

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**

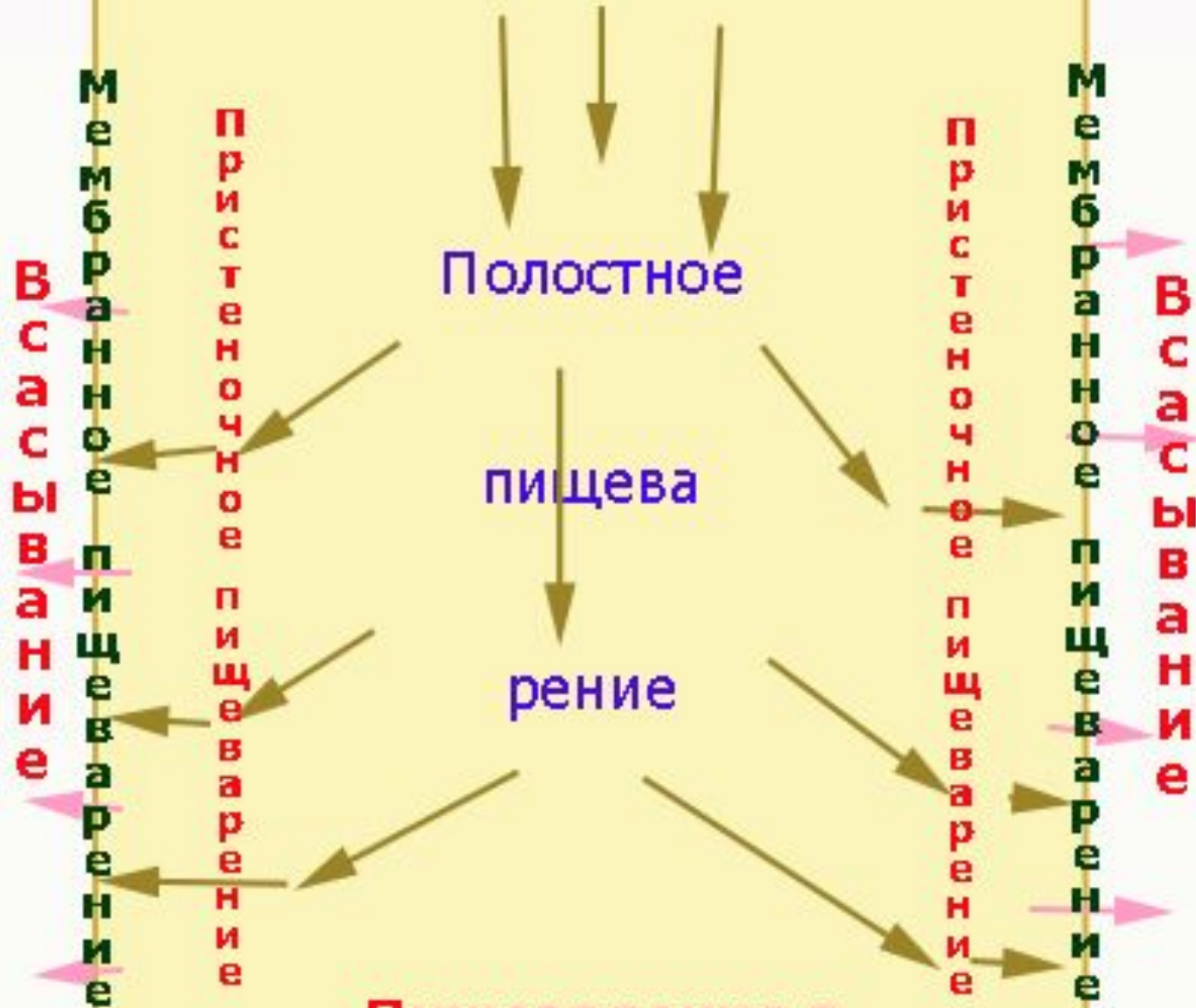
Тонкий кишечник – главное

место переваривания и всасывания, состоит из

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



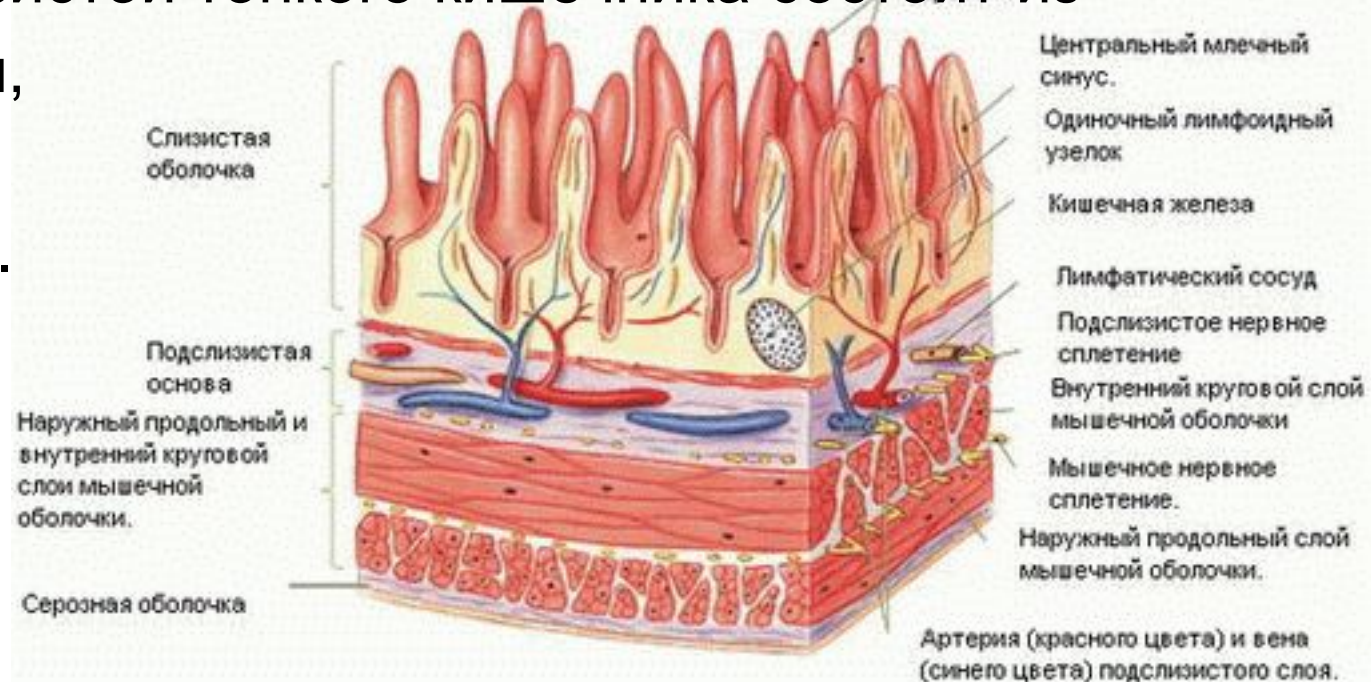
- транзит химуса по тонкому кишечнику \approx 2-4 часа
- переваривание при участии
 - ферментов гликокаликса, поджелудочной железы, желчи печени
- всасывание:
 - нутриенты, вода, электролиты и минералы
- иннервация
 - АНС – модулирует энтеральную НС



Пищеварение в тонком кишечнике

Поверхность слизистой тонкого кишечника состоит из

- ямок слизистой,
- ворсинок,
- микроворсинок.

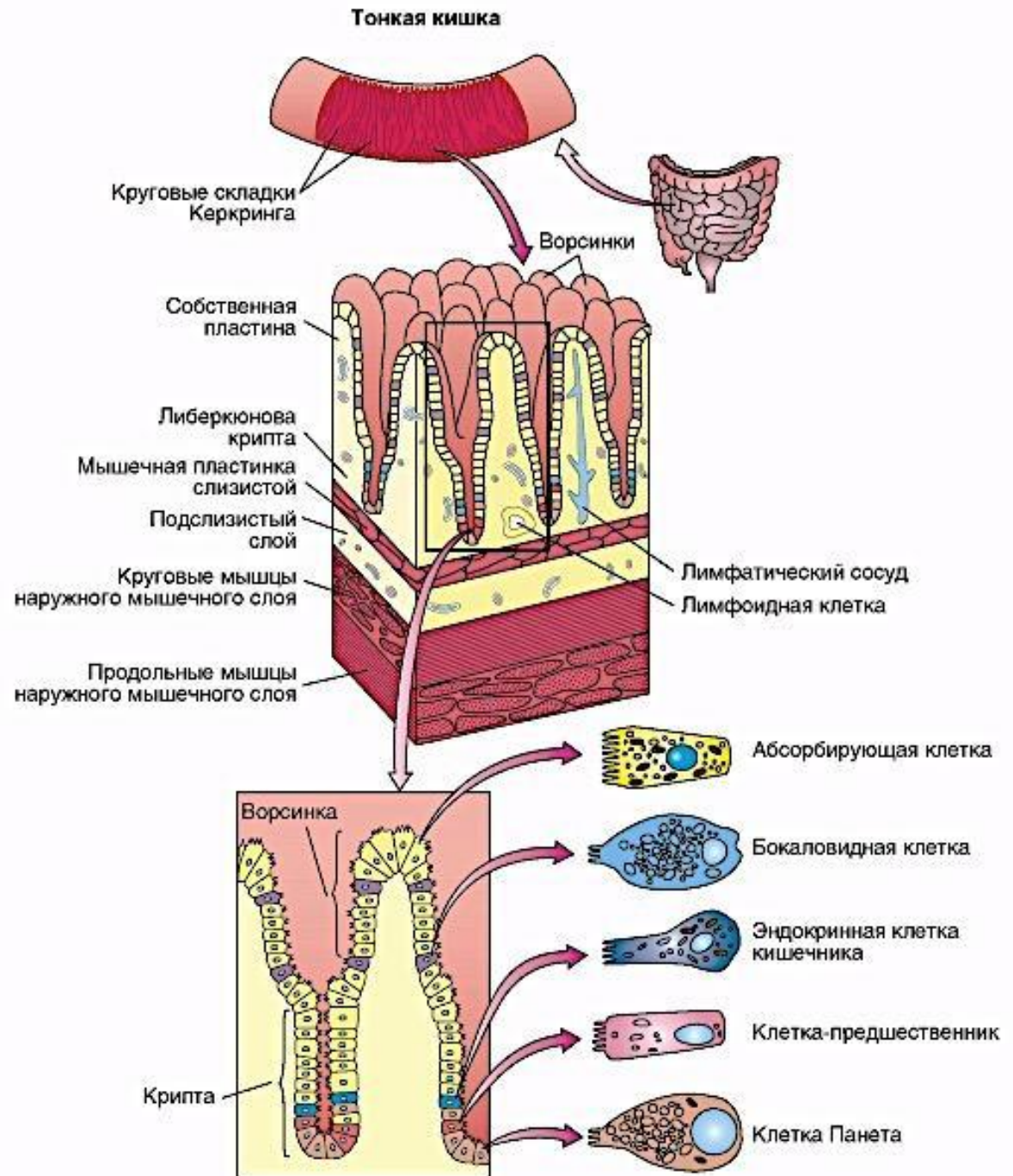


Всасывание - на верхушках, а секреция - в криптах ворсинок

– 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



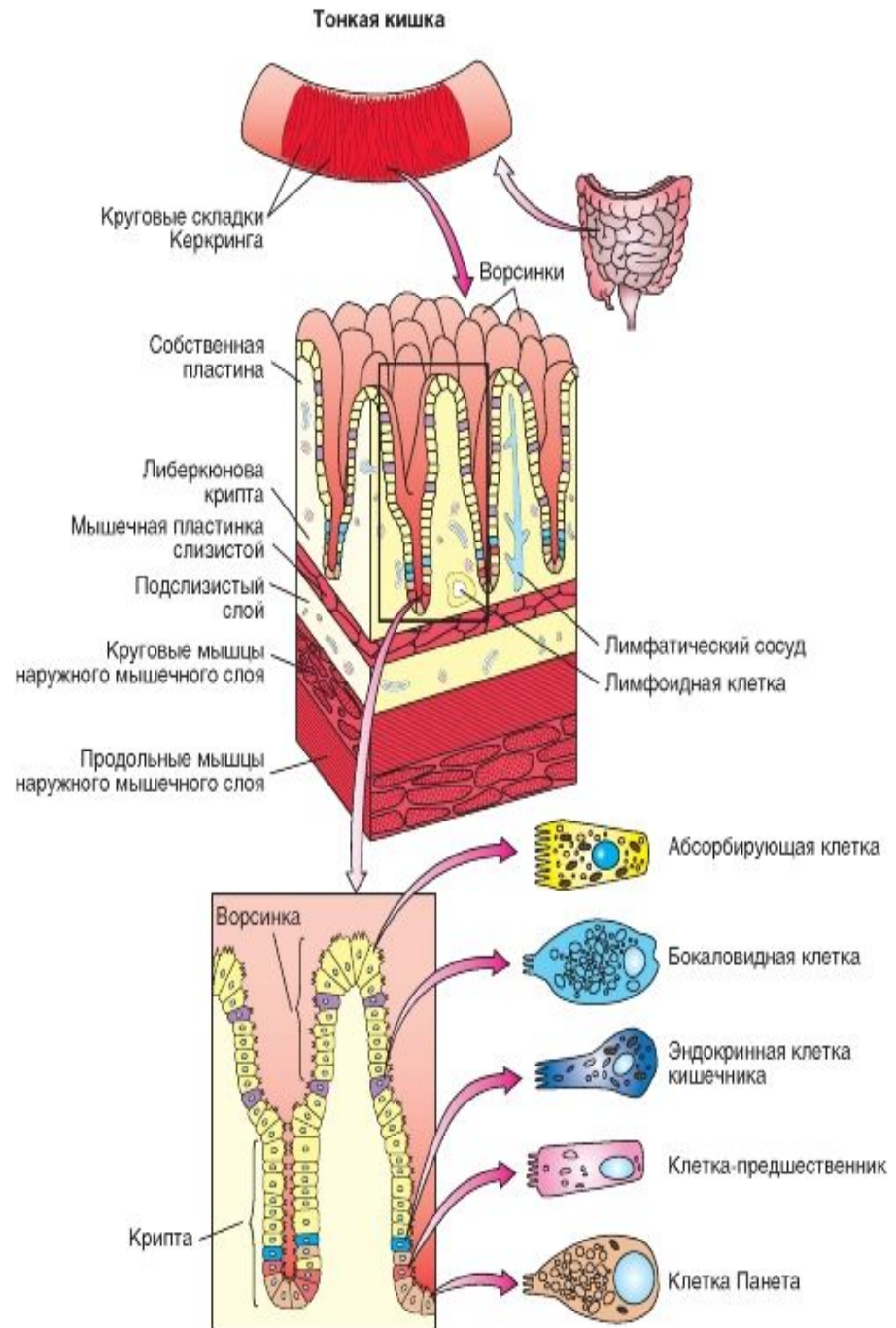
В кишечных железах присутствуют

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



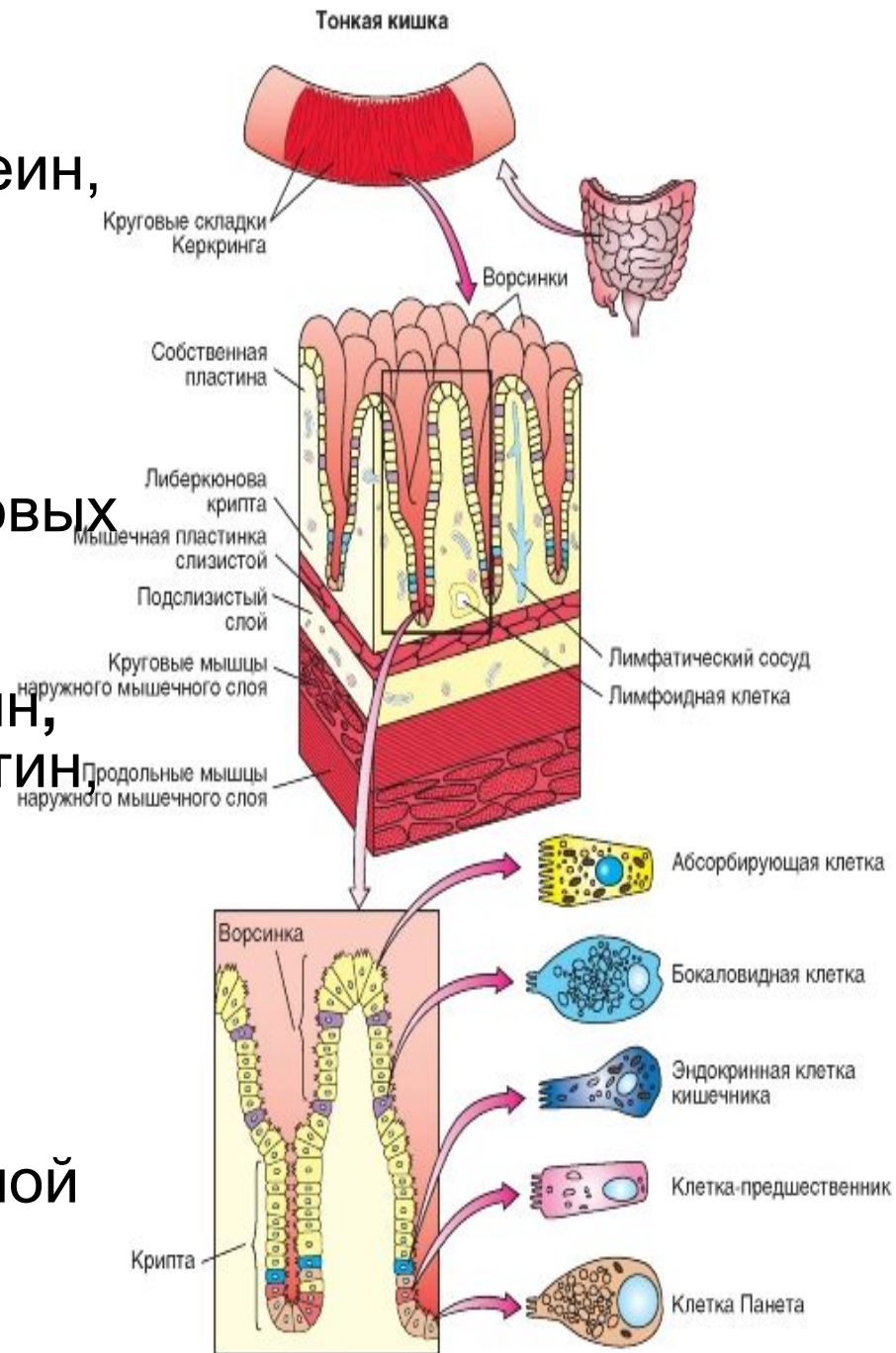
3. Клетки Панета:

- 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

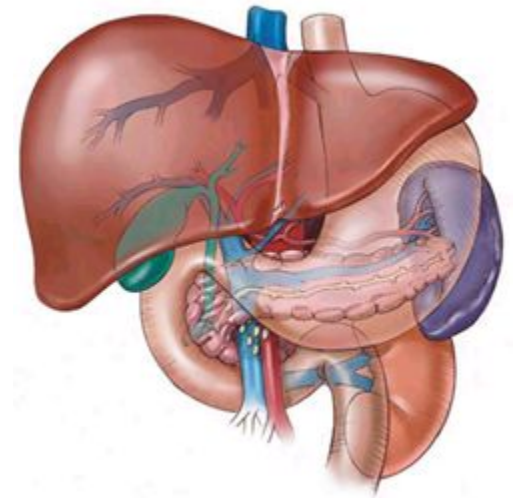
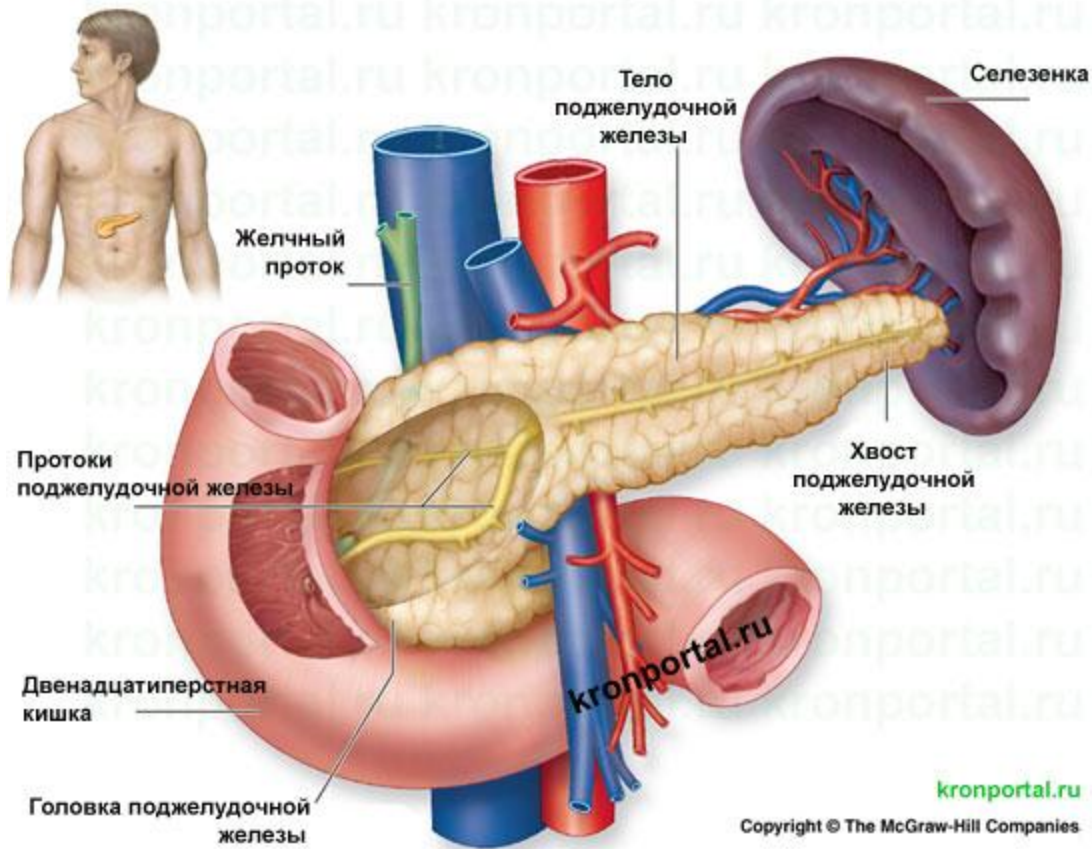
2. Межпищеварительная (голодная) моторика – (мигрирующий миозлектрический комплекс, ММК из желудка/пищевода)

- 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

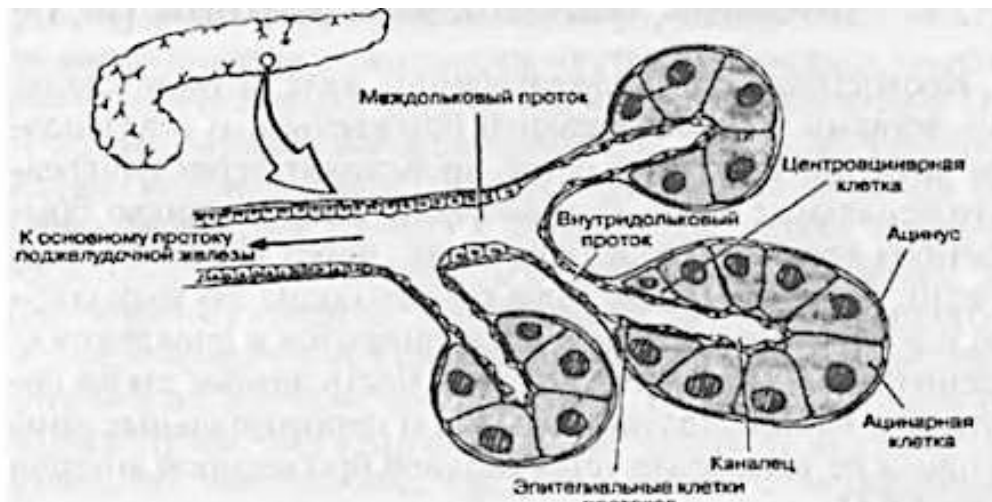
Экзокринная функция поджелудочной железы

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 HCO_3^- клеток протоков,
 - 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 α 1,4 гликозидным связям → мальтоза, мальтотриоза, α -декстрины.

Липолитические ферменты

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

Нуклеазы

- ДНК-азы (расщепление ДНК чаще до тетра-нуклеотидов)
- РНК-азы (расщепление РНК возможно до мононуклеотидов)

Стимуляция панкреатической секреции

Гормональная стимуляция

- **Секретин**

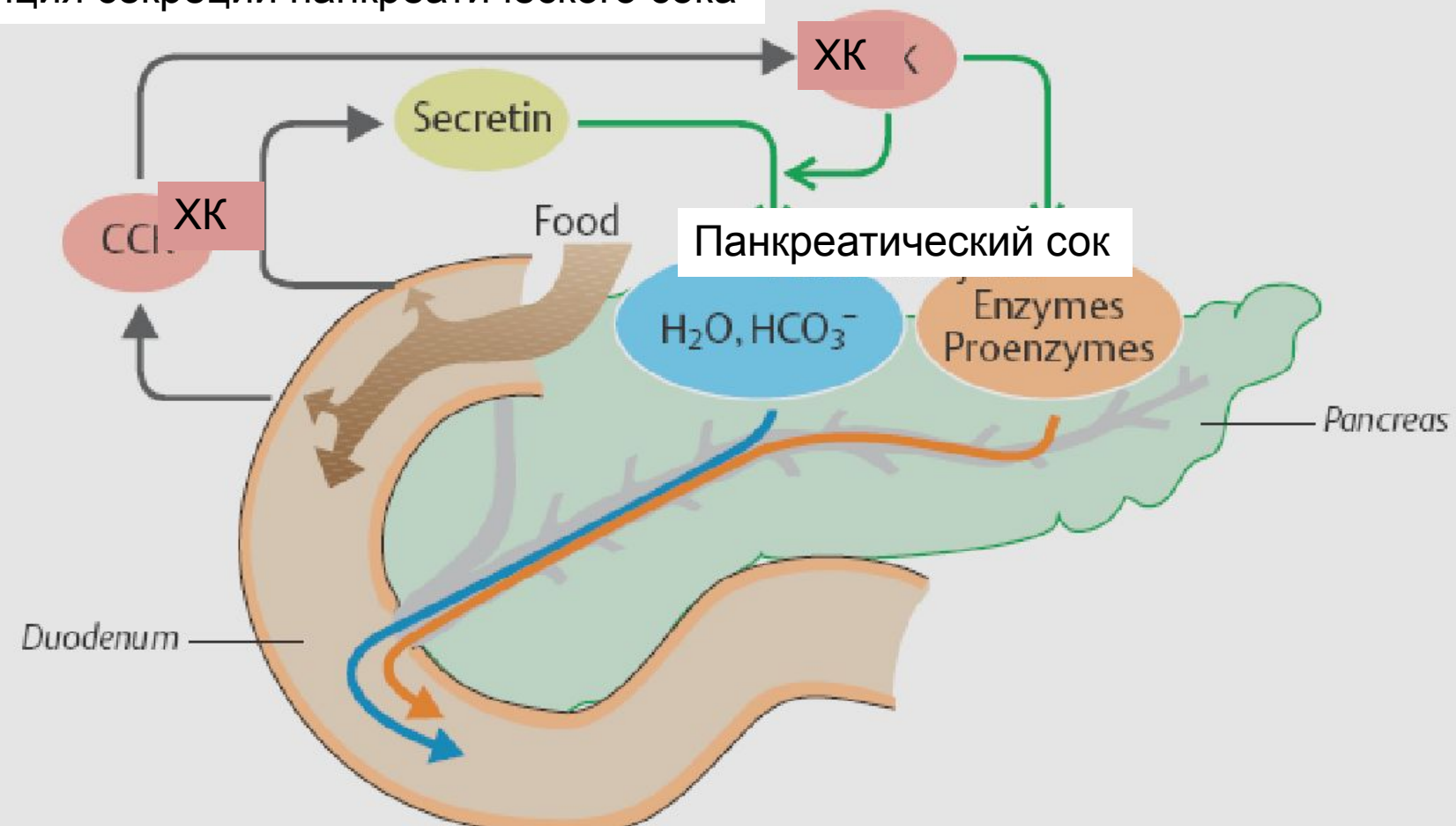
- продуцируется клетками в криптах Либеркюна.
- выделяется под влиянием кислот в тонком кишечнике.
- стимулирует секрецию поджелудочной железой электролитов и воды.

- **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 хенодеоксихолевая - **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.

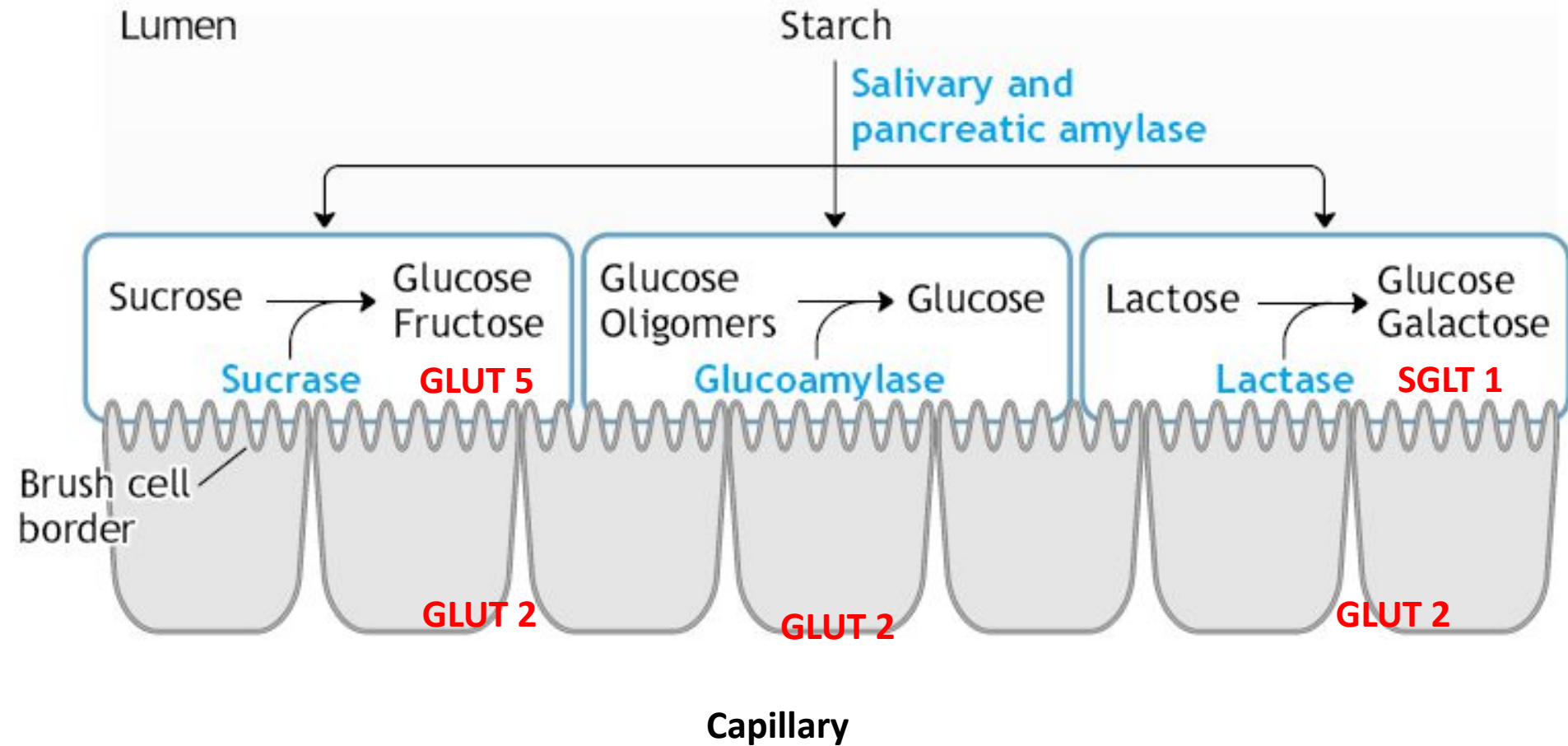
Переваривание углеводов

- 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 Na^+ облегчает всасывание Г. и, наоборот, при низкой концентрации 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

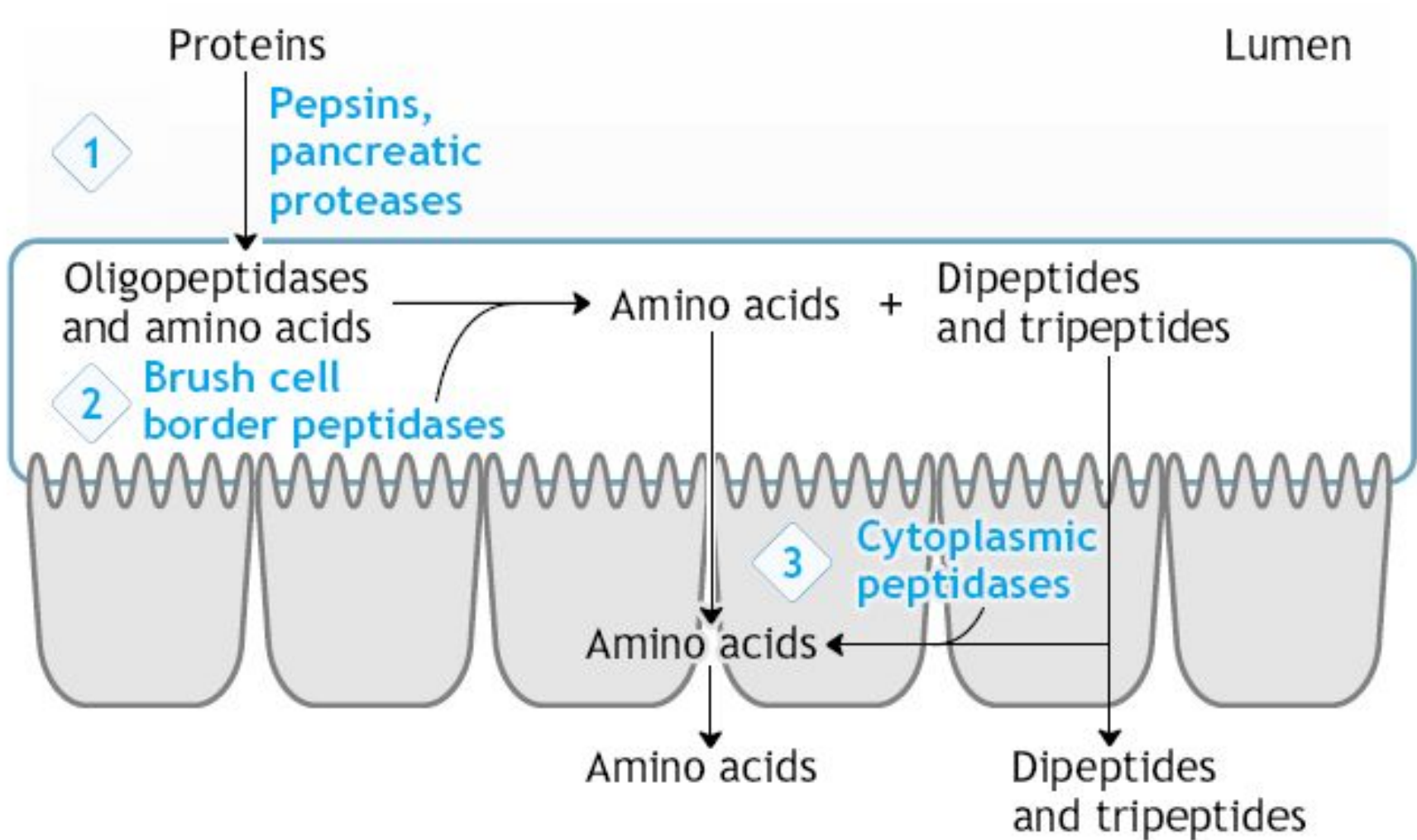
- начало переваривания белков инициируется в желудке пепсином
- большая часть переваривания белков происходит в кишечнике
 - панкреатическими протеазами
 - специфические протеолитические энзимы расщепляют пептиды и олигопептиды на аминокислоты
 - пептидазами щеточной каймы
 - пептиды расщепляются до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

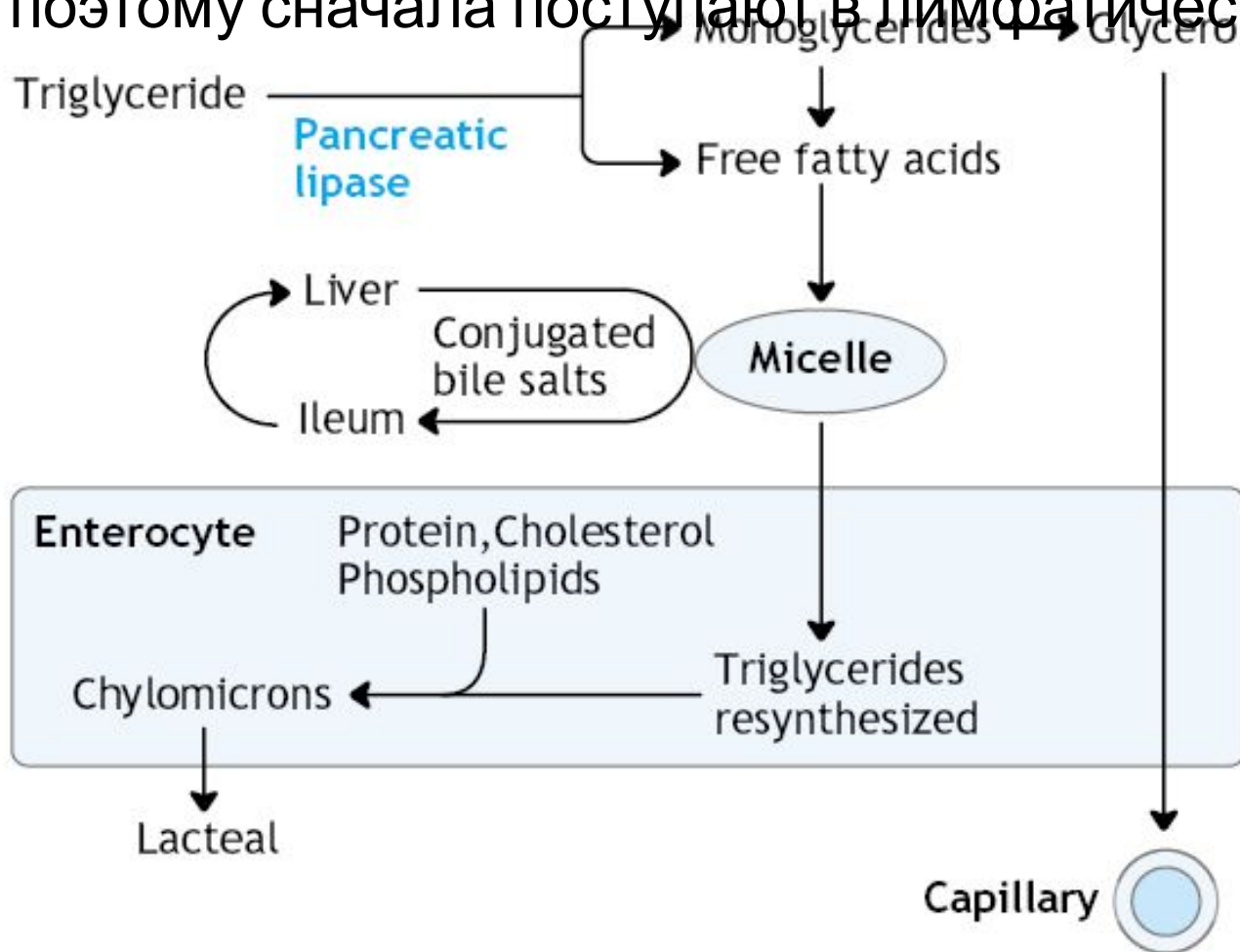
• **коротко- и средне-цепочечные ЖК** более водорастворимы

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

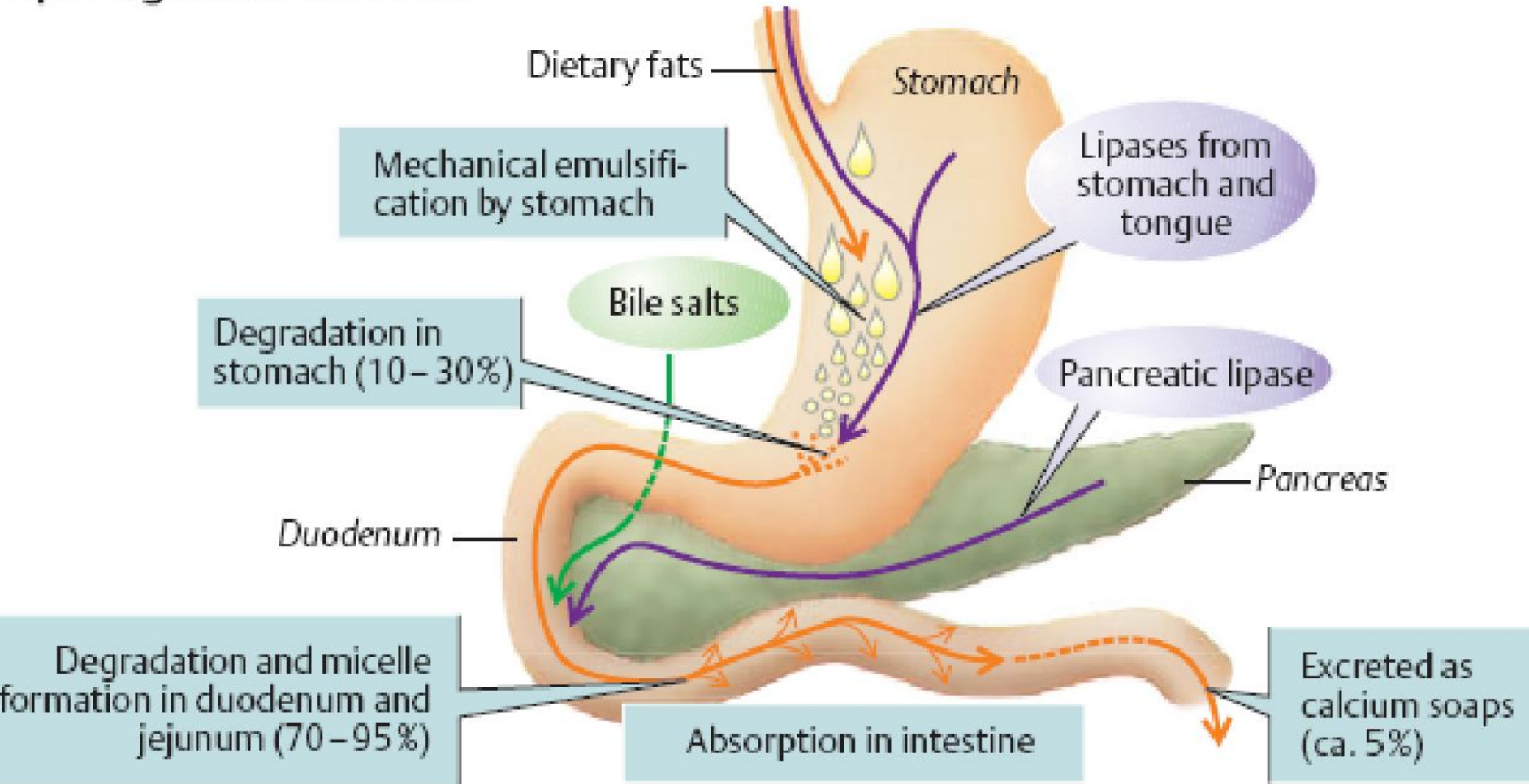
Переваривание и всасывание жиров

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

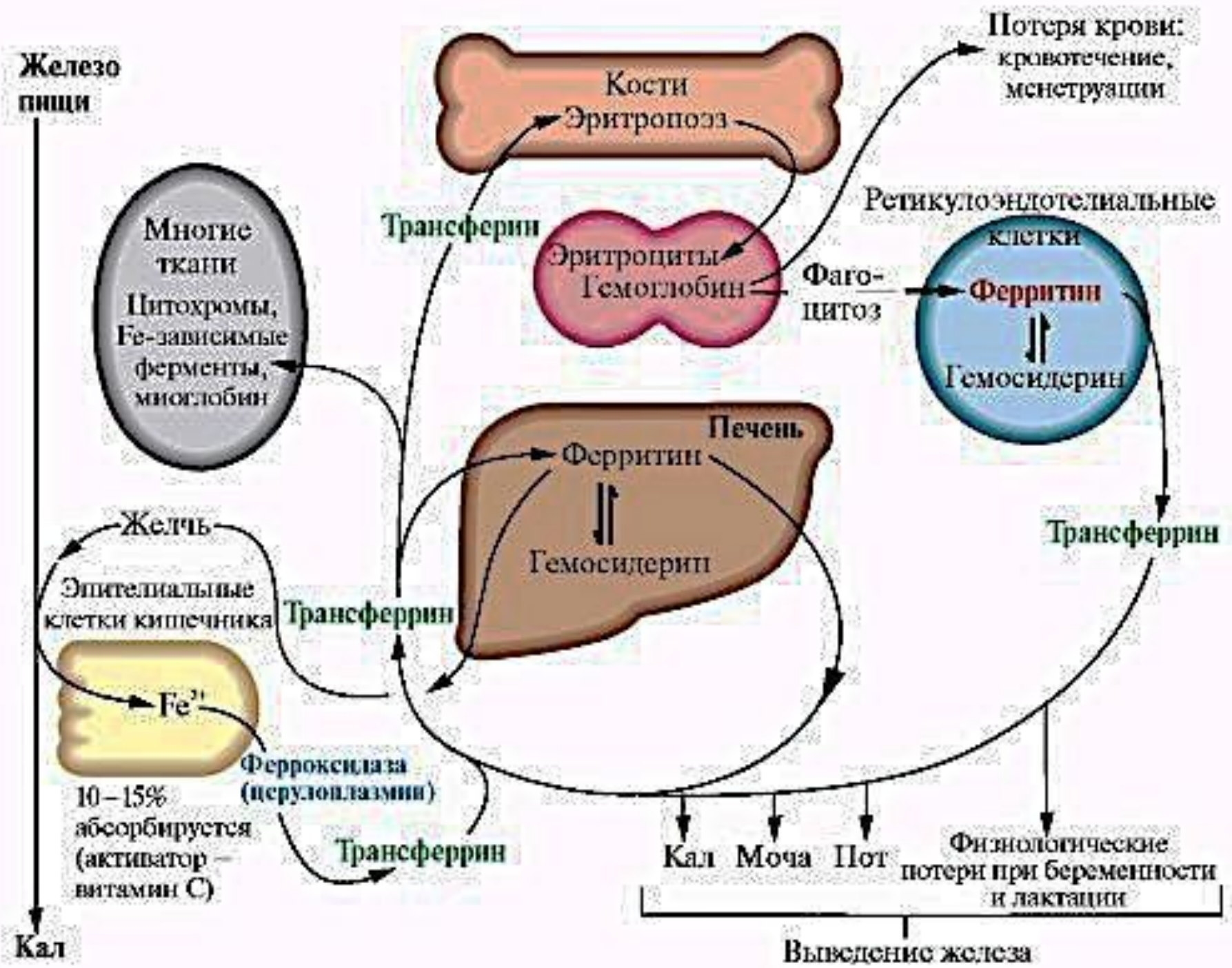
- Cl^- входит в энтероцит через котранспорт с Na^+ или в обмен на HCO_3^- (в подвздошной и толстой кишке)
 - затем пассивно диффундирует через базолатеральную мембрану в интерстиций и кровь
- большая часть K^+ абсорбируется пассивно, кроме
 - активного всасывания в прямой кишке,
 - K^+ также **секретируется** в толстом кишечнике и прямой кишке в ответ на **альдостерон**,
 - поэтому хроническая диаррея может привести к значимой гипокалиемии.

ВСАСЫВАНИЕ КАЛЬЦИЯ

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

ВСАСЫВАНИЕ ЖЕЛЕЗА

- преимущественно в двенадцатиперстной кишке и регулируется потребностями организма
- для всасывания Fe^{3+} пищи \rightarrow в 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.



Железо пищи

Многие ткани
Цитохромы,
Fe-зависимые ферменты,
миоглобин

Кости
Эритропоэз

Эритроциты
Гемоглобин

Ретикулоэндотелиальные клетки
Фагоцитоз
Ферритин
Гемосидерин

Печень
Ферритин
Гемосидерин

Желчь
Эпителиальные клетки кишечника

Fe²⁺

Ферроксидоза (перулоплазмин)
10-15% абсорбируется (активатор - витамин С)

Кал

Трансферрин

Трансферрин

Ретикулоэндотелиальные клетки

Трансферрин

Кал Моча Пот Физиологические потери при беременности и лактации

Выведение железа

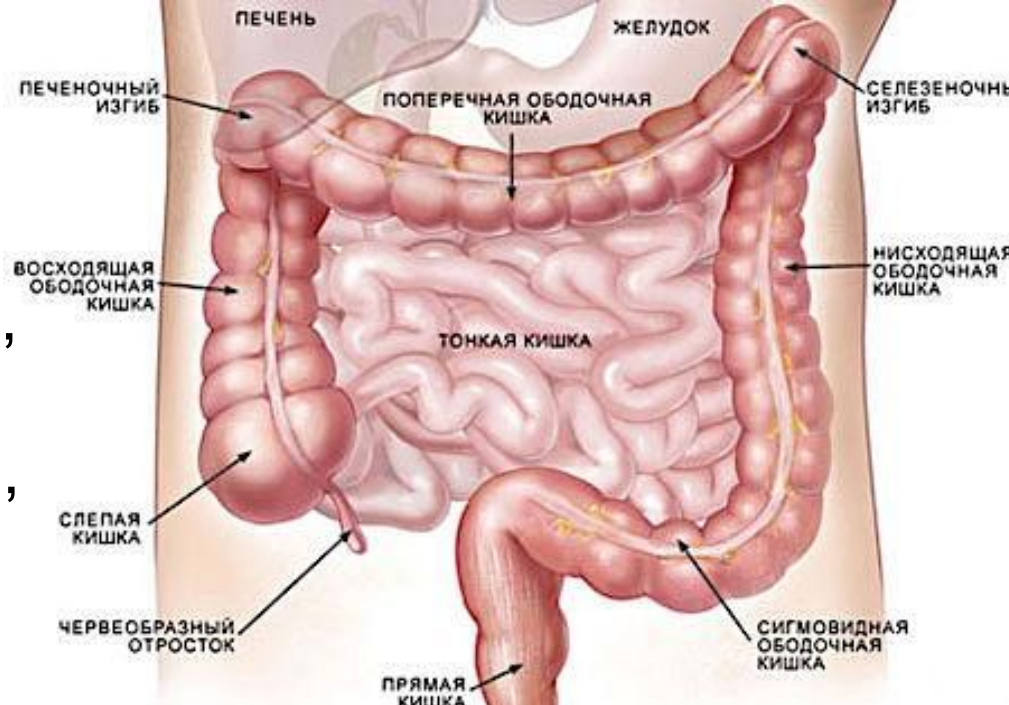
Потеря крови: кровотечение, менструации

2. переваривание и всасывание в толстом кишечнике

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

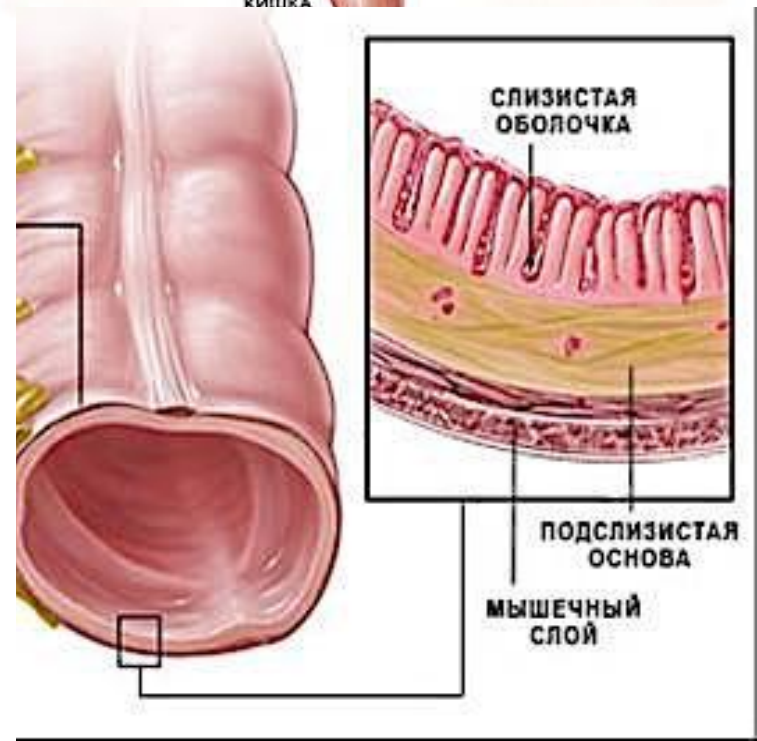
Отделы толстой кишки человека

-) 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

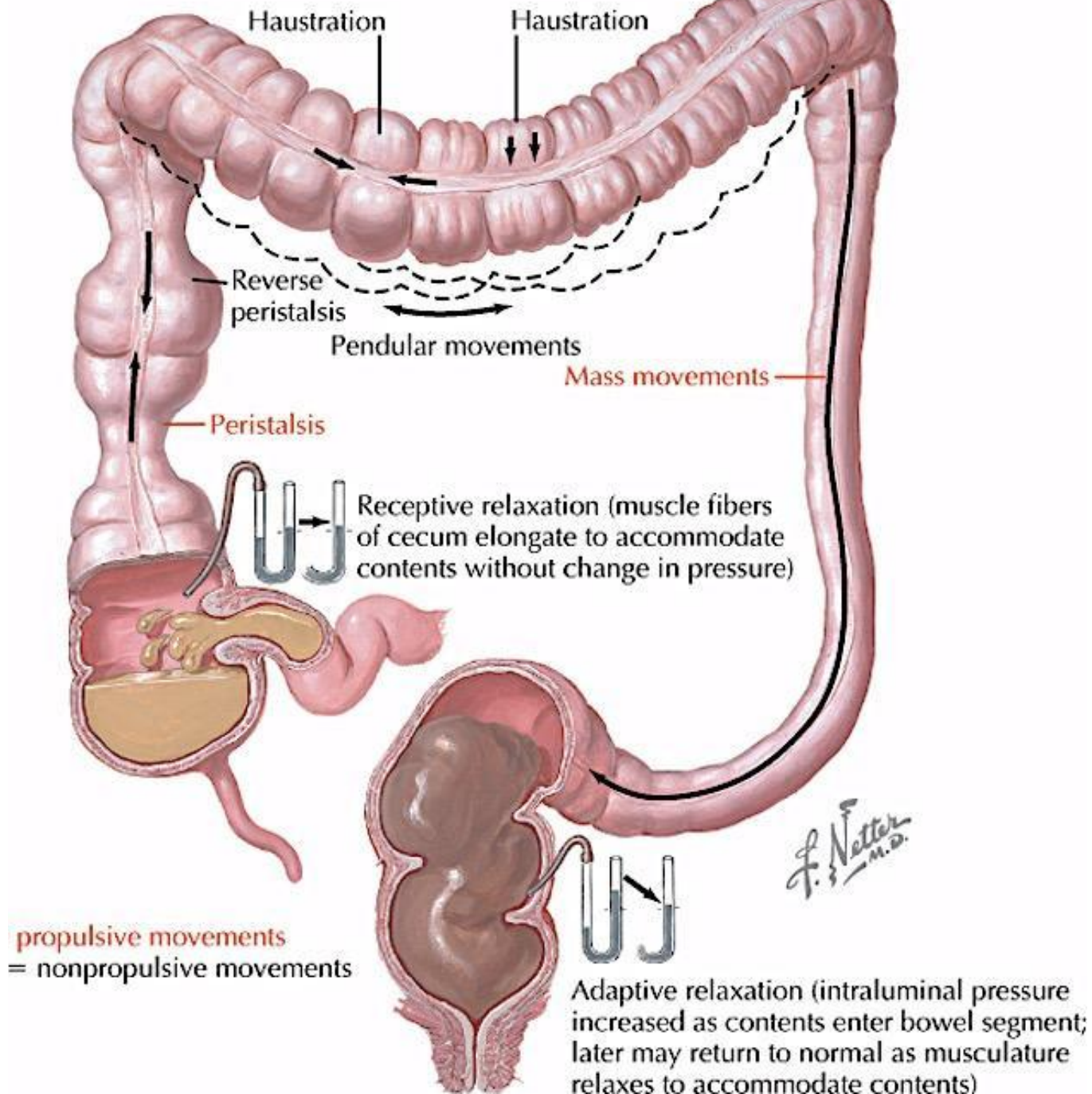
сутки после еды (***желудочно-ободочный рефлекс***)

- 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



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.**

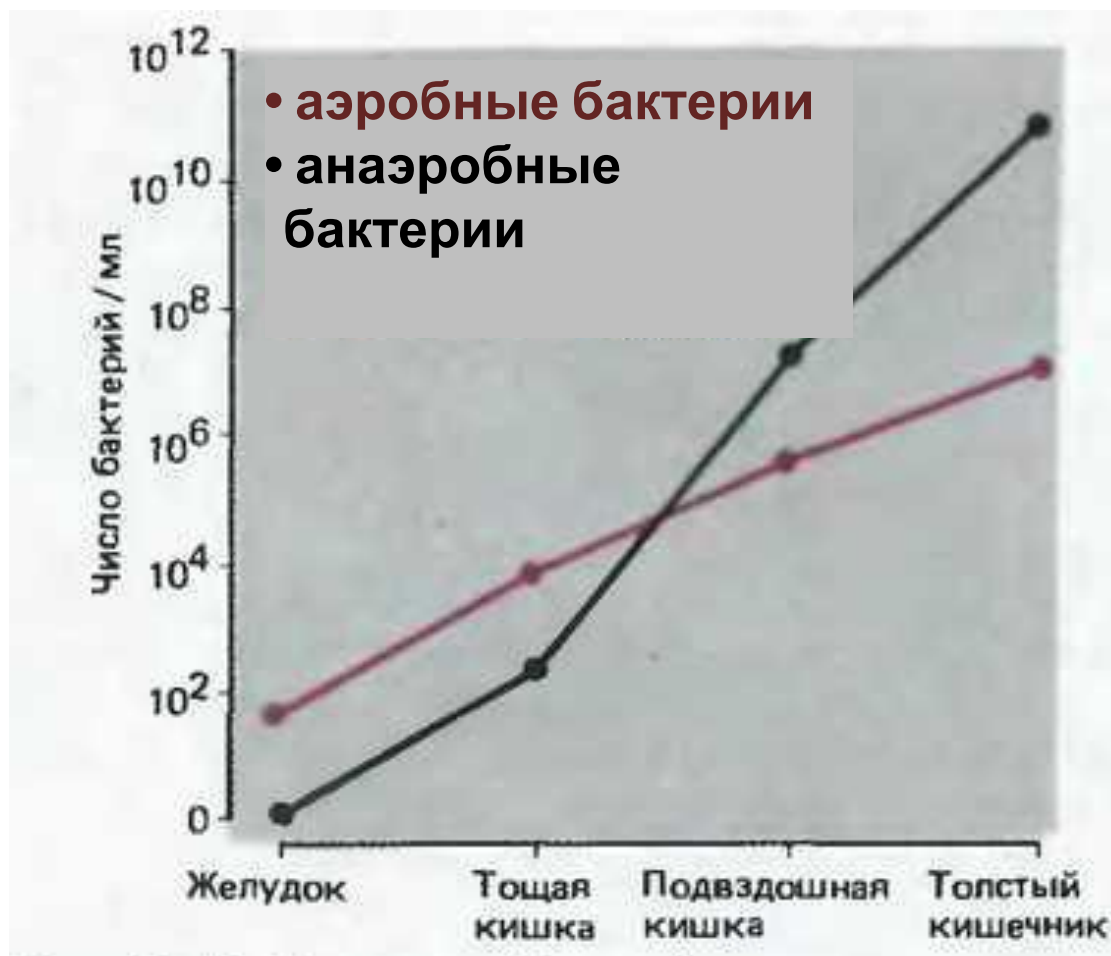
- **Бифидобактерии, лактобактерии, эубактерии, пропионобактерии и бактериоды**
 - усиливают гидролиз белков,
 - сбраживают углеводы,
 - омыляют жиры, растворяют клетчатку и
 - стимулируют перистальтику кишечника.
- **Бифидо- и эубактерии, а также эшерихии** за счет своих ферментных систем участвуют
 - 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

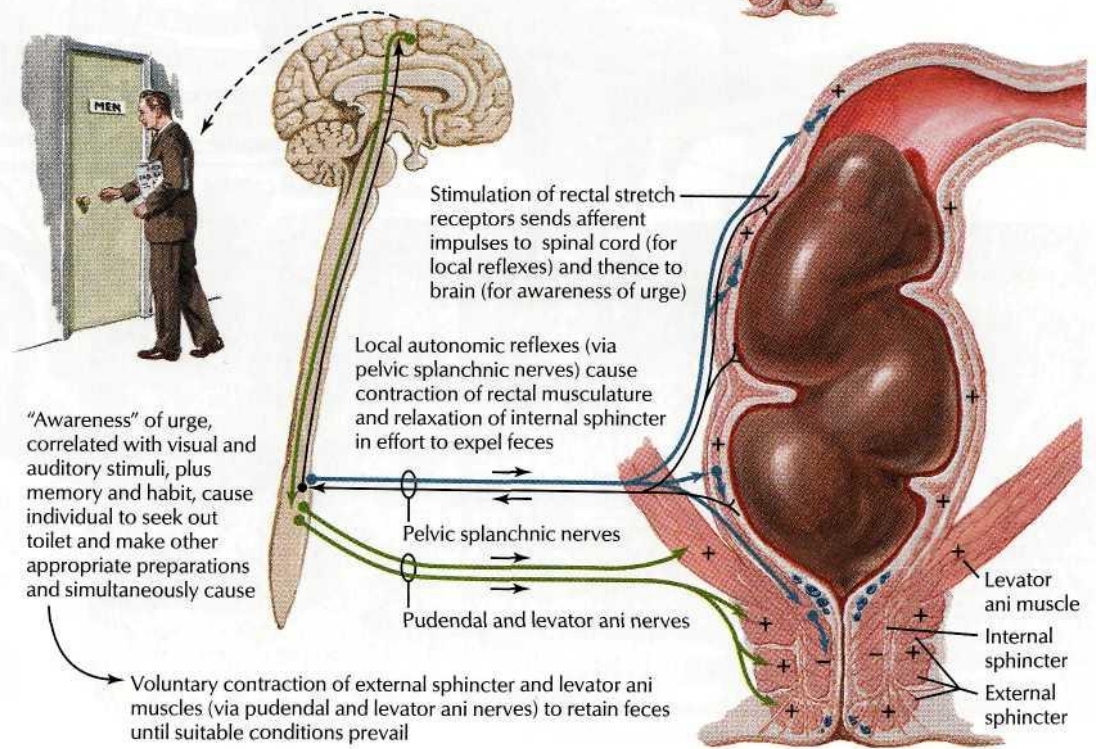
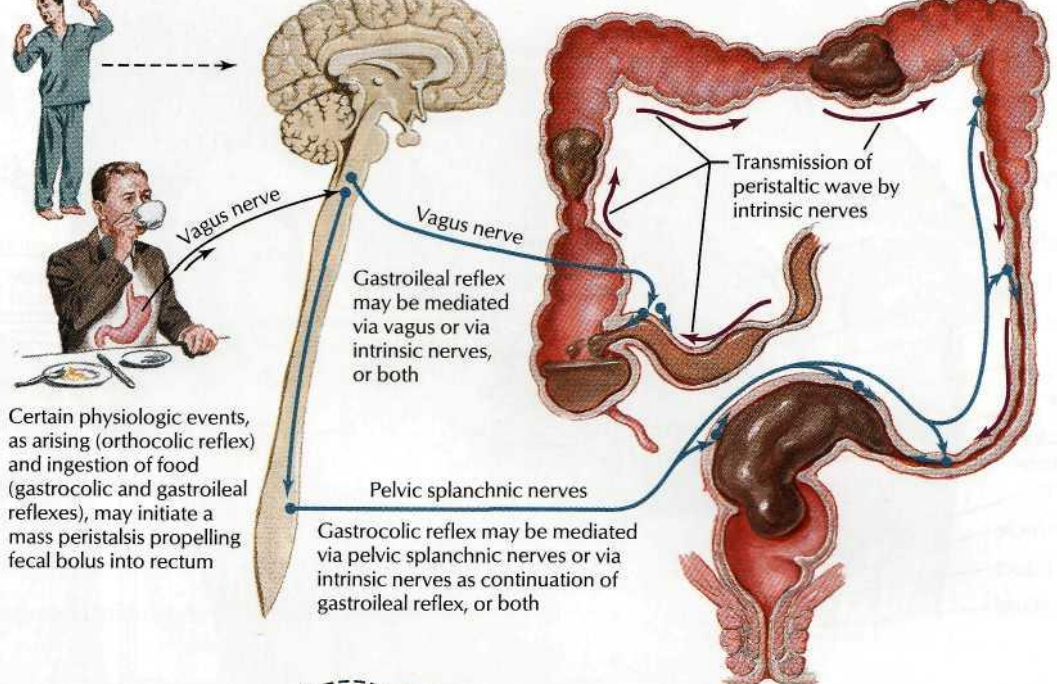
* В процессе жизнедеятельности **микроорганизмов**, относящихся к **нормальной микрофлоре**, образуются органические кислоты, которые снижают pH среды и тем самым препятствуют размножению патогенных, гнилостных и газообразующих микроорганизмов.



- 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)

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