрыт,
- ч/з 0,5-4 мин. после приёма пищи каждые 0,5-1 мин. открывается → пропускает до 15 мл химуса в толстую кишку,
- раскрытие клапана рефлекторно:
  - перистальтическая волна подвздошной кишки ↑ давление (P) в ней – в итоге - расслабление клапана,
- ↑P в слепой кишке ↑ тонус клапана
  - тормозит переход химуса,
- объем перемещаемого химуса
  - 0,5-4,0 л/сутки





## РОЛЬ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И ПЕЧЕНИ В ПИЩЕВАРЕНИИ





На медиальной стенке нисходящей части двенадцатиперстной кишки - продольная складка, которая заканчивается фатеровым сосочком

- в него через сфинктер Одди, открываются общий жёлчный проток и проток поджелудочной железы

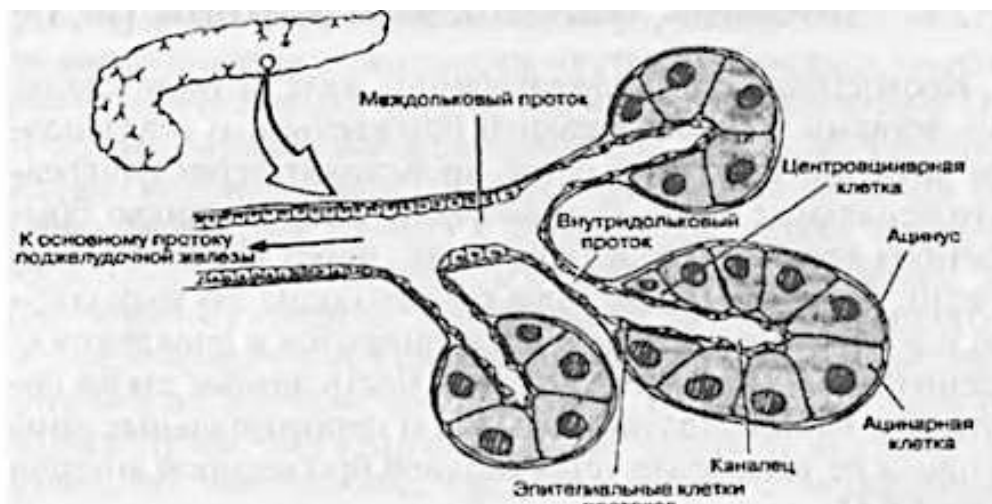
## Экзокринная функция поджелудочной железы

Секрет – поджелудочный сок (1-2 л/с) – переваривание пищи

### Структура железы

представлена двумя функциональными отделами:

- **ацинарные единицы (ацинусы)** секретируют
  - ферменты (проферменты)
    - функция: переваривание белков, углеводов и жиров,
  - некоторые электролиты
- **центро-ацинарные клетки** –
  - выстилают секреторные каналцы в пределах ацинуса,
  - секретируют электролиты и воду;
    - функция: нейтрализация кислоты из желудка



## Во время мозговой и желудочной фаз пищеварения

- панкреатическая секреция – это результат
  - **ваго-вагальных** холинергических рефлексов
  - активируются **гастрином** плазмы крови.

## Кишечная фаза пищеварения

- на  $\frac{3}{4}$  стимулирует панкреатическую секрецию **секретин** и **холецистокинин** (ХК)

а также

- **кислый химус**, поступающий из желудка, стимулирует количество секрета и  $\text{HCO}_3^-$  клеток протоков,
  - $\text{HCO}_3^-$  – нейтрализует кислоту, удаляя стимул для дальнейшего выделения секретина

## Продукты переваривания жиров и белков

- ↑ секрецию холецистокинина (ХК) → ↑ секрецию панкреатических ферментов
  - до 80% ферментов выделяются в неактивной или про-форме
    - трипсиноген → трипсин (акт. энтерокиназой щеточной каймы)
    - трипсин конвертирует остальные протеолитические проэнзимы в их активную форму

Как результат -

- активируется гидролиз белков, липидов и углеводов
- **секретин и ХК** потенцируют эффекты друг друга
- **АХ из ПНС** потенцирует эффект секретина и ХК
  - ваготомия ↓ панкреатический ответ на пищу > 50%



# Протеолитические ферменты

- секретируются в виде **прекурсоров** (зимогенов)

**энтерокиназа** (секрет слизистой 12-перстной кишки)



**трипсиноген** → **трипсин** –



триггер в активации панкреатических зимогенов



активные формы ферментов поджелудочной железы – переваривание компонентов химуса

# энтерокиназа



трипсиноген → трипсин



зимогены → энзимы

трипсиноген → трипсин

химотрипсиноген → химотрипсин

прокарбопептидаза А, В → карбоксипептидаза А, В

проэластаза → эластаза

калликреиноген → калликреин

проколипаза → колипаза и т.д.

# Протеазы, нуклеазы

- *Эндопептидазы* (трипсин, химотрипсин и эластаза)
  - расщепляют белки до аминокислот.
- *Карбоксипептидазы*
  - расщепляют связи пептидов на карбокситерминальных окончаниях белков.

## Эндопептидазы и карбоксипептидазы

- окончательное расщепление олигопептидов в щеточной кайме

- *Нуклеазы*
  - рибонуклеазы и дезоксирибонуклеазы действуют на РНК и ДНК.

## **Амилолитические ферменты**

- **амилаза** – гидролиз полисахаров (крахмала) по  $\alpha$  1,4 гликозидным связям → мальтоза, мальтотриоза,  $\alpha$ -декстрины.

## **Липолитические ферменты**

- **липаза** – гидролиз нейтральных жиров до СЖК и глицерола.

## **Нуклеазы**

- ДНК-азы (расщепление ДНК чаще до тетрануклеотидов)
- РНК-азы (расщепление РНК возможно до моноклетотидов)

# Стимуляция панкреатической секреции

## Гормональная стимуляция

- **Секретин**

- продуцируется клетками в криптах Либеркюна.
- выделяется под влиянием кислот в тонком кишечнике.
- стимулирует секрецию поджелудочной железой электролитов и воды.

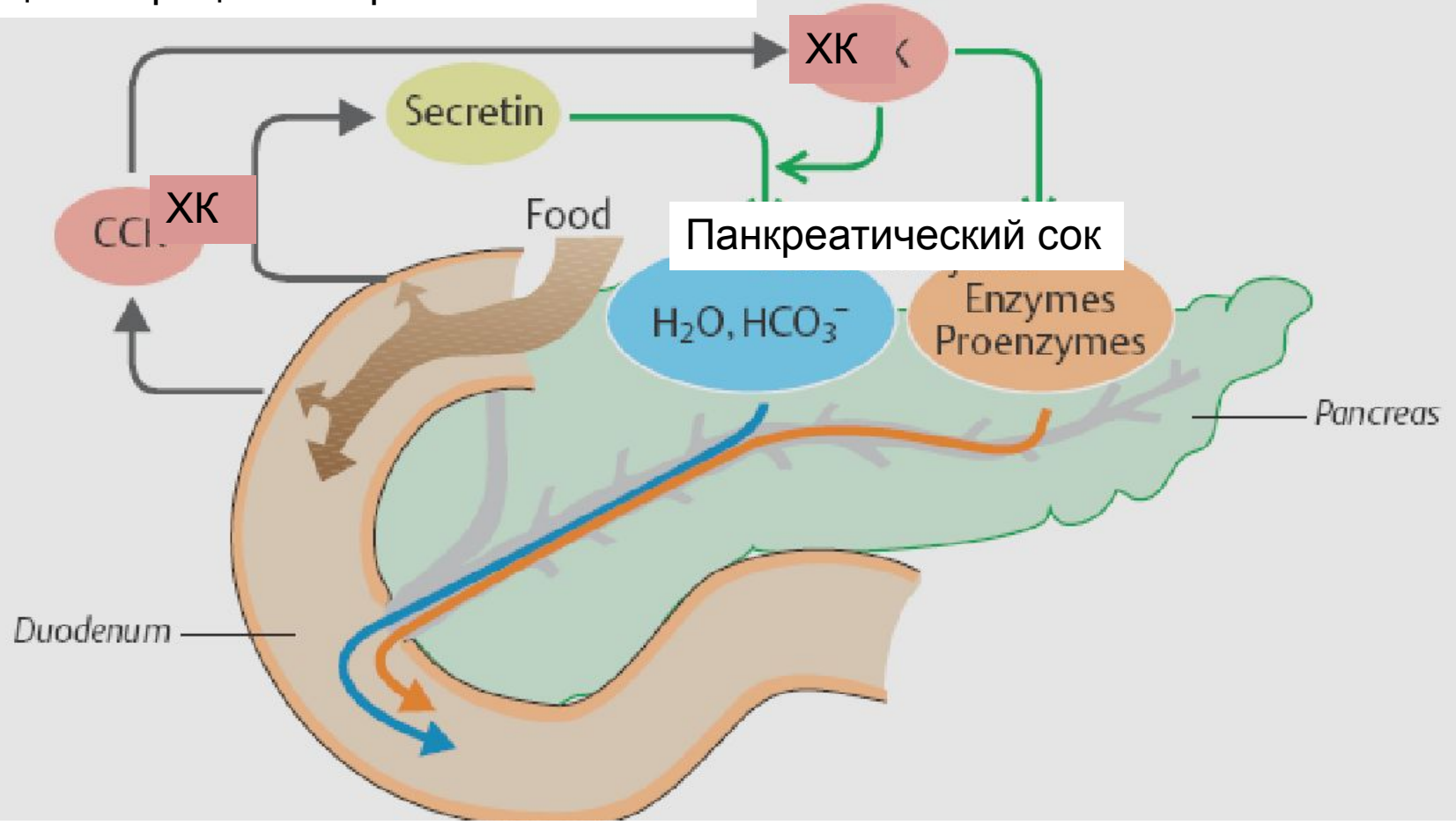
- **Гастрин** имеет те же конечные тетрапептиды, что и ХК-ПЗ:

- стимулирует секрецию ферментов,
- все факторы, стимулирующие выделение гастрина, будут стимулировать и панкреатическую секрецию:
  - влияние пищи в пилорическом отделе желудка,
  - растяжение антрума пищей (интрамуральные рефлексy),
  - растяжение тела желудка пищей (ваго-вагальные рефлексy).

- ***Вазоактивный интестинальный полипептид (ВИП)***
  - стимулирует секрецию электролитов
- ***Панкреозимин (идентичен холецистокинину)***
  - продуцируется в гороховидных гранулярных клетках в слизистой кишечника,
  - стимулирует секрецию панкреатических ферментов и некоторых электролитов,
  - стимулирует сокращение желчного пузыря (холецистокинетический эффект),
  - опорожнение желудка,
  - формирование чувства сытости,
  - непищеварительная ф-я (как мозговой трансмисмиттер).



# Регуляция секреции панкреатического сока



# ФУНКЦИИ ПЕЧЕНИ

- синтез белков (транспортные, факторы свертывания крови, ферменты)
- желчеобразование и желчевыделение
- обмен, накопление ряда веществ (гликоген, витамины, железо)
- удаление антигенов, поступивших из ЖКТ
- участие в метаболизме аминокислот, углеводов, спиртов, гормонов, лекарств

## **Желчь и ее роль в пищеварении**

В сутки 0,6 – 1,5 л желчи

### **Секрет гепатоцитов**

- золотистая жидкость, изотонична плазме крови,
- рН 7,3-8,0.

### **Основные компоненты желчи**

- желчные кислоты, желчные пигменты, холестерин,
- неорганические соли,
- мыла, жирные кислоты, нейтральные жиры, лецитин,
- мочевины,
- витамины А, В, С,
- в небольшом количестве некоторые ферменты (амилаза, фосфатаза, протеаза, каталаза, оксидаза).

## Пул желчных кислот (ЖК) в норме 2-4 г

- **первичные желчные кислоты** – холевая и хенодеоксихолева - **синтезируются печенью** из ХС,
- **вторичные желчные кислоты** – синтезируются **кишечными бактериями** путем деконъюгации и дегидроксилирования первичных солей из холевой кислоты и литохолевой,

≈ 95% всего пула всасывается преимущественно в подвздошной кишке (активный транспорт)

– при избытке ЖК - ↑ секреции в толстом к-ке → диаррея

Желчные соли регулируют свой синтез по механизму отрицательной обратной связи из кишечника\*

– синтез ЖК ↑ при ↓ возврата их в печень и ↓ с ↑ возврата

– этот рецикл –

**энтеропеченочная циркуляция** желчных солей

- ЖК должны быть рециркулированы 3-5 раз при нормальном процессе пищеварения.

\* Повреждение или удаление дистальной части подвздошной кишки вызывает дефицит желчных солей и ведет к нарушению пищеварения и всасывания.



# Регуляция желчеобразования/**холереза**

- Прием пищи → ↑ рефлект. желчеобразование через 3 – 12 мин
  - стимуляторы: яичные желтки, мясо, хлеб, молоко,
  - максимум образования желчи при потреблении
    - углеводов – на 2-3-й часы
    - белков – на 3-й,
    - жиров – на 5-7-й,
- Гуморальные влияния на желчеобразование
  - эффективно стимулируют: желчные кислоты, секретин,
  - слабее: гастрин, ХК-ПЗ, глюкагон.
- Нервные влияния на желчеобразование
  - стимулирует – ПНС
  - угнетает – СНС
- Рефлекторные влияния со стороны интерорецепторов
  - желудка,
  - тонкой и толстой кишки.



# Желчевыведение/**холекинез** и его регуляция

- стимуляция: вагусные рефлекторные механизмы
- торможение: симпатические рефлекторные механизмы
- усиливают: гастрин, секретин, ХК-ПЗ, бомбезин,
- тормозят: глюкагон, кальцитонин, антихолецистокинин, ВИП
- наибольшее количество желчи выделяется при потреблении яичных желтков, молока, мяса, жиров
- период опорожнения желчного пузыря начинается через 7 – 10 мин после приема пищи, длится он примерно 3 – 6 ч

## Состав и свойства желчи

- с желчью выводятся эндогенные и экзогенные вещества
- в ней содержатся белки, аминокислоты, витамины и др.
- обладает небольшой ферментативной активностью
- рН печеночной желчи 7,3 – 8,0
- В желчном пузыре жидкая и прозрачная золотисто-желтого цвета **печеночная желчь**

- концентрируется (всасываются вода и минеральные соли), к ней добавляется муцин желчных путей и пузыря,
  - желчь становится темной, тягучей,
  - увеличивается ее плотность,
  - снижается рН (6,0 – 7,0) за счет образования солей желчных кислот и всасывания гидрокарбонатов.

# Желчь выполняет множество функций

- в двенадцатиперстной кишке
  - инактивирует пепсин, нейтрализуя HCl,
  - усиливает активность ферментов,
- облегчает расщепление и всасывание **жиров**,
- стимулирует **моторику** кишечника, а также ворсинок,
- вызывает послабляющий эффект,
- облегчает фиксацию ферментов **пристеночного пищеварения**,
- стимулирует **пролиферацию** и сдувание энтероцитов,
- ↓ развитие **кишечной флоры** и ↓ гнилостные процессы,

# ПЕРЕВАРИВАНИЕ И ВСАСЫВАНИЕ УГЛЕВОДОВ

Углеводы – > 50% суточной калорийности рациона, преобладает среди них – крахмал.

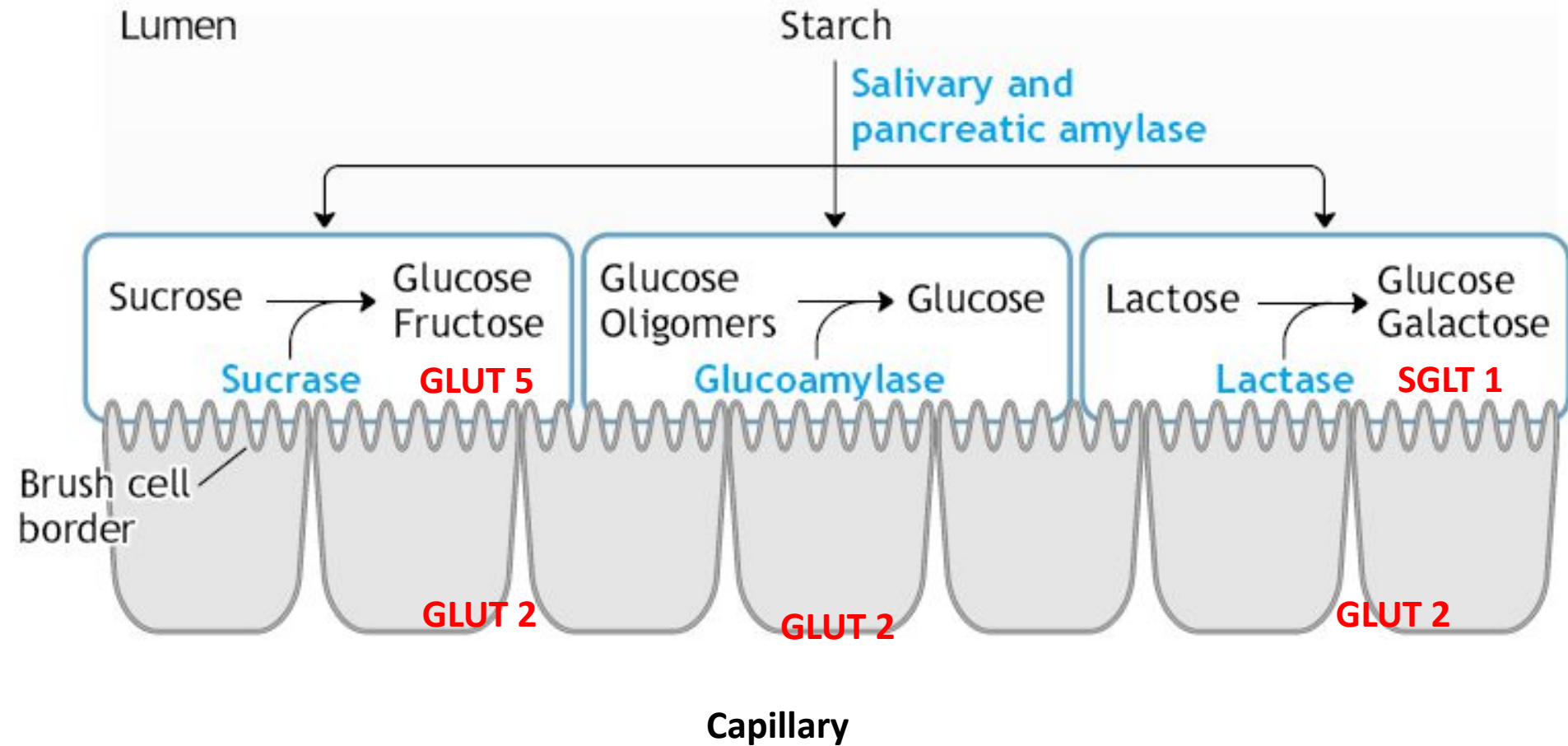
## Переваривание углеводов

- ротовая полость – амилаза (птиалин)
  - ингибируется соляной кислотой в желудке
- тонкий кишечник
  - 1) панкреатическая амилаза
    - гидролиз до дисахаров,
  - 2) дисахаридазы щеточной каймы расщепляют дисахара до моносахаров: глюкозы, галактозы, фруктозы
    - сахараза: сахароза – глюкоза+ фруктоза
    - лактаза: лактоза – глюкоза+галактоза

## Всасывание

- **глюкоза** и **галактоза** всасываются (вторично-активный транспорт) с участием Na-зависимого переносчика **SGLT 1** (**S**odium-**G**lucose **L**inked **T**ransporter)
  - высокая концентрация  $\text{Na}^+$  облегчает всасывание Г. и, наоборот, при низкой концентрации  $\text{Na}^+$   $\square$  всасывание Г.
- **фруктоза** поступает путем облегченной диффузии с участием глюкозного переносчика (**GLUT 5**)
  - без участия натрия
- **все моносахара** переносятся из энтероцита в капилляры при участии **GLUT 2 (GIUcose T**ransporter)
- кроме лактазы, уровни всех дисахаридаз адаптируются к диете
- в норме все углеводы всасываются за время, пока химус достигает средней части тощей кишки.

# Переваривание и всасывание углеводов





# Переваривание и всасывание белков

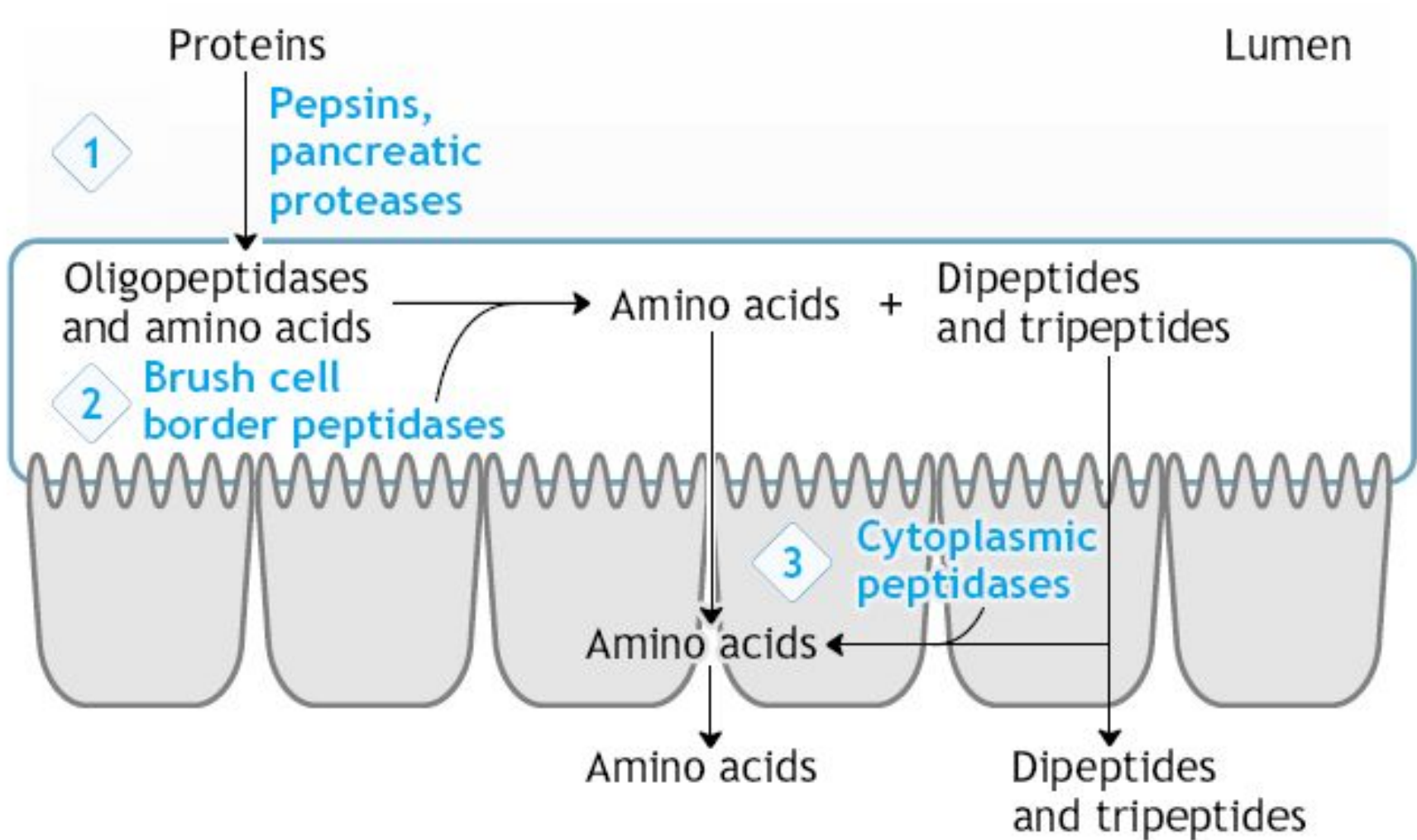
- начало переваривания белков инициируется в желудке пепсином
- большая часть переваривания белков происходит в кишечнике
  - панкреатическими протеазами
    - специфические протеолитические энзимы расщепляют пептиды и олигопептиды на аминокислоты
  - пептидазами щеточной каймы
    - пептиды расщепляются до аминокислот

# ВСАСЫВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА БЕЛКОВ

- **малые пептиды** могут всасываться неизменными;
  - внутриклеточные пептидазы гидролизуют их,
  - в кровотоки поступают в виде свободных аминокислот
- **свободные аминокислоты** из полости всасываются путем Na-зависимого вторично активного транспорта
  - имеется ряд натрий-зависимых переносчиков для разных классов аминокислот
- **большинство АК и пептидов** всасываются в тощей кишке.

# Переваривание белков происходит

- 1) в желудке и тонком кишечнике, 2) щеточной кайме кишечника и 3) внутриклеточно



## Переваривание и всасывание жиров (Ж)

- наиболее широко представлены среди липидов пищи – **триглицериды**
- Ж. нерастворимы в воде, поэтому необходимы специальные механизмы их переваривания и всасывания
  - в **желудке** липиды *эмульгируются* и
    - до 30% жиров расщепляется *лингвальной липазой*
  - большая часть переваривания и всасывания жиров происходит в **тонком кишечнике**, где
    - желчные *мицеллы эмульгируют* жиры и
    - панкреатическая *липаза расщепляет* их
- главные продукты переваривания жиров –
  - 2-моноглицериды и свободные жирные кислоты (СЖК)

- Сцепление **панкреатической липазы** с эмульсией требует присутствия **колипазы** (полипептид поджелудочной железы)
  - гидролиз триглицеридов до 2-моноглицеридов и СЖК
- Продукты гидролиза жиров становятся растворимыми путем включения в **МИЦЕЛЛЫ**, состоящие из
  - желчных солей, СЖК, моноглицеридов, фосфолипидов, ХС и жирорастворимых витаминов
- Мицеллы диффундируют к клеткам щеточной каймы
  - переваренные липиды высвобождаются из мицелл и
  - диффундируют в клетки слизистой,
  - желчные соли позже реабсорбируются из кишки с помощью натрий-зависимого активного транспорта.

В энтероците моноглицериды и СЖК ресинтезируются в триглицериды

– вместе с эфирами ХС образуют **ХИЛОМИКРОНЫ**

- после дополнения слоем белков и фосфолипидов хиломикроны

- проходят через базолатеральную мембрану и поступают в **лимфатические капилляры**

- **коротко- и средне-цепочечные ЖК** более водорастворимы

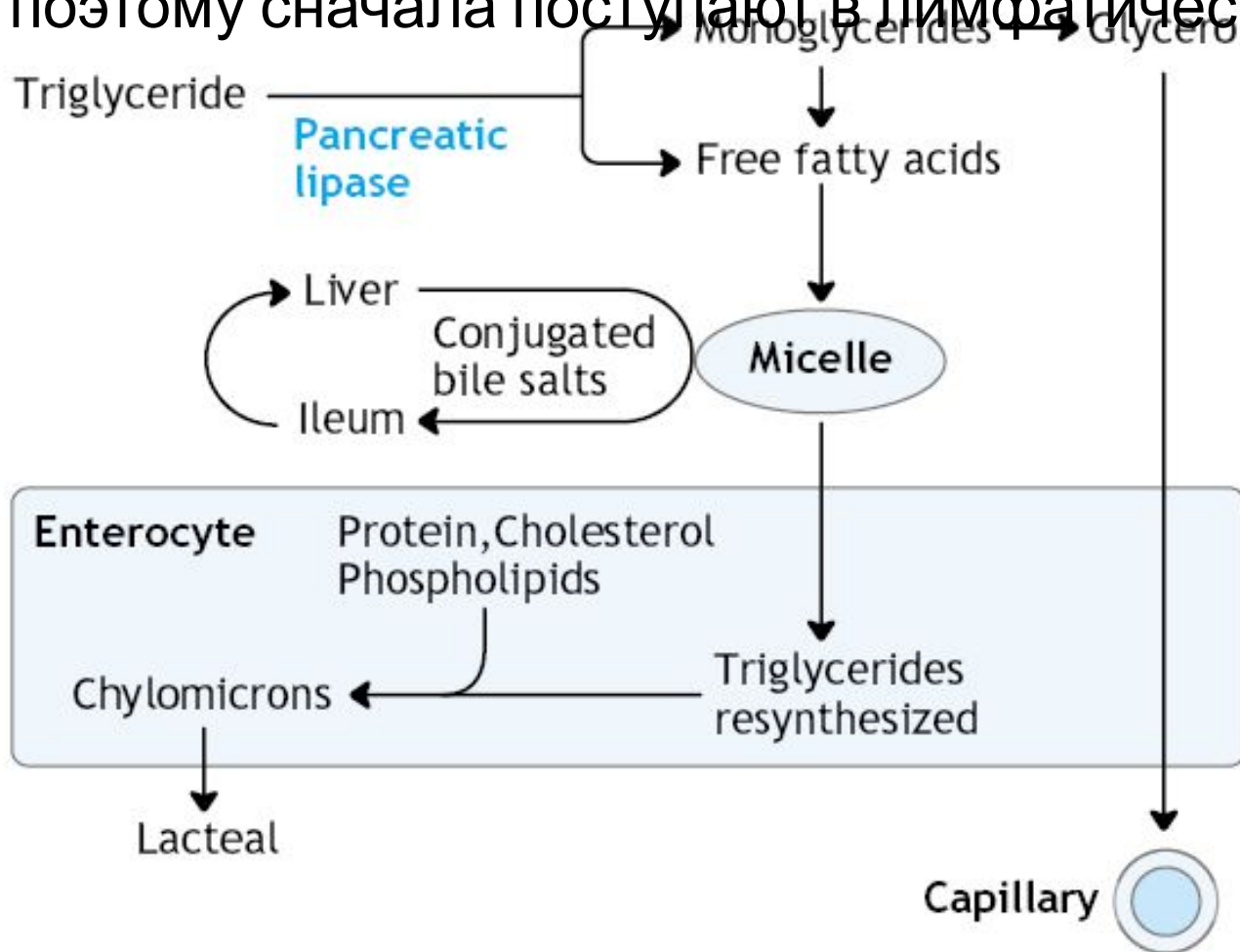
- могут проходить путем простой диффузии в **портальный кровоток.**



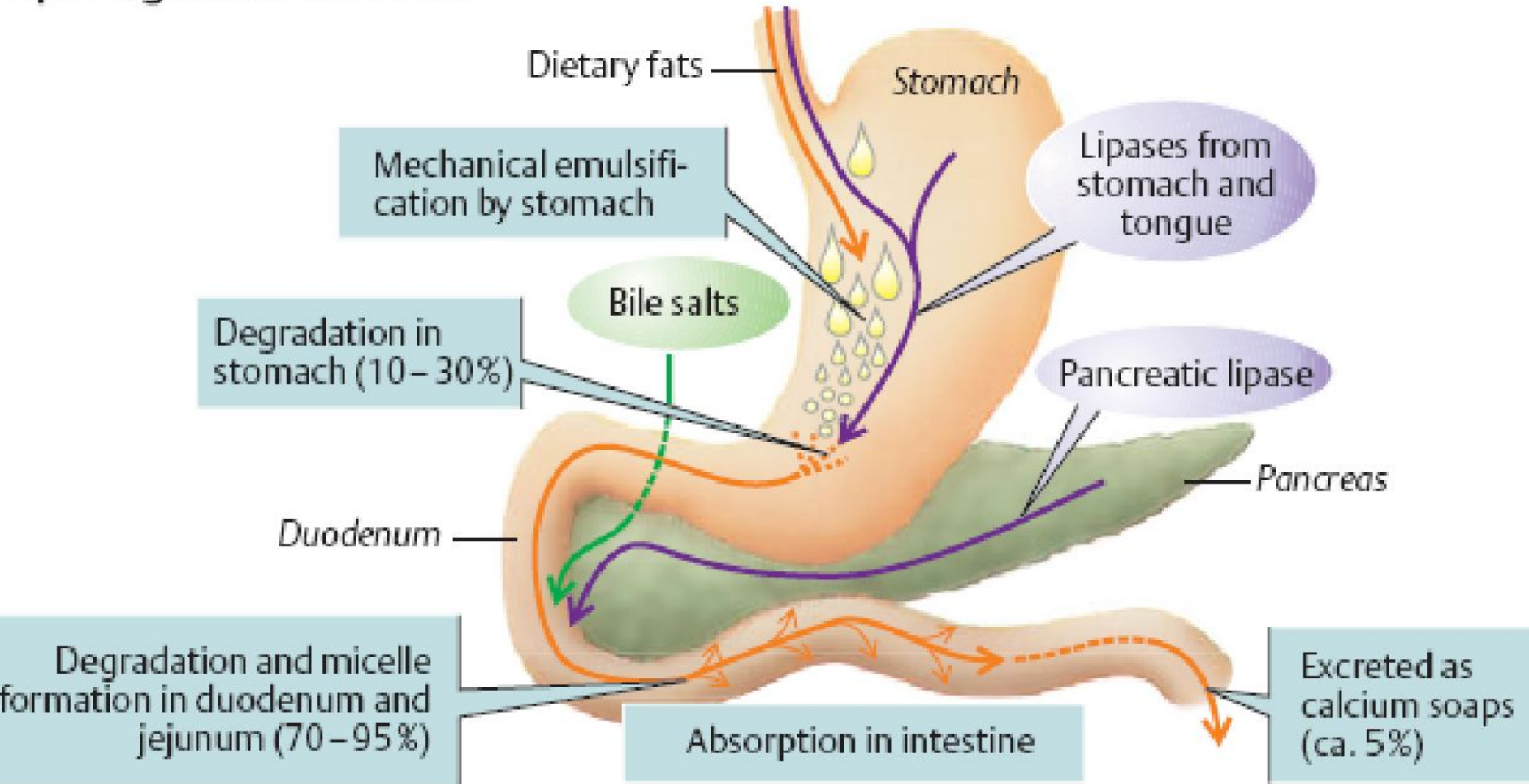
# Переваривание и всасывание жиров

ТГ – расщепляются, затем ресинтезируются и всасываются в кровь

Хиломикроны – крупные жировые капли, слишком велики для капилляров, поэтому сначала поступают в лимфатические сосуды



# Lipid digestion: overview



# ВСАСЫВАНИЕ ВОДЫ И ЭЛЕКТРОЛИТОВ

- Потребление воды – 2 л в день,
- 7 л из ЖКТр путем секреции
- из 9 л лишь 100 – 200 мл/с экскретируется с калом
  - большая часть воды всасывается в тонком кишечнике, но
    - эффективность всасывания выше в толстом
    - реабсорбция воды – пассивна и вторична по отношению к перемещению растворов (электролитов или неэлектролитов)
    - всосавшая вода позднее доступна для
      - 1) секреции, разбавляя поступающую пищу,
      - 2) замещения потерянной воды при мочевыделении, дыхании, потоотделении.

- **Na<sup>+</sup> всасывается разными способами:**
  - пассивной диффузией через Na<sup>+</sup> каналы (в толстом кишечнике),
  - путем котранспорта с растворами, котранспорта с Cl<sup>-</sup>,
  - путем обмена с H<sup>+</sup>,
  - глюкоза и аминокислоты облегчают движение натрия из полости в энтероциты, таким образом стимулируя всасывание воды
- попав в кишечную клетку, Na<sup>+</sup>
  - активно переносится через базолатеральную мембрану Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФ-азой.

- $\text{Cl}^-$  входит в энтероцит через котранспорт с  $\text{Na}^+$  или в обмен на  $\text{HCO}_3^-$  (в подвздошной и толстой кишке)
  - затем пассивно диффундирует через базолатеральную мембрану в интерстиций и кровь
- большая часть  $\text{K}^+$  абсорбируется пассивно, кроме
  - активного всасывания в прямой кишке,
  - $\text{K}^+$  также **секретируется** в толстом кишечнике и прямой кишке в ответ на **альдостерон**,
    - поэтому хроническая диаррея может привести к значимой гипокалиемии.

# ВСАСЫВАНИЕ КАЛЬЦИЯ

- $\text{Ca}^{2+}$  всасывается в проксимальной тонкой кишке,
  - усиливается под влиянием D3 (1,25-дигидроксихолекальциферол)
    - стимулирует синтез  $\text{Ca}^{2+}$ -связывающего белка в энтероцитах
- через базолатеральную мембрану
  - активный транспорт  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазой
  - регулируется витамином D3
- **паратиреоидный гормон** активирует витамин D (в D3 в почках),
  - особенно при низком уровне  $\text{Ca}^{2+}$  в крови
- нарушение всасывания жиров в результате **панкреатической и желчной недостаточности** ведет
  - к снижению всасывания D, а следом и  $\text{Ca}^{2+}$ .

# ВСАСЫВАНИЕ ЖЕЛЕЗА

- преимущественно в двенадцатиперстной кишке и регулируется потребностями организма
- для всасывания  $\text{Fe}^{3+}$  пищи  $\rightarrow$  в  $\text{Fe}^{2+}$  соляной кислотой
- железо присоединяется к специфическому рецептору на мембране клеток и затем транспортируется в клетку
  - **если потребности велики**
    - железо быстро переносится в кровь с переносчиком – **трансферрином**
  - **если потребности невелики**
    - железо присоединяется к **апоферритину** в клетке, образуя депо.
- после кровотечения проходит 4–5 дней, прежде чем дополнительное количество железа будет абсорбировано,
  - потому что загруженные железом клетки кишечника слущиваются и новые клетки мигрируют на верхушки ворсинок, будучи готовы принять новые количества железа.





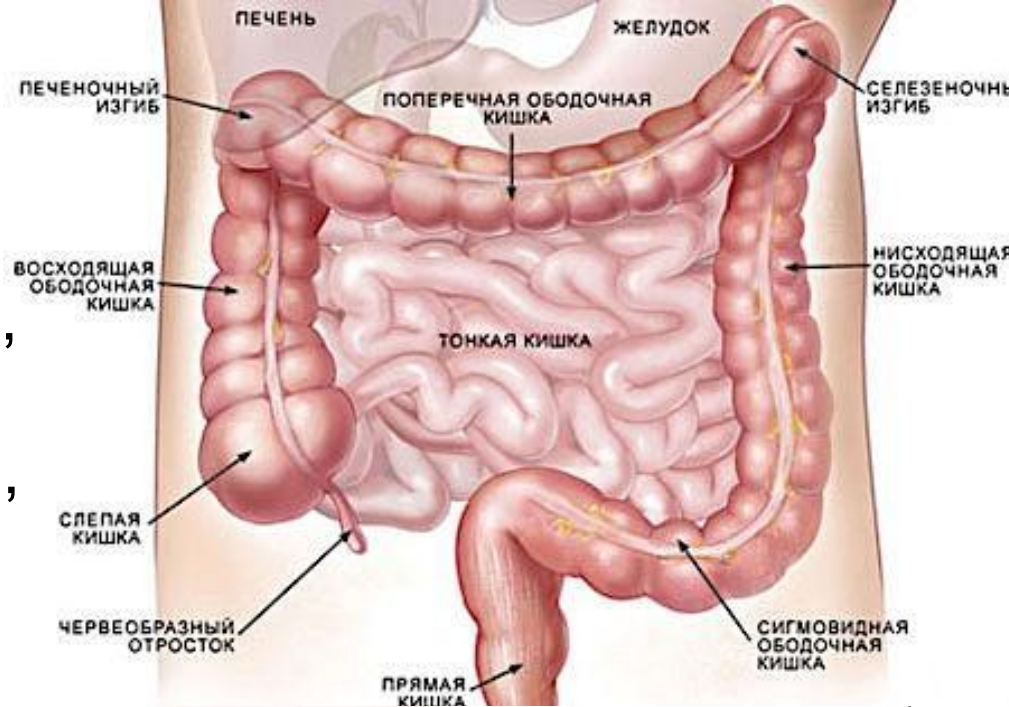


## **2. переваривание и всасывание в толстом кишечнике**

- строение, функция толстого кишечника,**
- секреторная функция толстого кишечника,**
- моторная функция толстого кишечника,**
- роль микрофлоры толстого кишечника,**

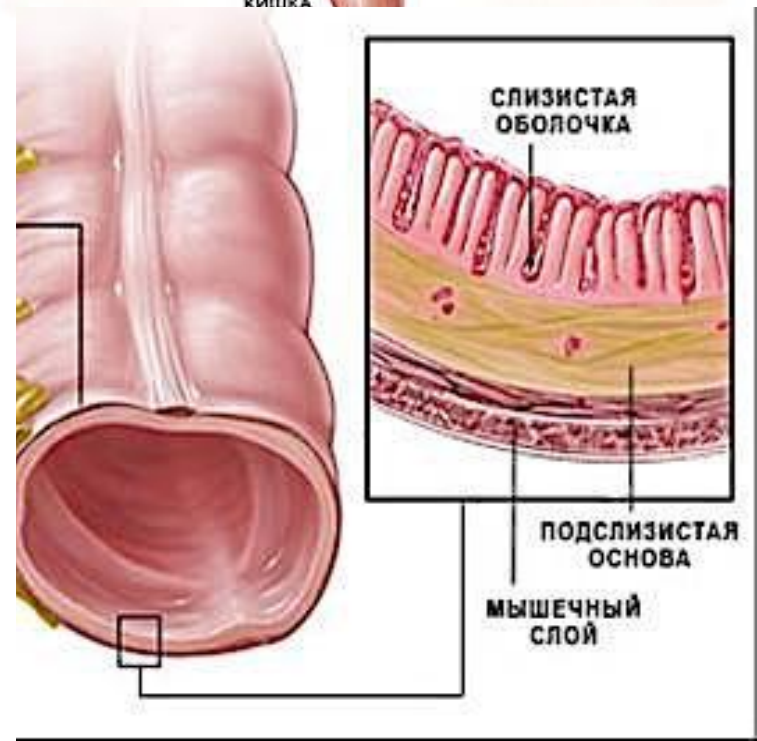
# Отделы толстой кишки человека

- ) слепая кишка
- ) восходящая ободочная кишка,
- ) поперечная ободочная кишка,
- ) нисходящая ободочная кишка,
- ) сигмовидная кишка,
- ) прямая кишка.



# Структура стенки кишки:

- ) слизистая
- ) подслизистая
- ) мышечная
- ) серозная



# **Функции толстого кишечника:**

## **•заключительное пищеварение с участием**

- ферментов тонкого и толстого кишечника
- микрофлоры кишечника

## **•всасывание продуктов переваривания**

## **•выделительная функция**

- формирование каловых масс – выделение непереваренных остатков пищи, токсических и балластных веществ, десквамированного эпителия

## **•защитная и синтетическая**

- микрофлора: подавляет развитие патогенной, стимулирует неспецифический иммунитет организма
- синтез витаминов и биологически активных веществ

## **В толстой кишке**

- завершаются процессы гидролиза ферментами
  - тонкой кишки,
  - бактерий и
  - сока толстой кишки,
- происходят
  - интенсивное всасывание воды,
  - сгущение химуса и образование каловых масс, в составе которых
    - непереваренные остатки пищи и экскреты

Перемещение химуса из тонкой кишки в толстую кишку

- деятельность илеоцекального сфинктера.

# Секреторная функция толстого кишечника

- Состав тонкокишечного химуса
  - мало переваренных пищевых веществ
- **поэтому -**
  - лишь небольшая часть веществ, в том числе растительная клетчатка, подвергается гидролизу в толстой кишке
    - ферментами химуса, поступившего из тонкой кишки,
    - ферментами микроорганизмов и
    - ферментами сока толстой кишки.

В толстом кишечнике – **заключительное пищеварение**

Кишечный сок – продукт энтероцитов:

- рН=8,0-9,0
- 99% воды и 1% сухого остатка
  - минеральные вещества – катионы натрия, калия, кальция, гидрокарбонат-, фосфат-, сульфат анионы, анионы хлора,
  - органические вещества – продукты белкового обмена,
  - ферменты: пептидазы, липазы, карбогидразы, нуклеазы, фосфатазы,
  - муцин – образуется в железистых клетках,
- **содержание ферментов** и их активность значительно ниже, чем в соке тонкого кишечника,
- **регуляция** секреции жидкой части сока осуществляется
  - интрамуральными нервными сплетениями и
  - гуморальными факторами

## Итак в толстом кишечнике

- *гидролиз питательных веществ с участием ферментов*
- *всасывание воды*
  - в зависимости от осмотического и гидростатического давления кишечного содержимого до 4-6 л/с
- *формирование каловых масс из химуса*
  - сутки выводится 150-250 г сформированного кала
    - при растительной пище больше, чем при смешанной или мясной,
    - неперевариваемые волокна (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, лигнин)
      - увеличение количества кала
      - ускорения передвижения химуса и формируемого кала
        - » предотвращает запоры и их патологические последствия.

# Моторика толстой кишки

- химус переходит в толстую кишку через илеоцекальный сфинктер (баугиниева заслонка)
  - сфинктер - функция клапана – пропускает химус в одном направлении
  - ритмические (6 - 8 в мин) сокращения сфинктера – химус проходит порциями
  - за сутки в толстую кишку переходит 1 - 4 л химуса,
- расслабление илеоцекального сфинктера – одновременно с пилорическим (бисфинктерный рефлекс),
- длительность пищеварения  $\approx$  1-3 сут,
  - наибольшая часть времени приходится на передвижение остатков пищи по толстой кишке.



# Перистальтика толстого кишечника

- **двигательная активность толстого кишечника направлена на**
  - накопление химуса, его сгущение за счет всасывания воды,
  - формирование каловых масс и их
  - удаление из организма во время дефекации
- **начальные отделы толстой кишки**
  - **очень медленные малые маятникообразные сокращения**
    - перемешивание химуса → ускоряет всасывание воды.

## **Виды сокращений толстой к. (в основе – автоматия ГМК)**

**1) маятникообразные** – перемешивание содержимого

**2) перистальтические** волны (редкие)

– существенной роли в продвижении химуса не играют

**3) антиперистальтические** сокращения - ретроградное перемещение химуса способствует всасыванию воды

**4) пропульсивные** сокращения (**масс-сокращения**) –

– быстрое продвижение содержимого из поперечной кишки в сигмовидную и прямую кишку – 1-3 раза в

сутки после еды (***желудочно-ободочный рефлекс***)

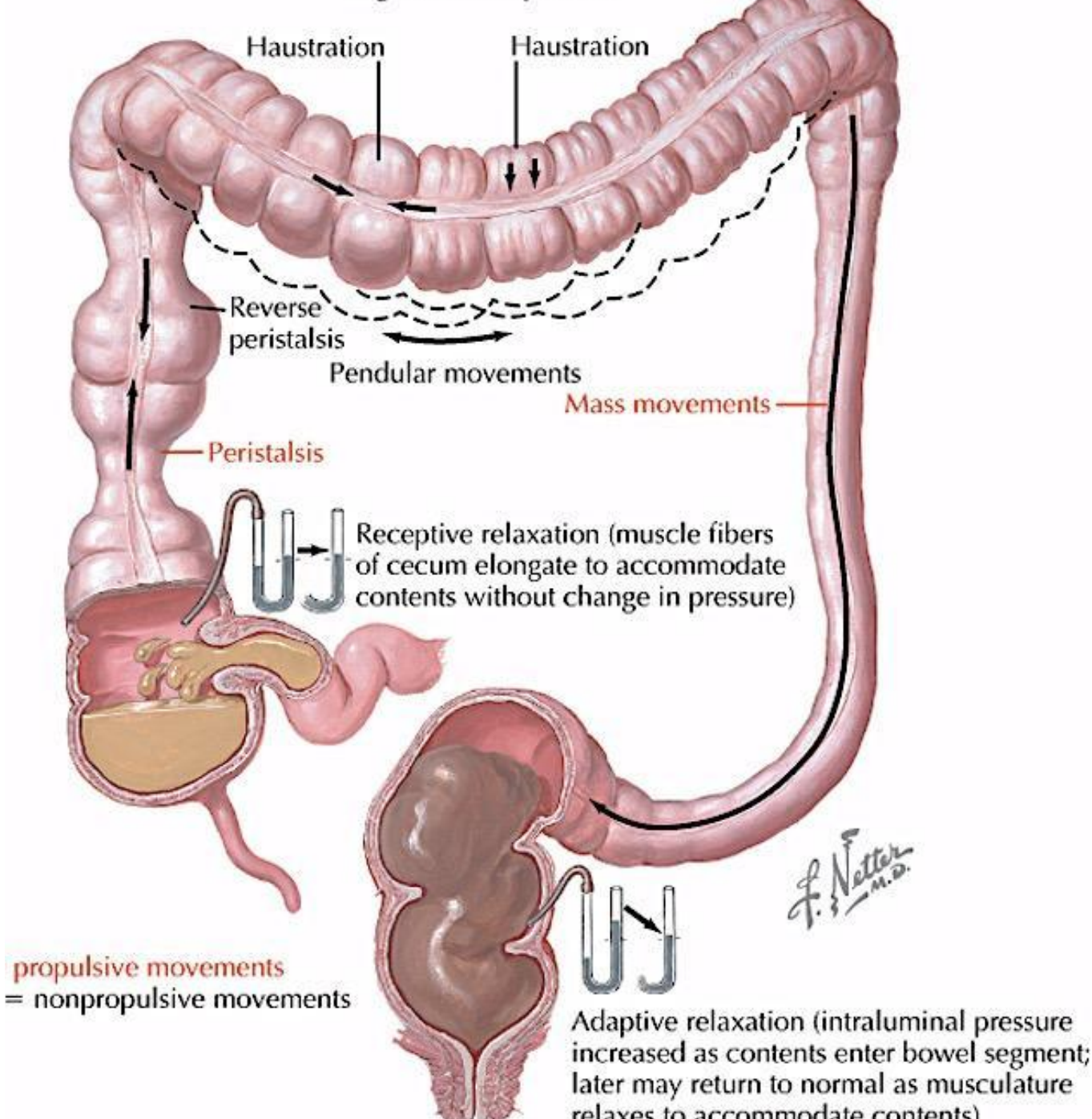
- обычно после первого приема пищи в данный день
- стимулирует выраженный позыв на дефекацию,
- рефлекс инициируется

1) растяжением желудка пищей, или

**2) орто-толстокишечный рефлекс,**

стимулируемый вставанием после сна.

# Segmental Propulsion



propulsive movements  
= nonpropulsive movements

Adaptive relaxation (intraluminal pressure increased as contents enter bowel segment; later may return to normal as musculature relaxes to accommodate contents)

## Регуляция сокращений толстой кишки

- ПНС активирует моторику
- СНС угнетает моторику
- энтеральная НС
  - тормозит миогенную ритмику посредством ВИП
- гуморальная регуляция
  - гастрин, ХЦК, кортизол **стимулируют** моторику
  - адреналин, глюкагон, секретин, серотонин **тормозят** моторику толстого кишечника,
    - но стимулируют моторную деятельность тонкой кишки
- моторика рефлекторно усиливается во время еды
- раздражение механорецепторов толстой кишки (**местные рефлексy**) – усиление моторики
- жирный химус в подвздошной кишке или толстом кишечнике вызывает выделение пептида YY, который
  - угнетает моторику толстого кишечника, желудка и желудочную и панкреатическую секрецию.

По мере продвижения по толстой кишке

- химус приобретает все более плотную консистенцию за счет деятельности бактерий и всасывания воды,
  - образуются каловые массы – 150-250 г в сутки (больше при растительной пище)
- За сутки всасывается
  - около 1 – 1,5 л воды,
  - реабсорбция воды в толстой кишке может возрасти до 5 л.

# МИКРОФЛОРА ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА

Состав и количество микроорганизмов в ЖКТр зависит от

- эндогенных факторов
  - слизистая и ее секреты, моторика, сами микроорганизмы,
- экзогенных факторов
  - характер питания, прием антибиотиков и пр.,
- функционального состояния пищеварительной системы
  - перистальтика – транспорт микроорганизмов в дистальном направлении,
    - создание проксимо-дистального градиента заселенности кишечника микроорганизмами,
      - » дискинезии кишечника изменяют этот градиент,
    - Баугиниева заслонка и более высокое давление содержимого перед ней предотвращают поступление микроорганизмов из толстой кишки в тонкую.

# **Роль микрофлоры толстой кишки в пищеварении и формировании иммунологической реактивности**

- **Микрофлора толстого кишечника**
  - 1) **главная (бифидобактерии и бактероиды — почти 90 % от всех микробов),**
  - 2) **сопутствующая (лактобактерии, эшерехии, энтерококки = 10 %) и**
  - 3) **остаточной (цитробактер, энтеробактер, протеи, дрожжи, клостридии, стафилококки и др. =1 %).**
- 1) Нормальная микрофлора** здорового человека, ее роль
  - 2) **формирование иммунологической реактивности,**
  - 3) **предотвращение развития в кишечнике патогенов,**
  - 4) **синтез витаминов (фолиевая кислота, цианокобаламин, филлохиноны) и физиологически активные амины,**
  - 5) **гидролиз токсичных продуктов метаболизма белков, жиров и углеводов, предотвращая эндотоксинемию.**

- **Бифидобактерии, лактобактерии, эубактерии, пропионобактерии и бактериоды**
  - усиливают гидролиз белков,
  - сбраживают углеводы,
  - омыляют жиры, растворяют клетчатку и
  - стимулируют перистальтику кишечника.
- **Бифидо- и эубактерии, а также эшерихии** за счет своих ферментных систем участвуют
  - в синтезе и всасывании витаминов,
  - а также незаменимых аминокислот.
- **Бактериальные модулины бифидо- и лактобактерий**
  - стимулируют лимфоидный аппарат кишечника,
  - ↑ синтез иммуноглобулинов, интерферона и цитокинов, подавляя развитие патогенных микробов,
  - усиливают активность лизоцима.
- **Анаэробные бактерии** вырабатывают
  - БАВ (бета-аланин, 5-аминовалериановую и гамма-аминомасляную кислоты),
  - медиаторы, оказывающие влияние на функции пищеварительной и сердечно-сосудистой систем, а также на органы кроветворения.

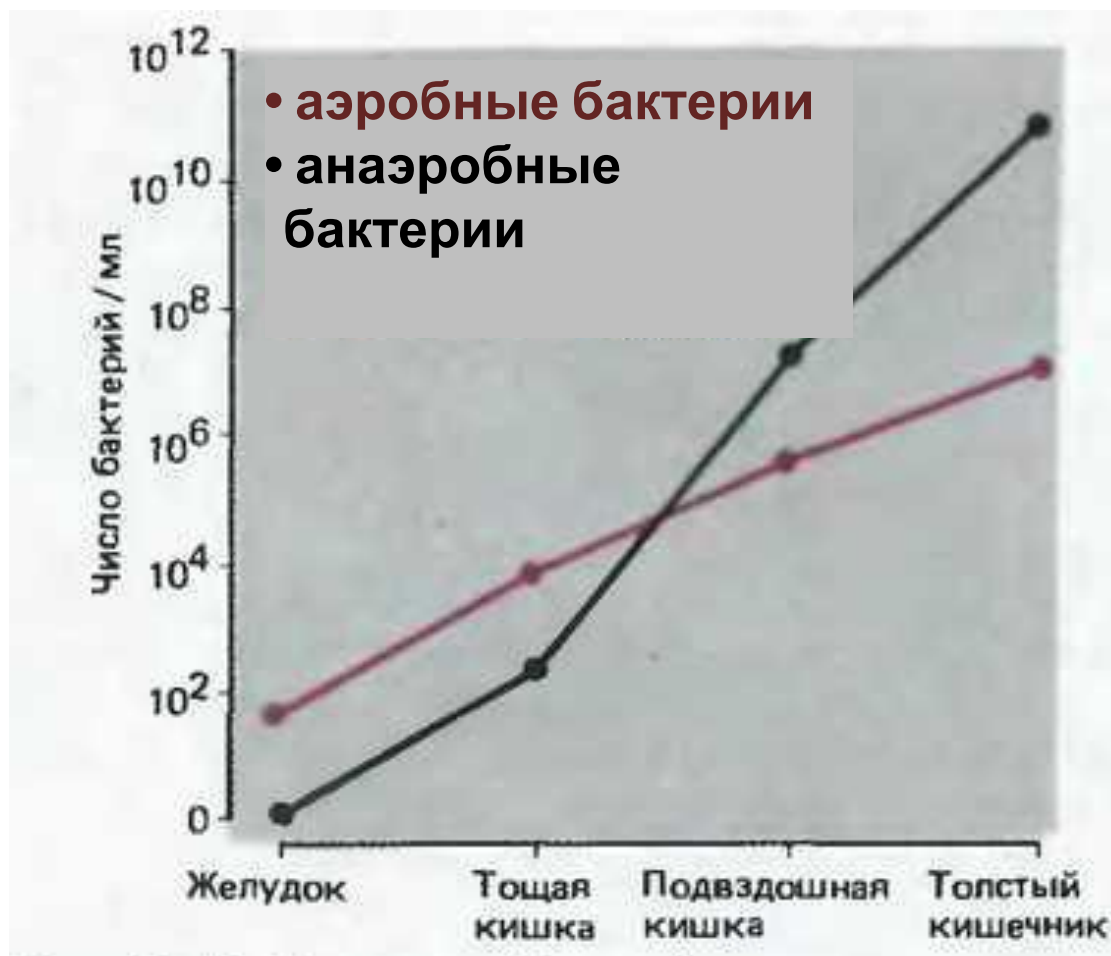


- На состав **микробного сообщества толстого кишечника** оказывают влияние
  - эндогенные и экзогенные факторы
    - растительная пища -↑ **энтерококков** и **зубактерий**,
    - животные белки и жиры ↑**кlostридий** и **бактероидов**, но ↓ **бифидобактерий** и **энтерококков**,
    - молочная пища ↑**бифидобактерий**.
  - естественный регулятор микрофлоры - **антимикробные вещества**,
    - продуцируются слизистой и содержатся в пищеварительных секретах
      - лизоцим, лактоферрин, дефенины, секреторный IgA,
  - нормальная перистальтика
    - влияние на уровень заселенности каждого отдела ЖКТ
      - препятствует распространению в прокс. направлении,
    - нарушения двигательной активности кишечника способствуют возникновению **дисбактериоза** (изменению количественных соотношений и состава микрофлоры).

# Функции нормальной микрофлоры кишечника

• Колонизационная резистентность*	Межмикробный антагонизм, активация иммунной системы
• Детоксикационная	Гидролиз продуктов метаболизма белков, жиров, углеводов
• Синтетическая	Синтез витаминов, гормонов, антибиотических и других веществ
• Пищеварительная	Усиление физиологической активности ЖКТ

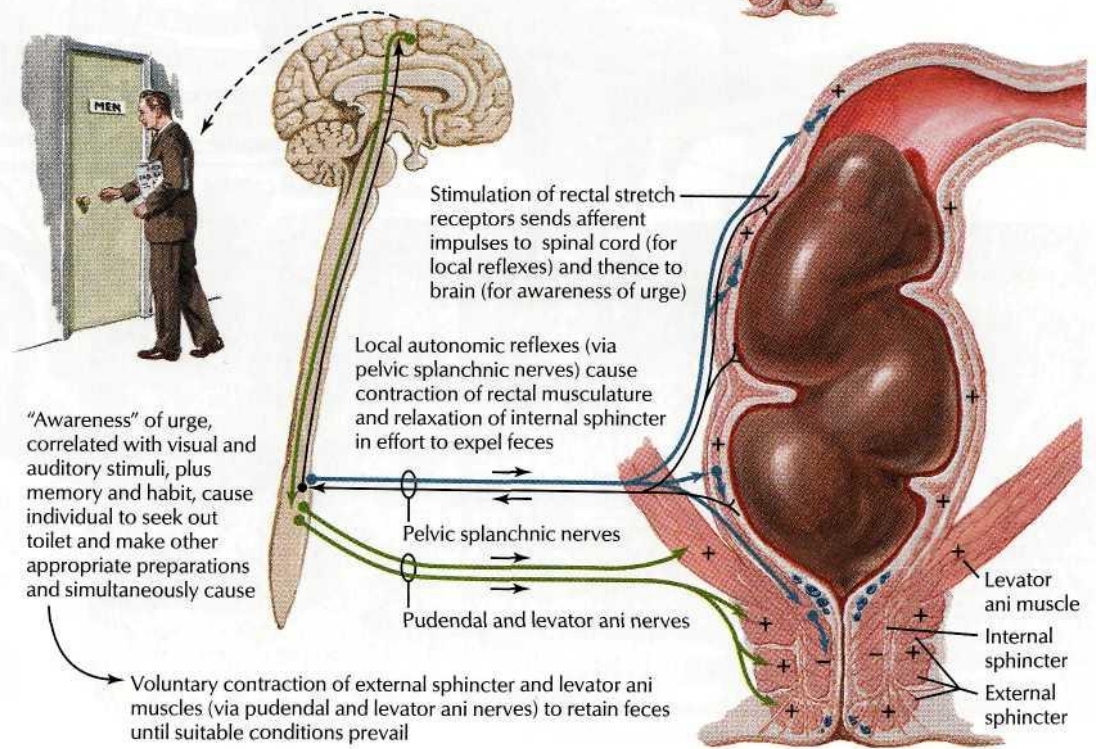
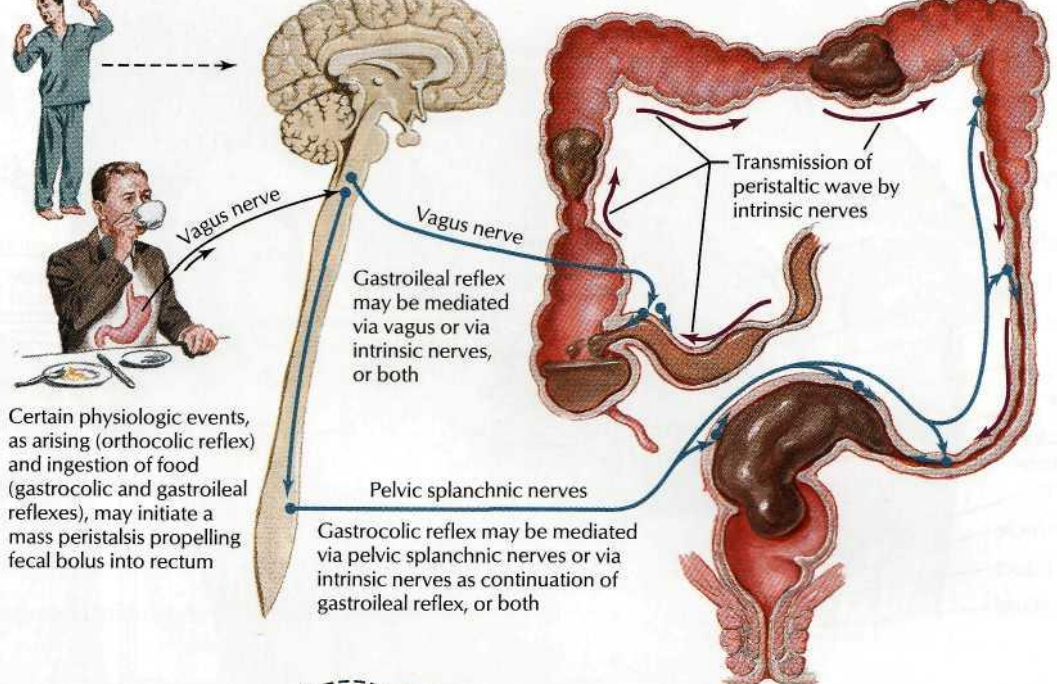
\* В процессе жизнедеятельности **микроорганизмов**, относящихся к **нормальной микрофлоре**, образуются органические кислоты, которые снижают рН среды и тем самым препятствуют размножению патогенных, гнилостных и газообразующих микроорганизмов.



- Популяция бактерий ЖКТ. В желудке и тощей кишке преобладает аэробная флора ротовой полости. При переходе из подвздошной кишки в слепую происходит заметное увеличение численности анаэробов (логарифмический характер оси ординат!)

### 3. Дефекация

- позыв на дефекацию стимулируется растяжением ректально-сигмоидальной области
  - **ректосфинктерный рефлекс** – расслабление внутреннего анального сфинктера и произвольное сокращение наружного,
  - если дефекация в данный момент социально неприемлема
    - оба сфинктера сокращаются □ адаптивный релаксационный рефлекс или снижение чувствительности ректальной стенки к растяжению,
  - если дефекация социально допустима,
    - внутренний и наружный анальные сфинктеры расслабляются и осуществляется маневр Вальсальвы (натуживание) или производится форсированный выдох при закрытом надгортаннике.
- механорецепторы ректальной стенки способны различать твердое, жидкое или газообразное состояние содержимого
  - способность утрачивается у лиц с язвенным колитом при повреждении слизистой □ нарушение произвольного контроля



Физиологические параметры дефекации у здорового взрослого человека по данным аноректальной манометрии:

- порог ректальной чувствительности (минимальный объём кала для появления ощущения заполнения кишечника) - менее или равен 25 мл;
- мин. объём для расслабления внутреннего анального сфинктера (возникает первый позыв на дефекацию) - 10-20 мл;
- порог постоянного позыва на дефекацию (объём для появления постоянного позыва) - менее или равен 220 мл;
- максимально переносимый объём — 110—280 мл.

## Газообразование в кишечнике

- у взрослого человека из кишечника в норме за сутки выводится 0,1 — 0,5 литра газа,
- при метеоризме – до 3-х и более л,
- состав газа у здоровых людей:
  - $N_2$  - 24-90 %,
  - $CO_2$  - 4,3-29 %,
  - $O_2$  - 0,1-23 %,
  - $H_2$  - 0,6-47 %,
  - метан  $CH_4$  - 0-26 %,
  - небольшое количество сероводорода  $H_2S$ , аммиака  $NH_3$  меркаптана, скатола.



## Бристольская шкала формы кала

Большое  
время  
транзита  
(100 часов)

<b>ТИП 1</b>	Кал в виде отдельных твердых шариков, трудно продвигаются по кишечнику	
<b>ТИП 2</b>	Кал продолговатой формы, слепленный из отдельных плотных фрагментов	
<b>ТИП 3</b>	Кал продолговатой формы с трещинами на поверхности, но без плотных фрагментов	
<b>ТИП 4</b>	Кал продолговатой формы, с однородной, мягкой консистенцией	
<b>ТИП 5</b>	Кал в виде отдельных мягких фрагментов	
<b>ТИП 6</b>	Неоформленный кашеобразный кал	
<b>ТИП 7</b>	Жидкий, водянистый кал без твердых частиц	

Короткое  
время  
транзита  
(10 часов)



- Кал характерный для запора



- Возможные варианты нормального кала



- Жидкий кал, характерный для поноса



# **РЕФЛЕКТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ**

1. ***Пищеводно-кишечный*** моторный рефлекс
  - при раздражении механорецепторов пищевода
  - усиление моторики тонкой кишки
  - ваго-вагальный рефлекс
2. ***Желудочно-кишечные*** моторные рефлексy (гастродуоденальный, гастроеюнальный и гастроилеальный)
  - при раздражении механорецепторов желудка
  - усиление моторики тонкой кишки
  - местные и ваго-вагальные рефлексy
3. ***Кишечно-кишечный*** моторный рефлекс
  - при адекватном механическом и химическом раздражении тонкой кишки
  - усиление сокращений нижележащих отделов кишечника,
  - Местные и центральные ваго-вагальные рефлексy

# Тормозные рефлексy в ЖКТ

- Рецептивная релаксация кишки – торможение моторики во время приема пищи
  - понижение тонуса и амплитуды сокращений проксимальных отделов кишечника с последующим усилением моторики,
  - афферентный путь - от рецепторов корня языка и глотки, а эфферентное звено - адренергические волокна чревного нерва.
- Рефлекторное расслабление верхних отделов тонкой кишки во время приема пищи;
  - кишечно-кишечный тормозной
  - ректоэнтеральный рефлекс.

## 1) **Кишечно-кишечный** тормозной рефлекс

- вызывается сильным раздражением механорецепторов любой части ЖКТ - приводит к ослаблению моторики тонкой кишки, за исключением илеоцекального сфинктера,
- эфференты – адренергические волокна чревного нерва

## 2) **Прямокишечно-кишечный** рефлекс

- результат раздражения механорецепторов прямой кишки и сфинктеров ее ампулы
  - как результат – торможение моторики тонкой и толстой кишки
- эфференты - адренергические волокна чревных нервов.