

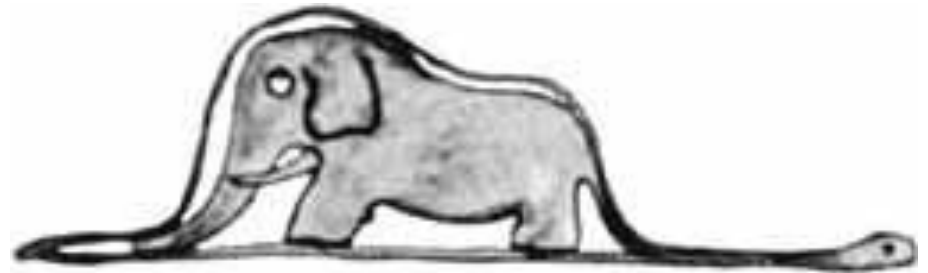
ОСНОВЫ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ

ЛЕКЦИЯ 20

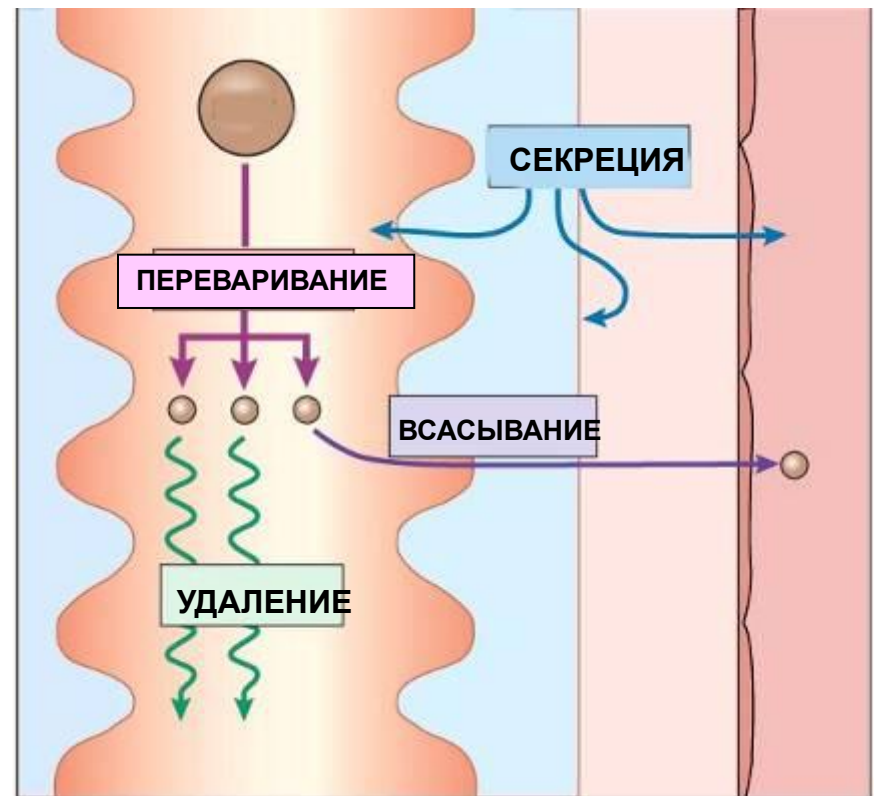
- **ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ**

Гайдуков Александр Евгеньевич
МФТИ 2017

Функции желудочно-кишечного тракта:



- потребление пищи
- продвижение по ЖКТ
- переваривание (расщепление компонентов) пищи
- всасывание
- секреция гормонов
- удаление непереваренных остатков



Просвет ЖКТ

Стенка ЖКТ Кровь

Глотание

- I. Произвольная (ротовая) фаза
- II. Глоточная фаза
- III. Пищеводная фаза

Глотка и верхний отдел пищевода состоят из поперечно-полосатой мускулатуры – управляются соматическими нервами

Рефлекторная дуга:

рецепторы глотки



X и V нервы



ядро солитарного тракта



ЦЕНТР ГЛОТАНИЯ

(расположен в продолговатом мозге)



V, IX, X, XII и верхние шейные нервы

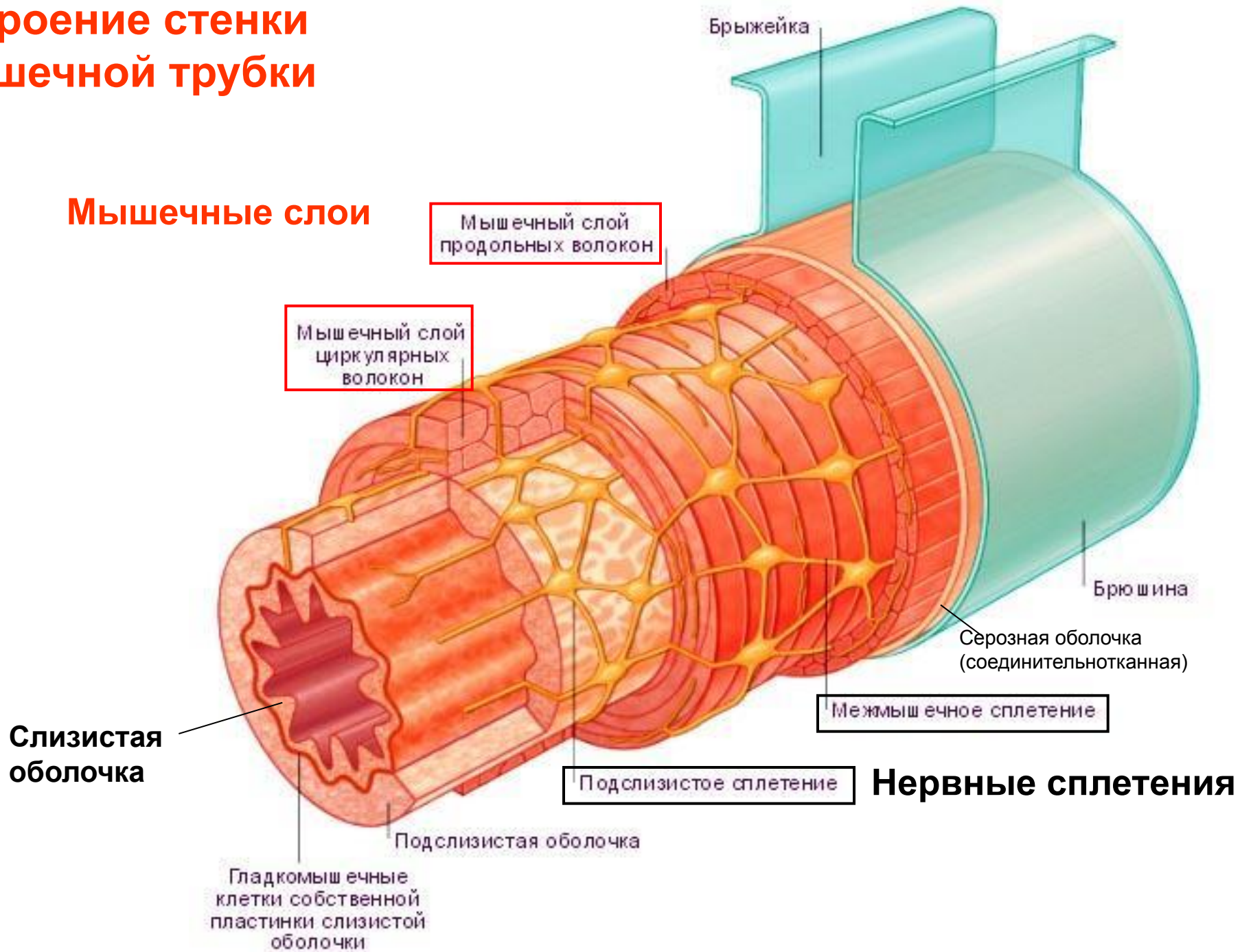


мышцы рта, глотки и пищевода



Строение стенки кишечной трубки

Мышечные слои



Брыжейка

Мышечный слой продольных волокон

Мышечный слой циркулярных волокон

Брюшина

Серозная оболочка (соединительнотканная)

Межмышечное сплетение

Слизистая оболочка

Подслизистое сплетение

Нервные сплетения

Подслизистая оболочка

Гладкомышечные клетки собственной пластинки слизистой оболочки

Электрическая активность гастроинтестинальной гладкой мускулатуры

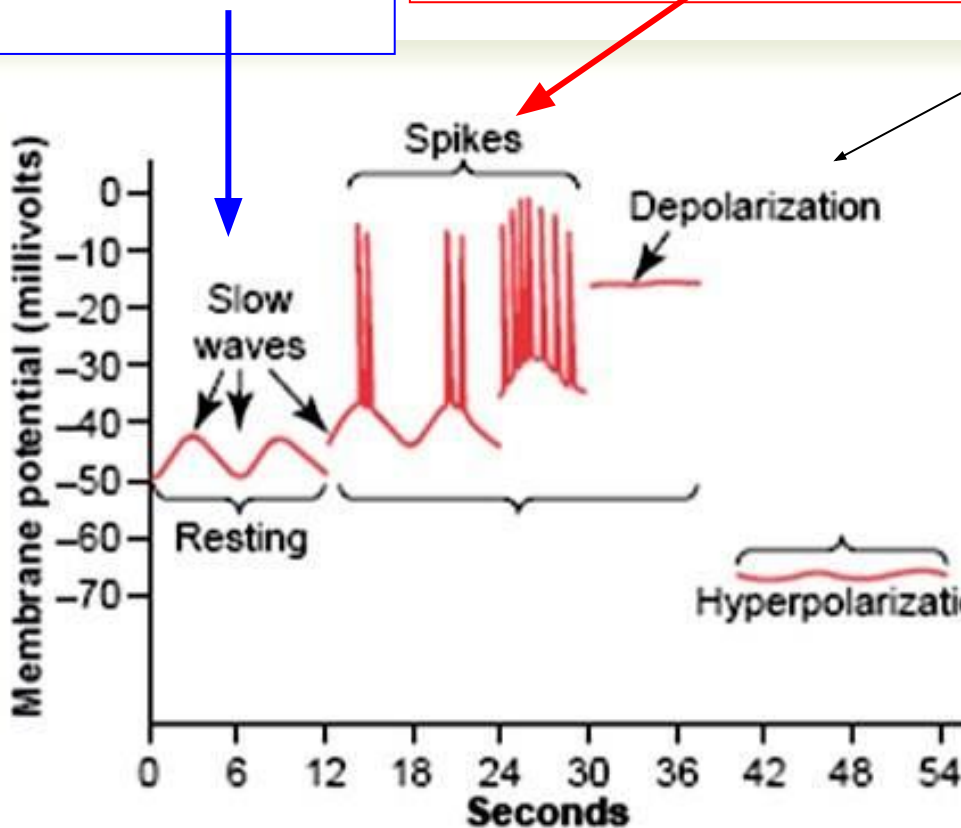
Медленные волны:

- не ПД, а медленное изменение мембранного потенциала
- амплитуда 5-15 мВ, частота: 3 в мин в желудке, 12 в мин в 12-перстной кишке;
- не вызывают сокращений гладкой мускулатуры, за исключением мускулатуры желудка

Спайковые потенциалы:

- возникают, когда клетка деполяризуется до -40 мВ;
- чем «выше» медленная волна, тем больше частота ПД на ее «гребне»;
- фаза деполяризации ПД обеспечивается током Ca^{2+} через потенциал-зависимые каналы, входящие ионы Ca^{2+} обеспечивают сокращение гладкомышечной клетки.

Т.е. гладкие мышцы стенок ЖКТ принадлежат к фазическому типу (кроме проксимального отдела желудка) и сфинктеров



Деполяризация:

- растяжение клеточной мембраны;
- воздействие АЦХ;
- стимуляция парасимпатических нервов;
- действие некоторых гастроинтестинальных гормонов

Гиперполяризация:

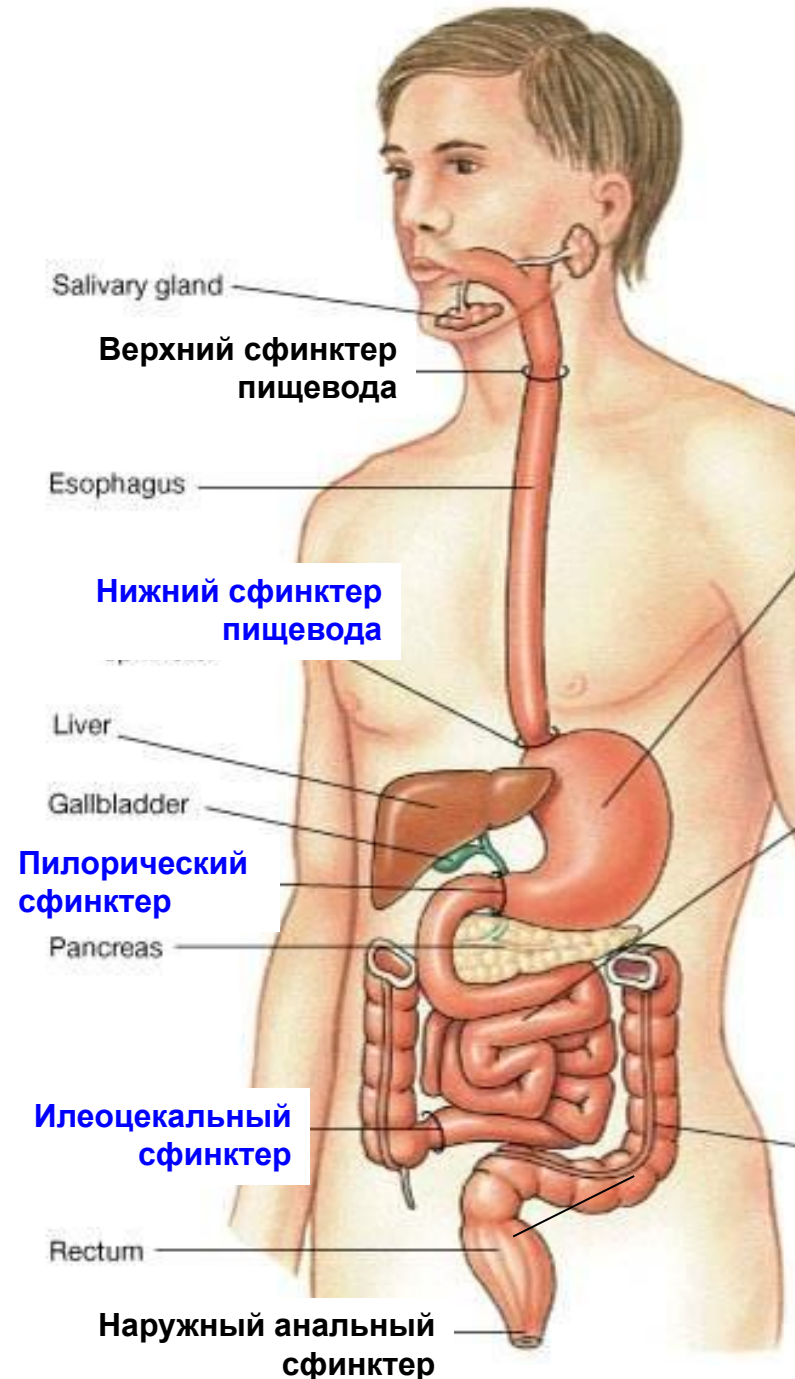
- действие адреналина;
- стимуляция симпатических нервов

Сфинктеры пищеварительного тракта:

- Верхний сфинктер пищевода и наружный анальный сфинктер состоят из поперечно-полосатой мышечной ткани, управляются соматическими нервами

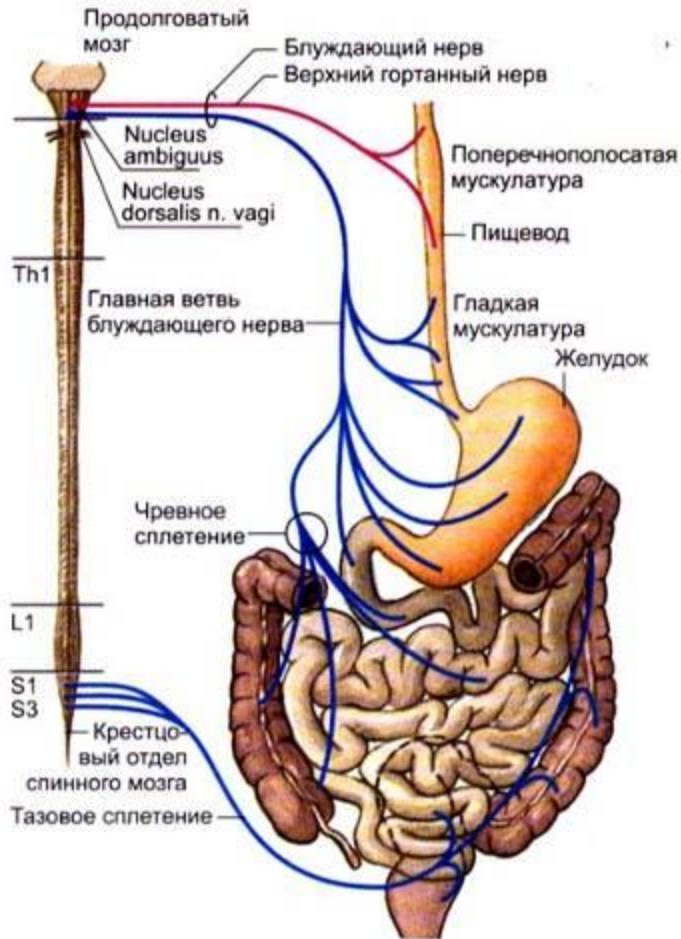
- Остальные сфинктеры состоят из гладкомышечной ткани тонического типа (в отличие от «трубчатых» отделов, в которых расположены гладкие мышцы фазического типа).

- Сфинктеры иначе управляются автономной нервной системой и другими влияниями, чем трубчатые отделы ЖКТ



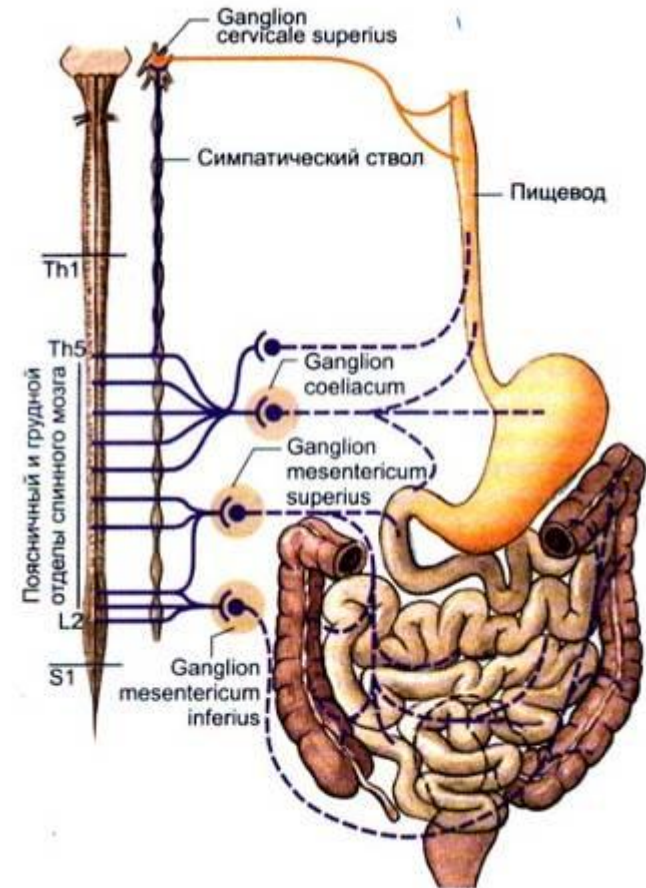
Нервная регуляция ЖКТ

Парасимпатическая регуляция



- Усиление моторики
- Расслабление сфинктеров
- Усиление секреции пищеварительных желез

Симпатическая регуляция



- Торможение моторики
- Сокращение сфинктеров
- Подавление секреции пищеварительных желез (кроме слюнных)

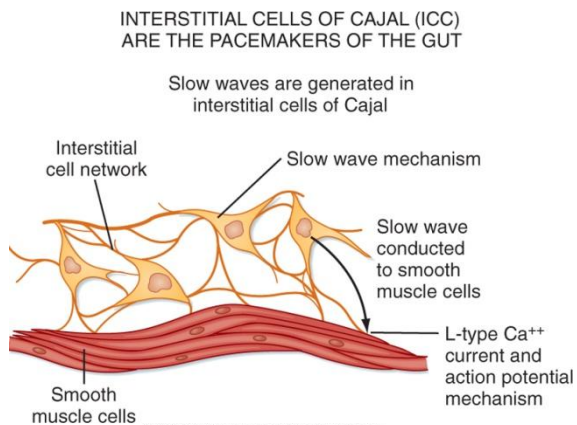
Интерстициальные клетки Кахаля



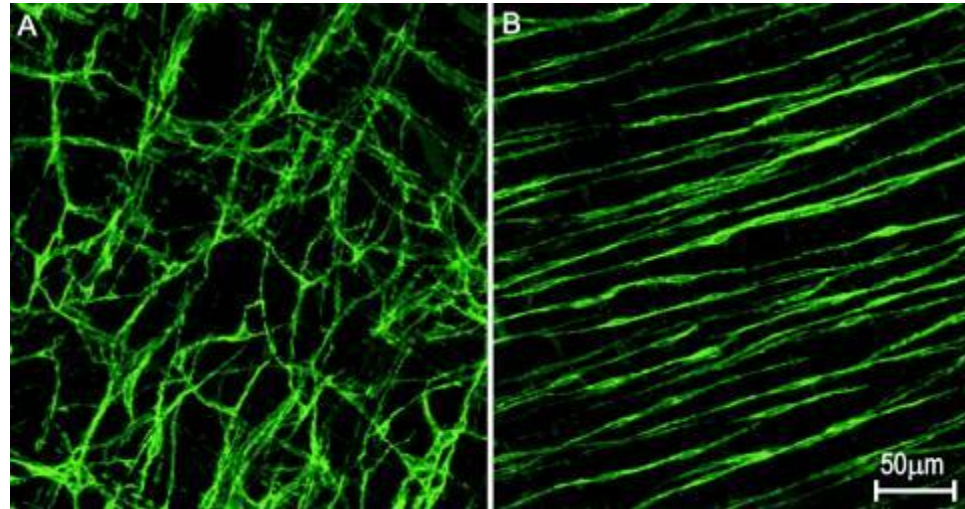
Имеют мезенхимальное происхождение (как и гладкомышечные клетки)

Пейсмейкеры гладкой мускулатуры ЖКТ

Клетки Кахаля необходимы для нормальной моторной активности кишечника (их недоразвитие ведет к нарушению сокращений)



Koepfen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition, Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved



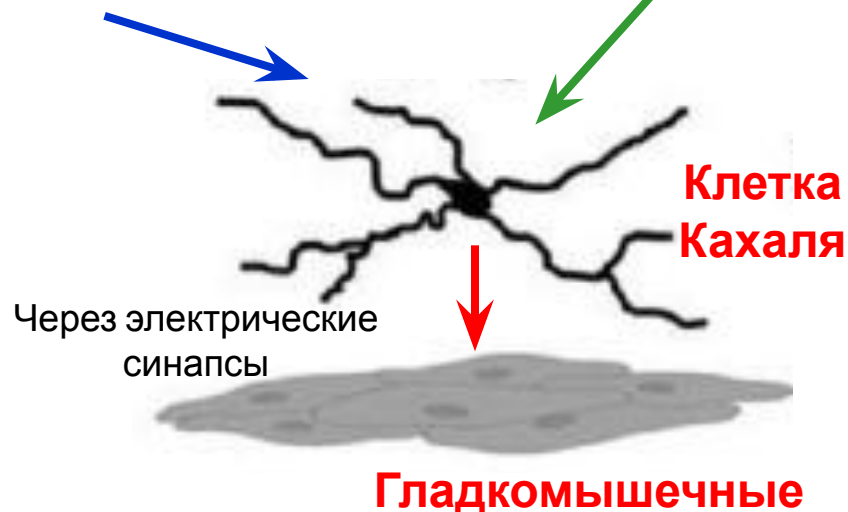
В межмышечном нервном сплетении

В толще мышечного слоя

«Акцепторы» и посредники нервных влияний

Симпатические и парасимпатические влияния

Влияния метасимпатической нервной системы



Энтеральная (метасимпатическая) нервная система координирует сокращения стенки

- Лежит в стенке ЖКТ, от пищевода до анального отверстия;
- ~ 100 млн. нейронов ~ числу нейронов в спинном мозге;
- Регулирует процессы перистальтики и секреции;
- Может функционировать независимо от внешних регулирующих воздействий

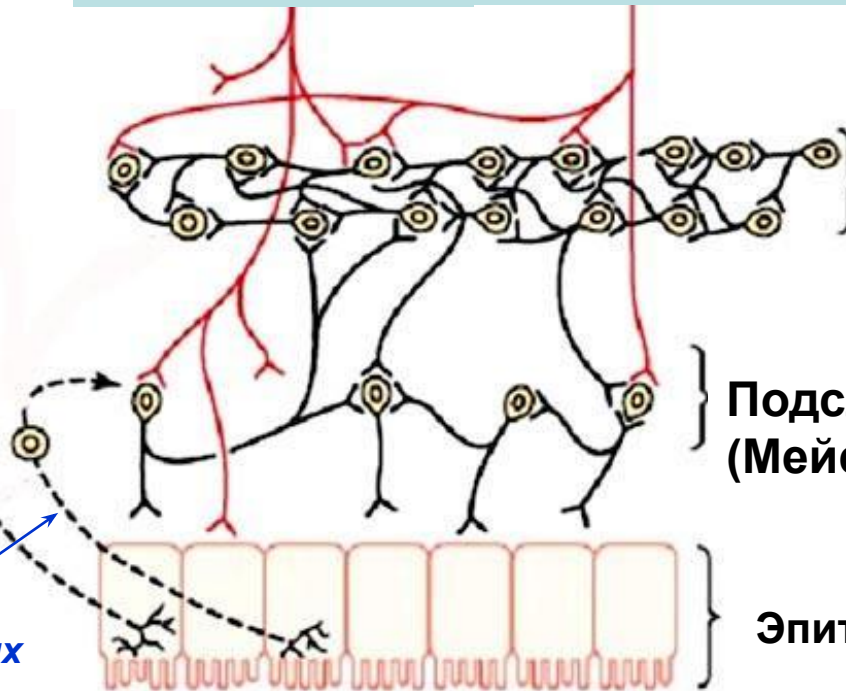
Многообразие

медиаторов:

- ацетилхолин;
- норадреналин;
- АТФ;
- серотонин;
- дофамин;
- холецистокинин (ХЦК);
- субстанция P (SP);
- вазоактивный интестинальный пептид (ВИП);
- опиоидные пептиды;
- NO

К превертебральным ганглиям, спинному мозгу, стволу головного мозга

Симпатические волокна (постганглионарные) Парасимпатические волокна (преганглионарные)



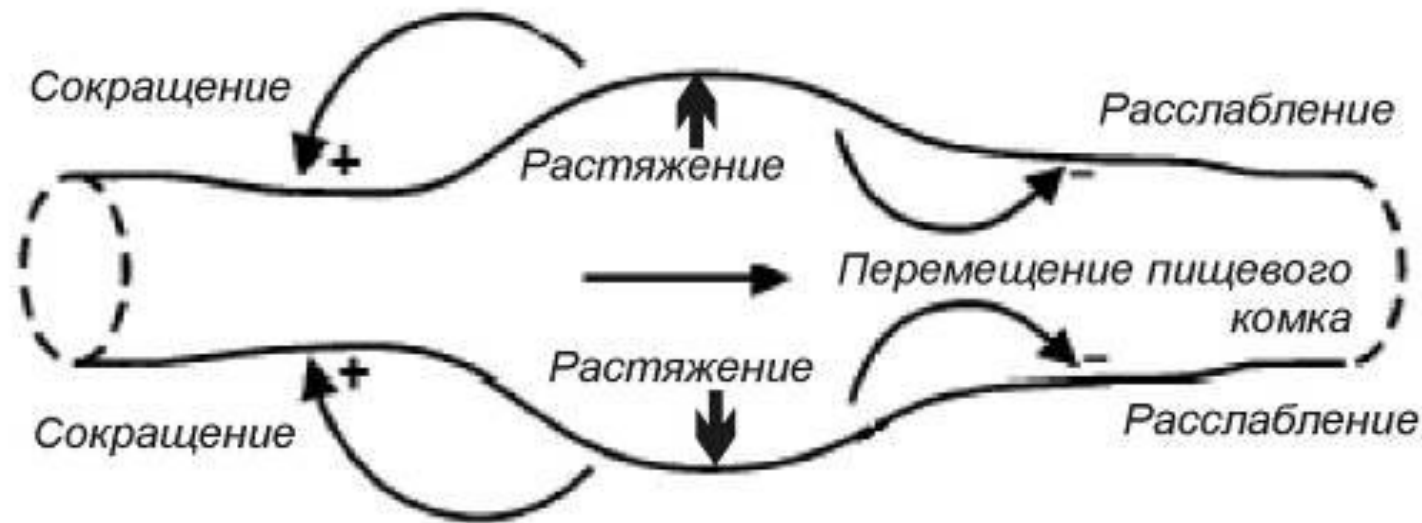
Межмышечное сплетение (миоэнтеральное, Ауэрбахово)

Подслизистое сплетение (Мейснерово)

Эпителий

Отростки сенсорных нейронов

Координация перистальтических сокращений кишечника метасимпатической нервной системой («перистальтический рефлекс»)



Болезнь Гиршпрунга (аганглиоз):

нарушение развития межмышечного нервного сплетения



Расширение
проксимального
участка

Участок с
неправильной
иннервацией

Моторная функция желудка

Проксимальный отдел:

1. Гладкие мышцы этого отдела не генерируют ПД
2. Медленные тонические сокращения
3. Основная функция - накопительная

Дистальный отдел:

1. Базальная электрическая активность
2. Перистальтические фазические сокращения
3. Начало переваривания белков
4. Образование химуса и его продвижение в тонкий кишечник

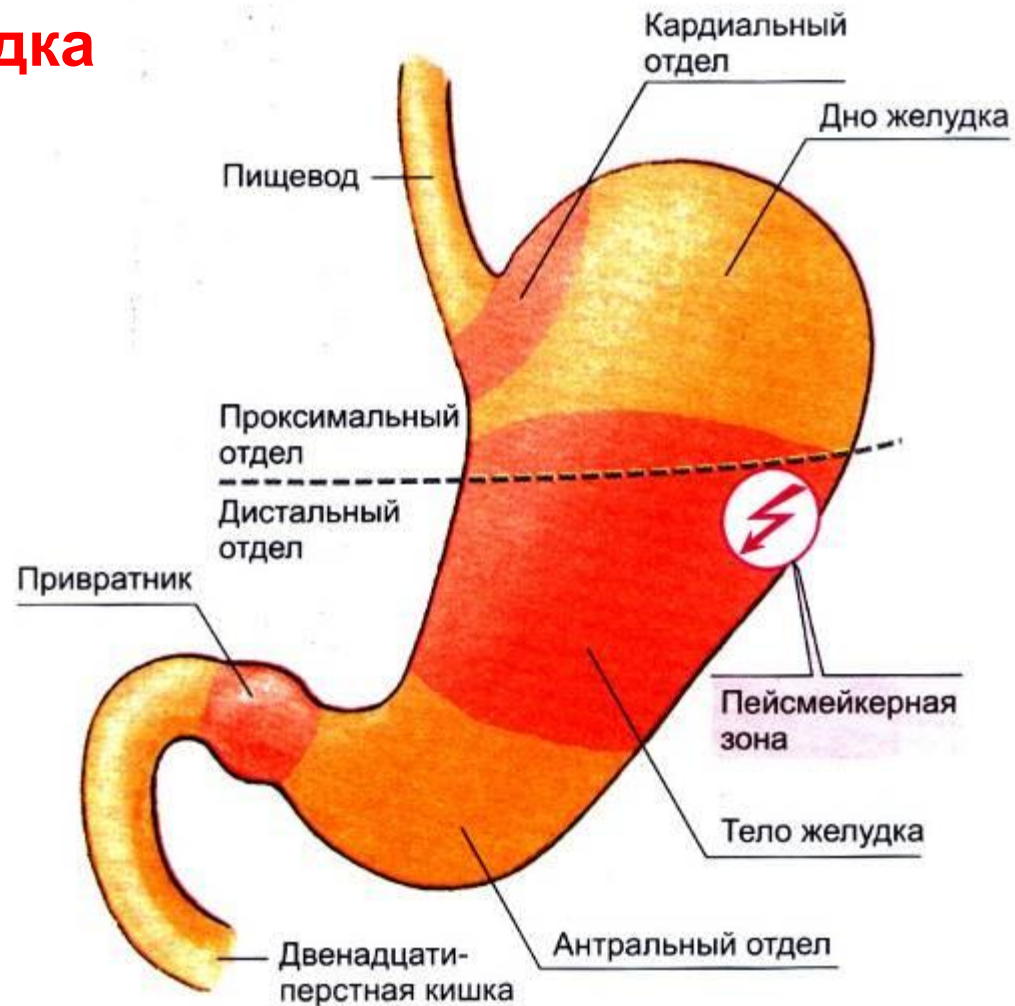


Рис. 108.1. Анатомические и функциональные отделы желудка. Функционально желудок разделяют на проксимальный отдел (тоническое сокращение: функция хранения пищи) и дистальный отдел (функция перемешивания и переработки). Перистальтические волны дистального отдела желудка начинаются в области желудка, содержащей клетки гладкой мускулатуры, мембранный потенциал которых колеблется с наибольшей частотой. Клетки этой области являются водителями ритма желудка

**Все начинается
с заполнения желудка:**

**Рефлексы, вызывающие
расслабление гладких мышц
и расширение желудка для того,
чтобы он мог вместить пищу**

**Эти рефлексы «запускаются»
рецепторами, расположенными в
пищевод и в проксимальном
отделе желудка**

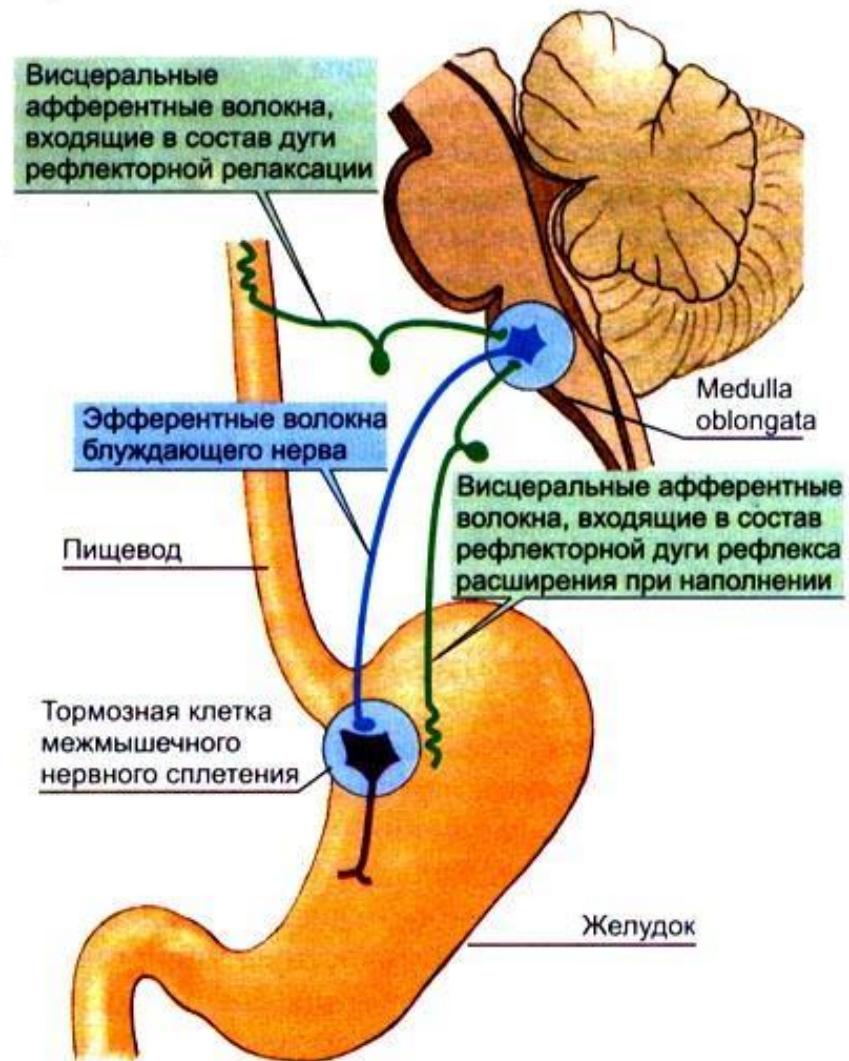


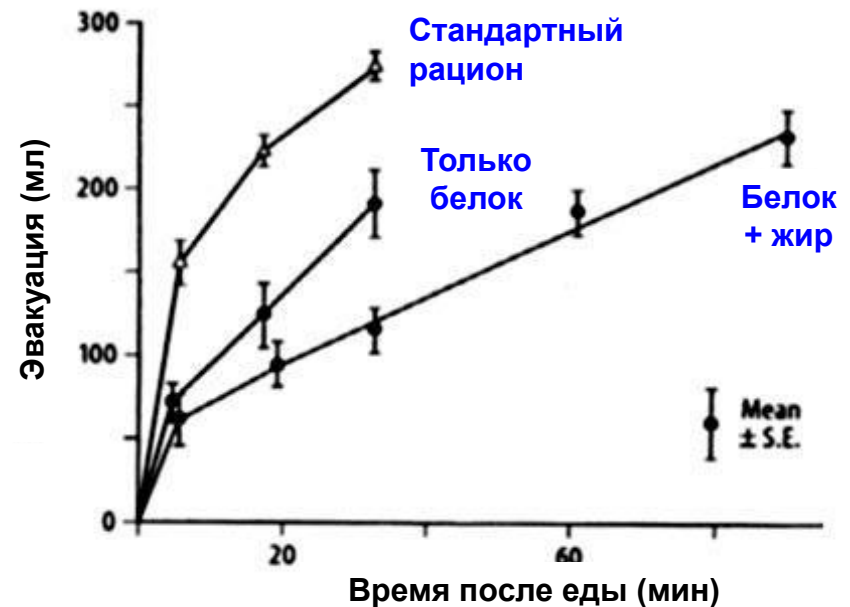
Рис. 108.3. Рефлексы проксимального отдела желудка: рефлекторная релаксация и рефлекс расширения при наполнении; рефлекторные дуги рефлексов. Рефлекторная релаксация и рефлекс расширения при наполнении отличаются друг от друга афферентным звеном рефлекторной дуги: в первом случае рефлекс запускается висцеральными афферентами глотки и верхнего отдела пищевода, а во втором — висцеральными афферентами стенки желудка

А заканчивается эвакуацией химуса

Пропульсивно-ретропульсивное перемещение химуса в антральной части желудка



“Качество” пищи регулирует скорость опустошения желудка



Моторная функция кишечника



Ритмическая сегментация



Изолирующие сокращения



Аритмическая сегментация



Поверхностная ритмическая сегментация

Перистальтика

Сегментация

Маятникообразные движения

Сокращение ворсинок кишечника,

благодаря чему они все время соприкасаются с новыми порциями химуса. Такие сокращения способствуют оттоку лимфы по лимфатическим сосудам, которые проходят внутри ворсинок («доение»)

Время прохождения пищи по пищеварительному тракту человека

Слюнные железы ротовой полости

Время опорожнения с момента приема пищи

Пищевод

10с

Желудок

1-3ч

Тонкий кишечник (тощая кишка)

7-9ч

Толстый кишечник (сигмовидная кишка)

25-30ч

Прямая кишка

30-120ч

Печень

Тонкий кишечник (двенадцатиперстная кишка)

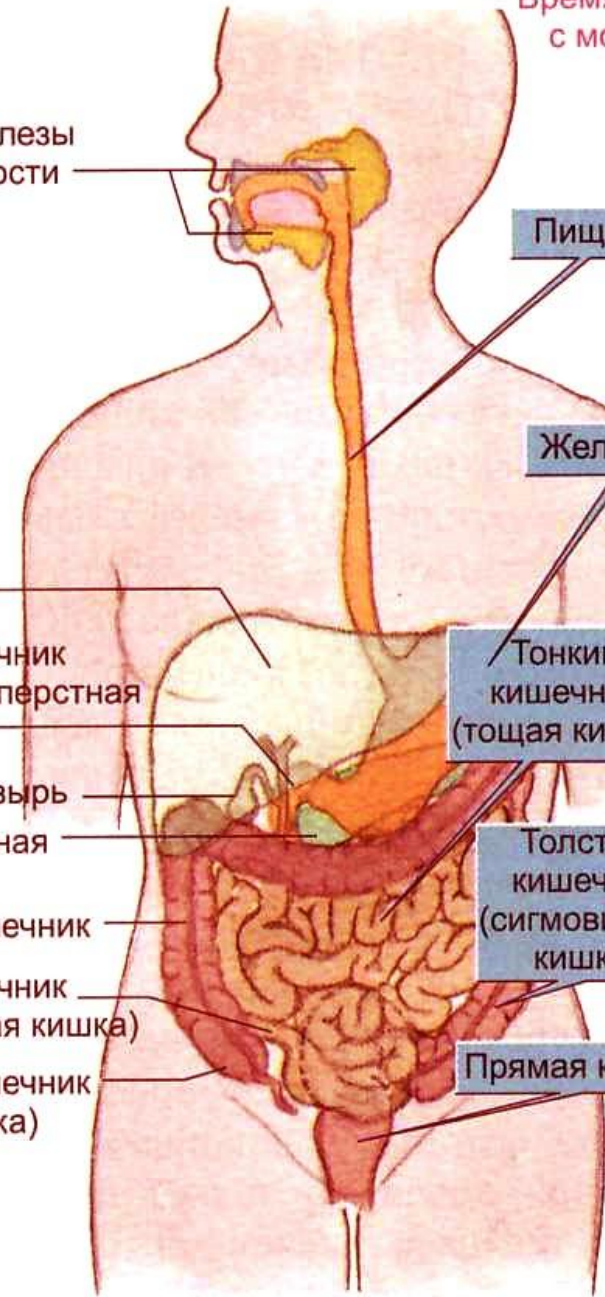
Желчный пузырь

Поджелудочная железа

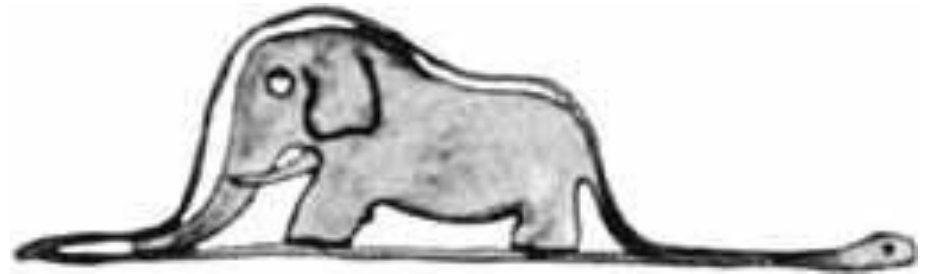
Толстый кишечник

Тонкий кишечник (подвздошная кишка)

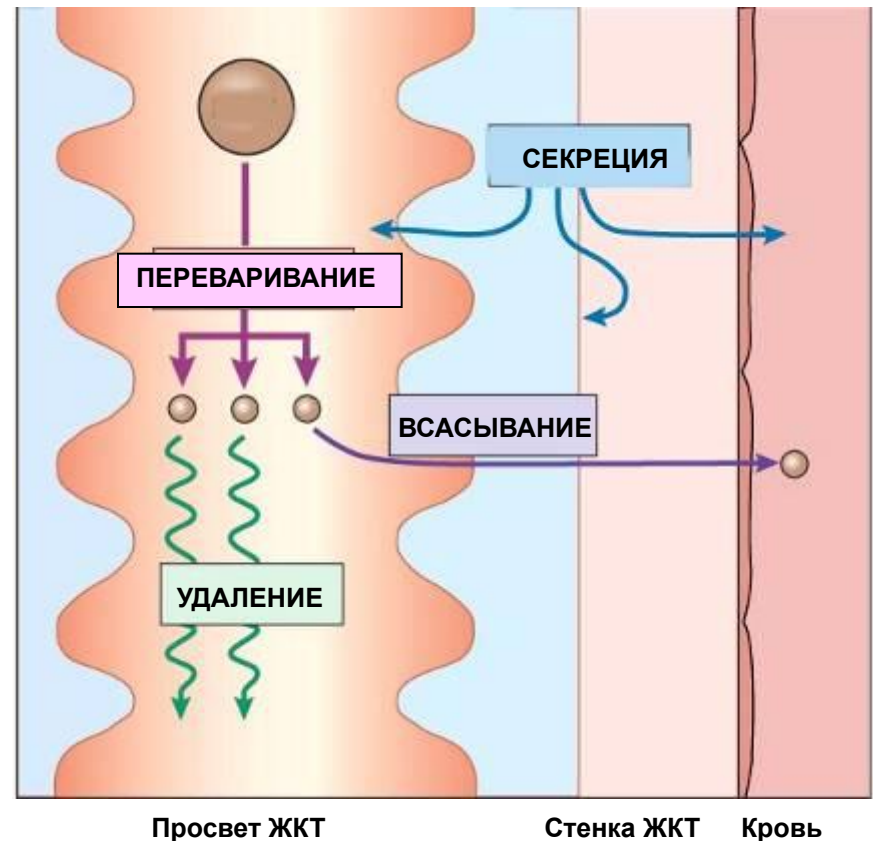
Толстый кишечник (слепая кишка)



Функции желудочно-кишечного тракта:



- потребление пищи
- продвижение по ЖКТ
- переваривание (расщепление компонентов) пищи
- всасывание
- секреция гормонов
- удаление непереваренных остатков



Секреция в ЖКТ

Ротовая полость:

Слюнные железы.

Ферменты: **альфа-амилаза**, у грудных детей – небольшое кол-во **липазы** (расщепление жиров)

- Слизь, HCO_3^-
- **Ферменты**
- «Вспомогательные секреты»
- **Гормоны**

Желудок:

Трубчатые железы, клетки которых секретируют:

- **HCl** (париетальные клетки),
- **пепсиноген и желудочную липазу** (главные клетки),
- слизь и бикарбонат (мукозные клетки),
- **гастрин** (G-клетки),
- **гистамин** (энтерохромаффинные клетки)
- **соматостатин** (D-клетки)
- **внутренний фактор** (нужен для всасывания витамина B_{12})

Тонкий кишечник:

Поджелудочная железа секретирует ферменты, действующие на все компоненты пищи: **альфа-амилазу, липазу, трипсиноген, химотрипсиноген, проэкзопептидазы, нуклеазы.**

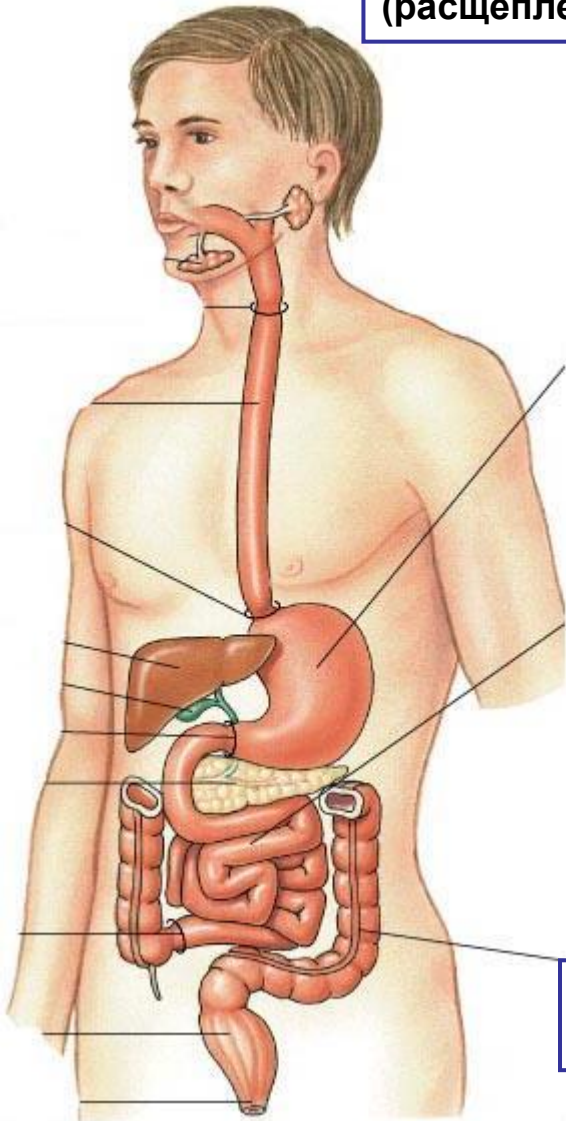
Печень секретирует **желчь**

Стенки кишечника секретируют:

- **Энтерокиназу** (нужна для активации ферментов)
- гормоны: **секретин, холецистокинин, мотилин** и др
- **ферменты пристеночного пищеварения**

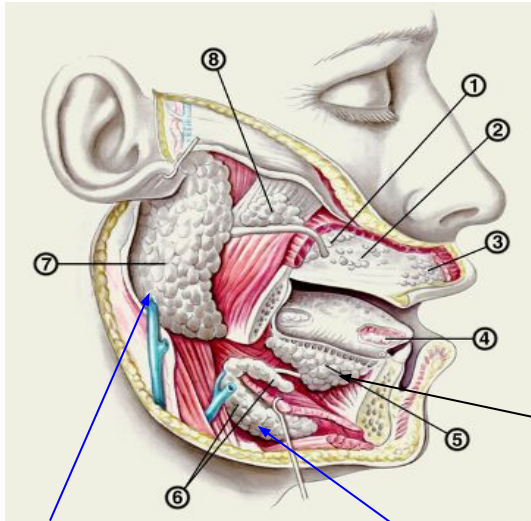
Толстый кишечник:

Секреция слизи



Основные функции слюны:

1. Смачивание измельченной пищи и подготовка пищевого комка к проглатыванию
2. Начальный гидролиз углеводов
3. Нейтрализация соляной кислоты, которая может забрасываться из желудка в пищевод



Подъязычные железы

- ферменты
- слизь

Подчелюстные железы

- ферменты
- слизь

Околоушные железы

- в основном ферменты

Состав слюны:

- **Альфа-амилаза** - фермент,
- Муцин - слизь,
- Бикарбонат – слабощелочной pH,
- Лизоцим – бактерицидные свойства

Объем: 1 - 1,5 л в день

pH: в отсутствие еды или мыслей о ней – 6–7,
во время еды – 7-8



Секреция альфа-амилазы, слизи, межклеточной жидкости

Реабсорбция натрия и хлора, секреция калия и бикарбоната

**Выделение слюны регулируется нервными механизмами:
безусловные и условные рефлексy**

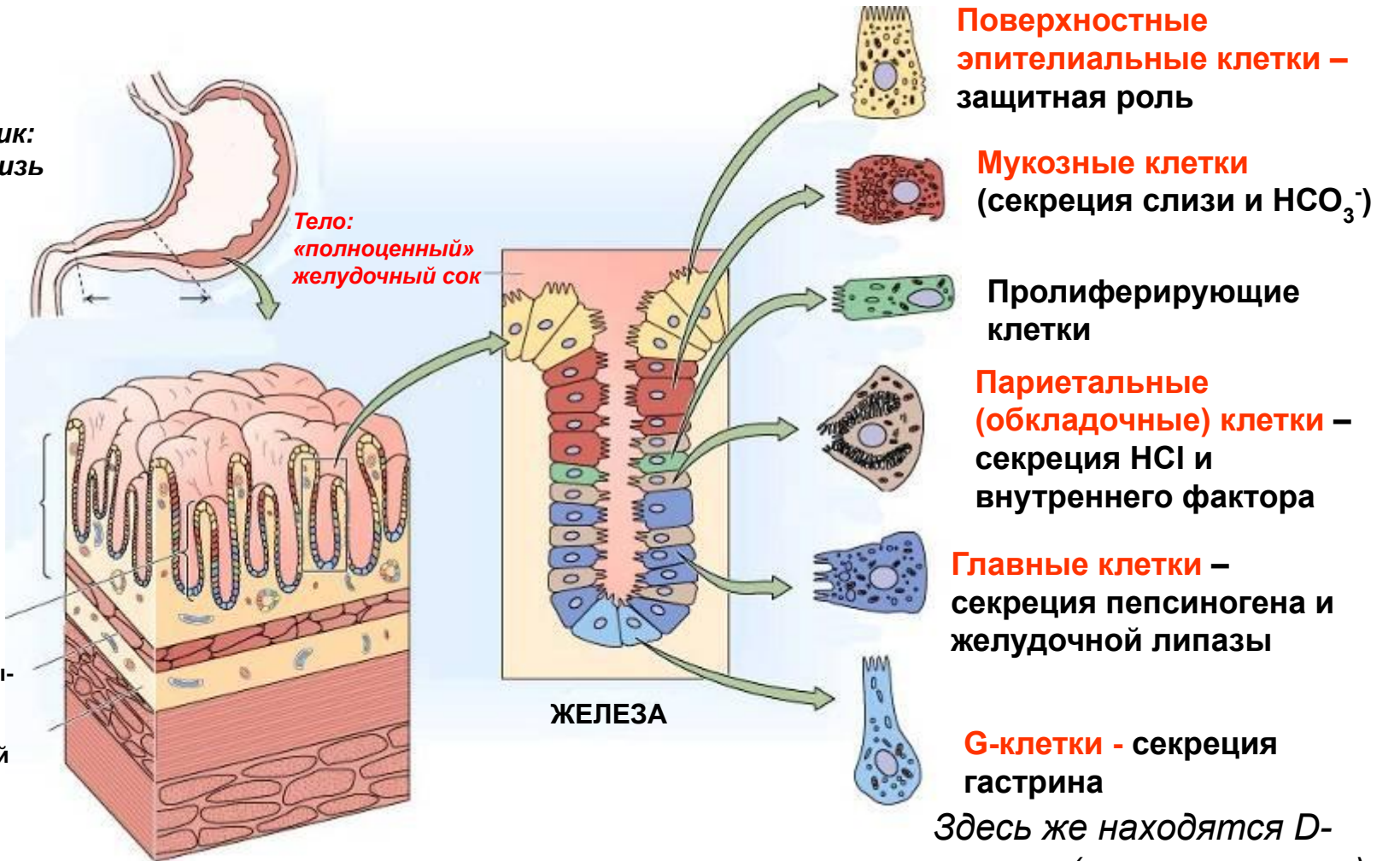
Секреция в желудке

Привратник:
только слизь
и гастрин

Тело:
«полноценный»
желудочный сок

ЖЕЛЕЗА

Гладкомышечные
клетки
слизистой
оболочки



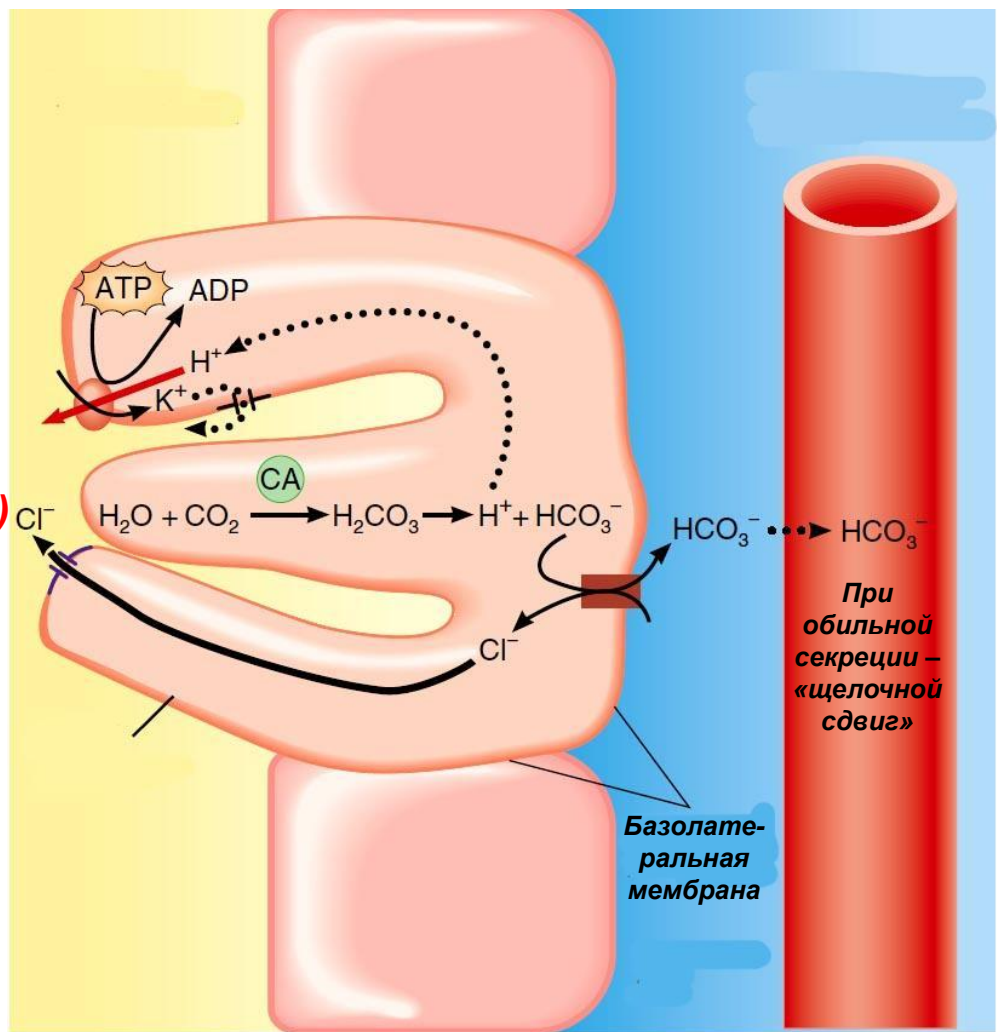
Образование HCl париетальными клетками

HCl

H⁺:
активный
транспорт
(обмен на K⁺)

Cl⁻:
пассивный
транспорт
(вслед за H⁺)

Просвет
желудка



**ПРОТОННАЯ
ПОМПА**
(H⁺/K⁺ ATPase)



K⁺ канал

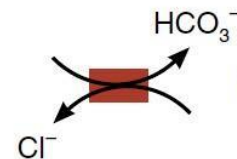


Cl⁻ канал



КАРБОАНГИДРАЗА

.....> Пассивный транспорт

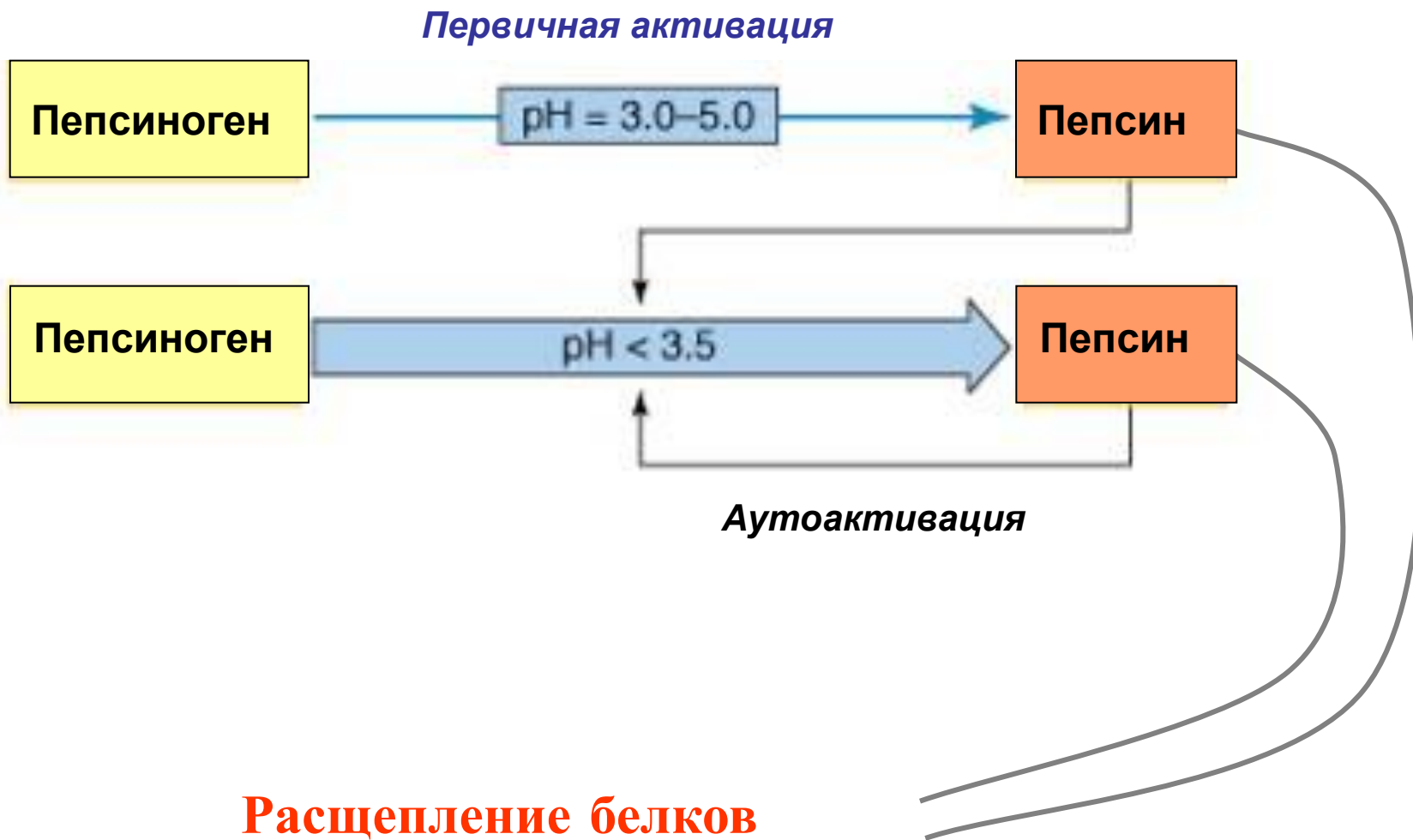


HCO₃⁻/Cl⁻ антипорт

При
обильной
секреции –
«щелочной
сдвиг»

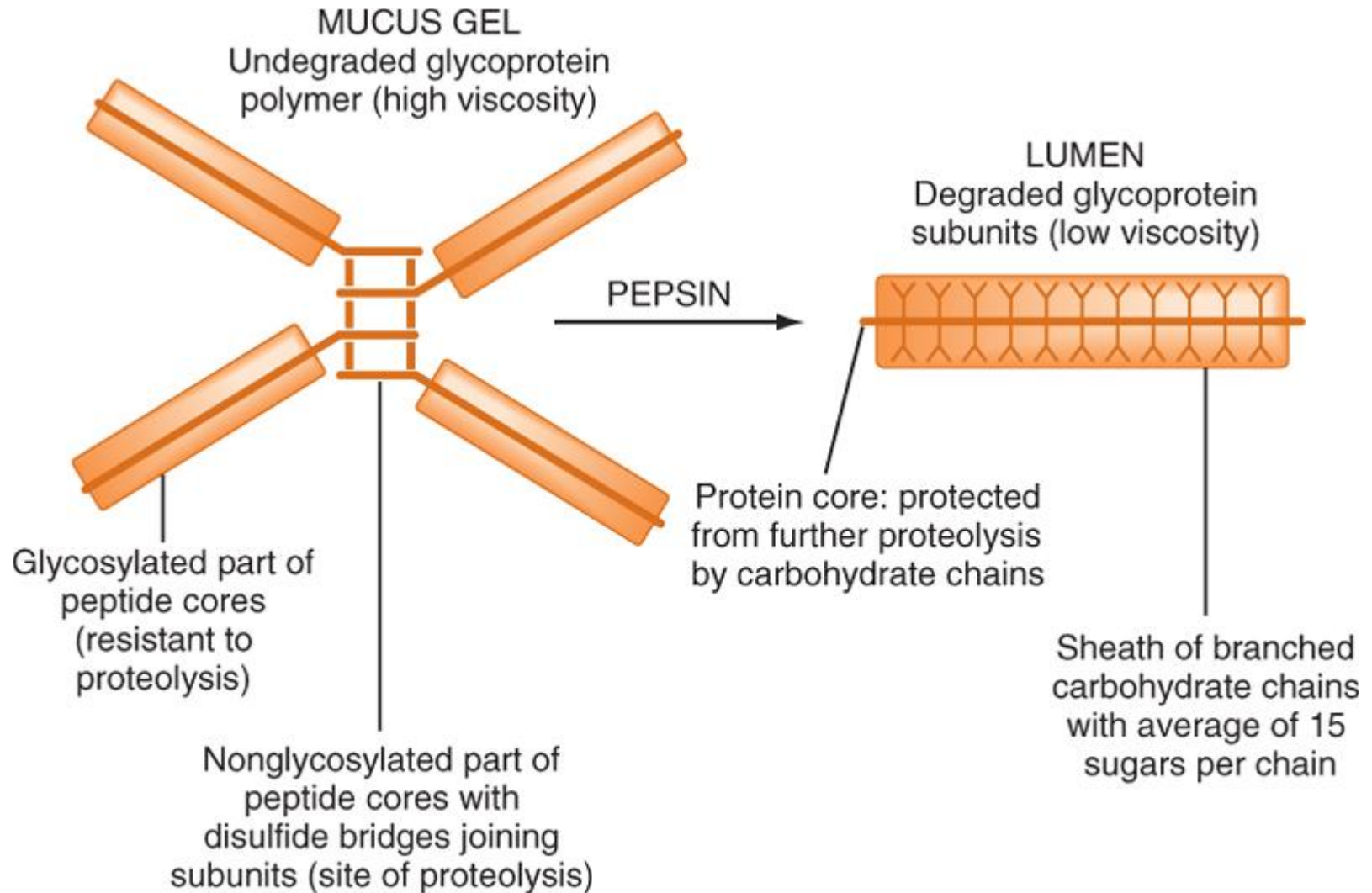
Базолате-
ральная
мембрана

НСІ необходима для активации пепсиногена

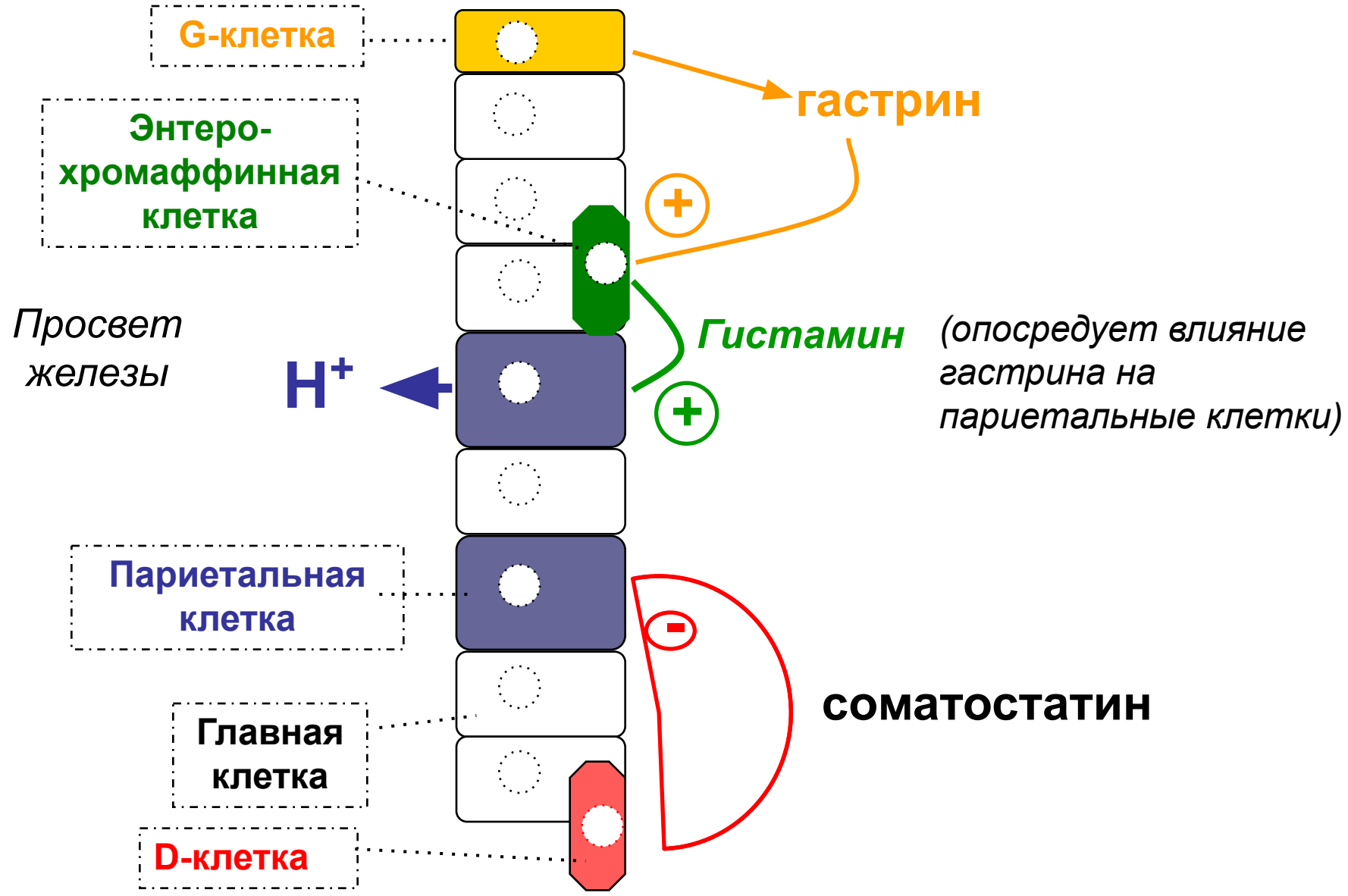


Расщепление белков

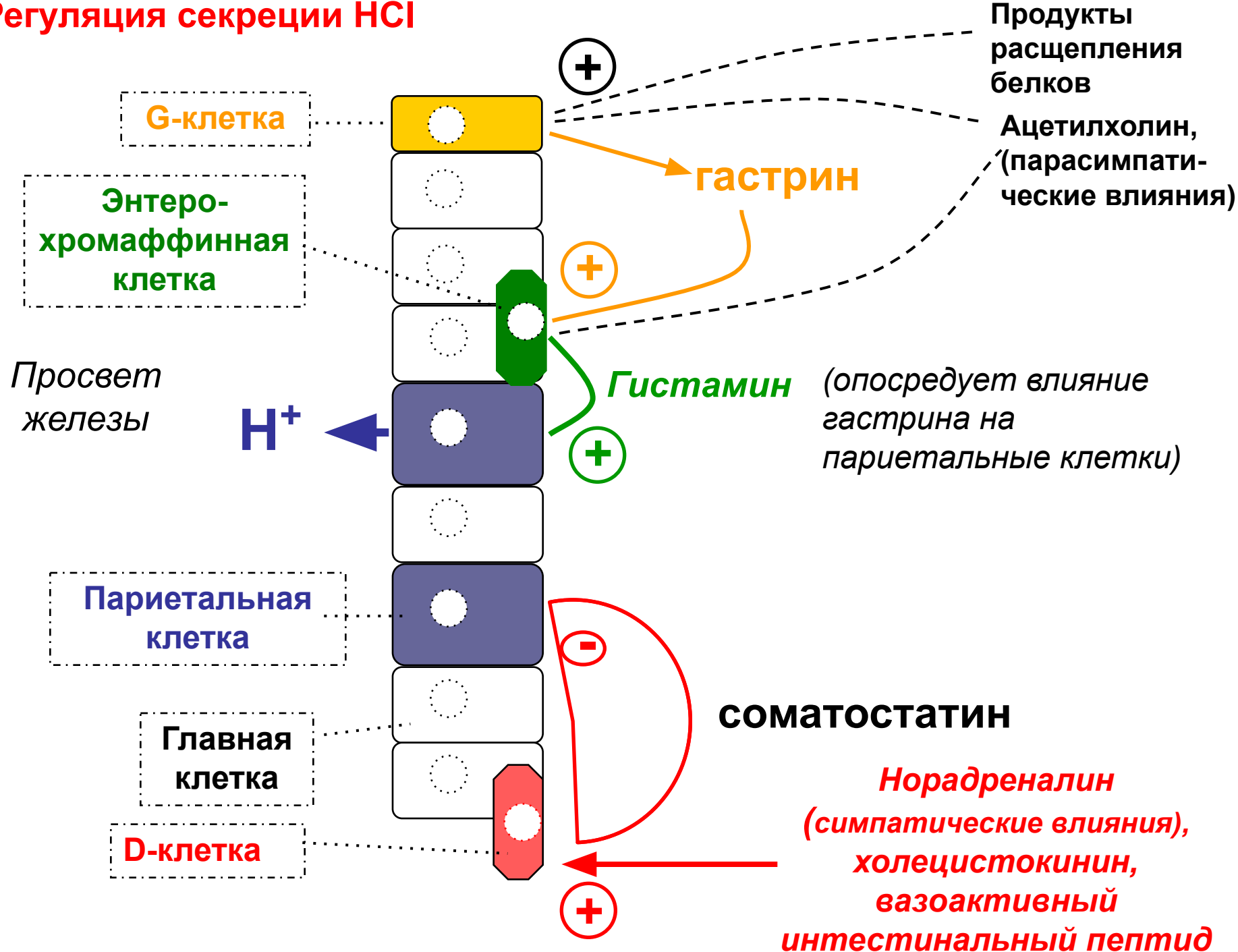
Градиент вязкости слизи в желудки



Регуляция секреции HCl



Регуляция секреции HCl



Фазы желудочной секреции

I. Церебральная (20%)

- запускается запахом, видом и вкусом пищи, недостатком глюкозы в крови (голод) с участием коры и пищевых центров (гипоталамус и миндалина);
- стимулируется блуждающим нервом

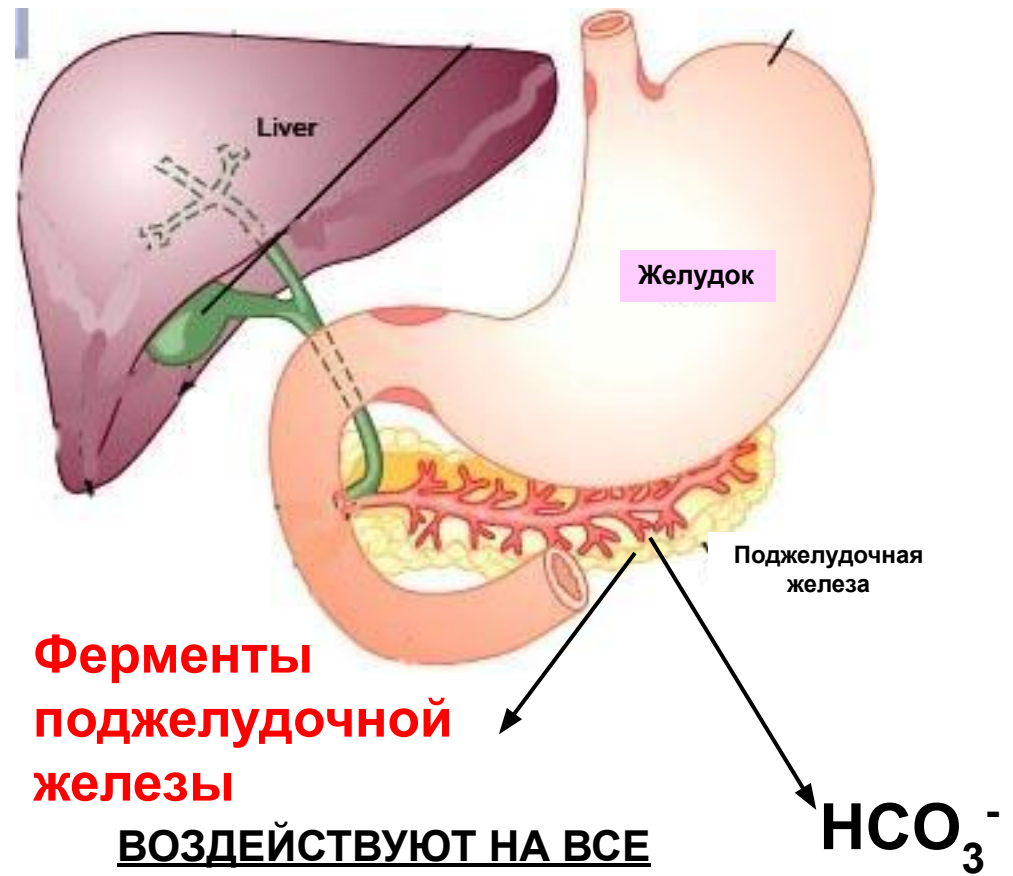
II. Желудочная (70%)

- запускается растяжением стенки желудка: рефлекс с участием парасимпатической НС и метасимпатической НС;
- химическая стимуляция продуктами расщепления белка → секреция гастрина

III. Кишечная

- запускается перемещением пищи в 12-п. кишку (+ стимуляция секреции гастрина аминокислотами крови)

События в 12-перстной кишке



Ферменты поджелудочной железы

ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА ВСЕ
КОМПОНЕНТЫ ПИЩИ:

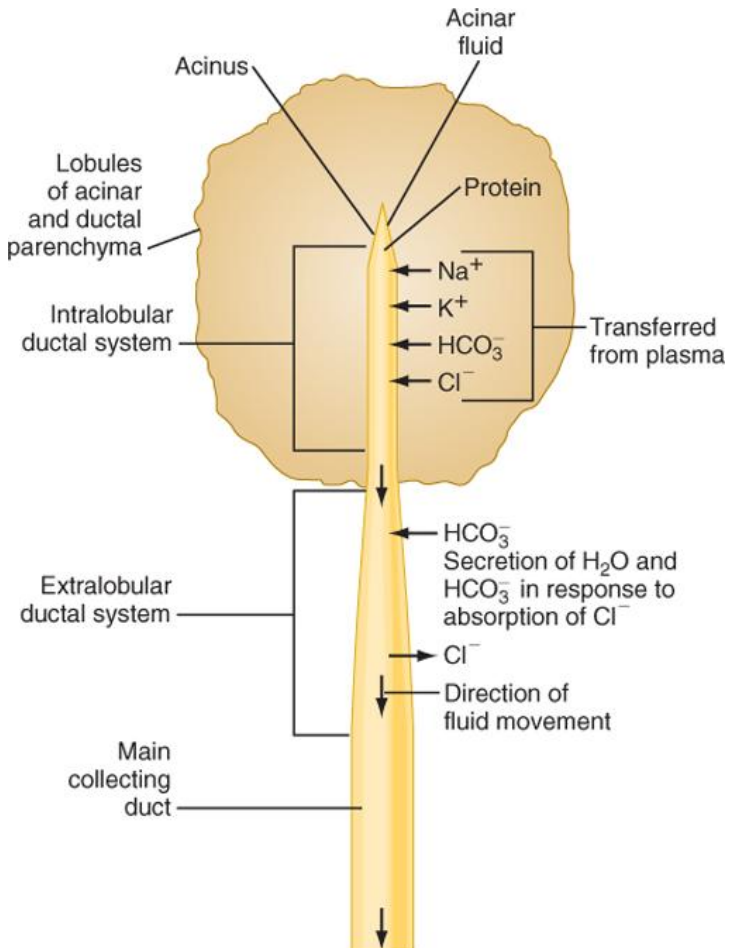
Углеводы: **альфа-амилаза**

Жиры: **липаза**

Белки: **трипсиноген,
химотрипсиноген,
проэкзопептидазы**

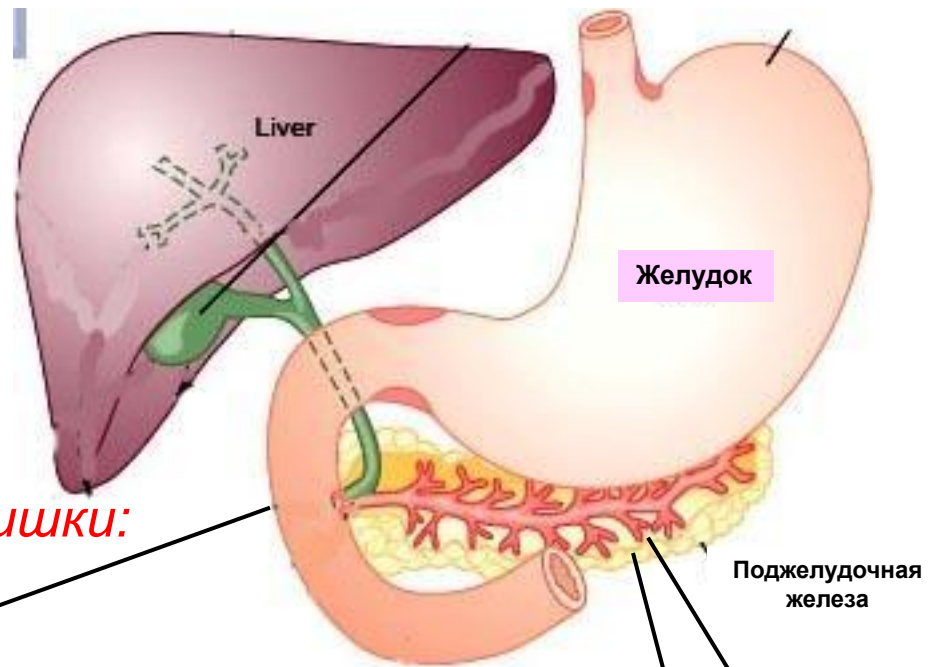
Нуклеиновые кислоты: **нуклеазы.**

РАБОТАЮТ В СЛАБОЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ



События в 12-перстной кишке

Активация ферментов
поджелудочной железы
Из стенки кишки:



Энтерокиназа

(необходима для активации трипсиногена)

Трипсин

Трипсиноген

Химотрипсиноген
проэкзопептидазы

Химотрипсин
экзопептидазы

**Ферменты
поджелудочной
железы**

HCO_3^-

ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА ВСЕ
КОМПОНЕНТЫ ПИЩИ:

Углеводы: **альфа-амилаза**

Жиры: **липаза**

Белки: **трипсиноген,
химотрипсиноген,
проэкзопептидазы**

Нуклеиновые кислоты: **нуклеазы.**

РАБОТАЮТ В СЛАБОЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

События в 12-перстной кишке

**Печень: продукция
и секреция желчи**

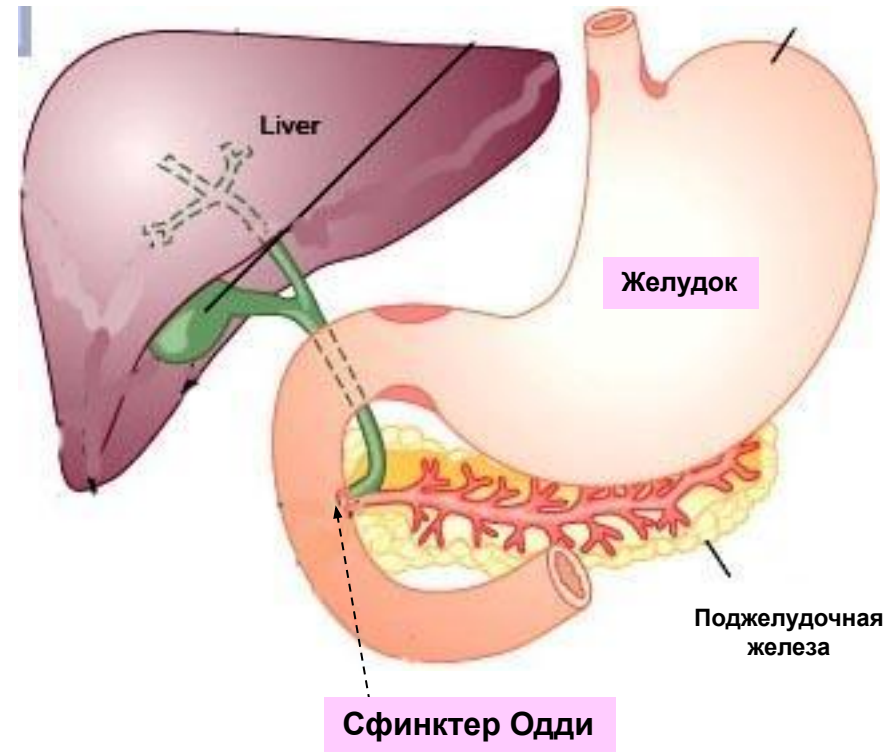
Желчь продуцируется гепатоцитами

Компонентами желчи являются:

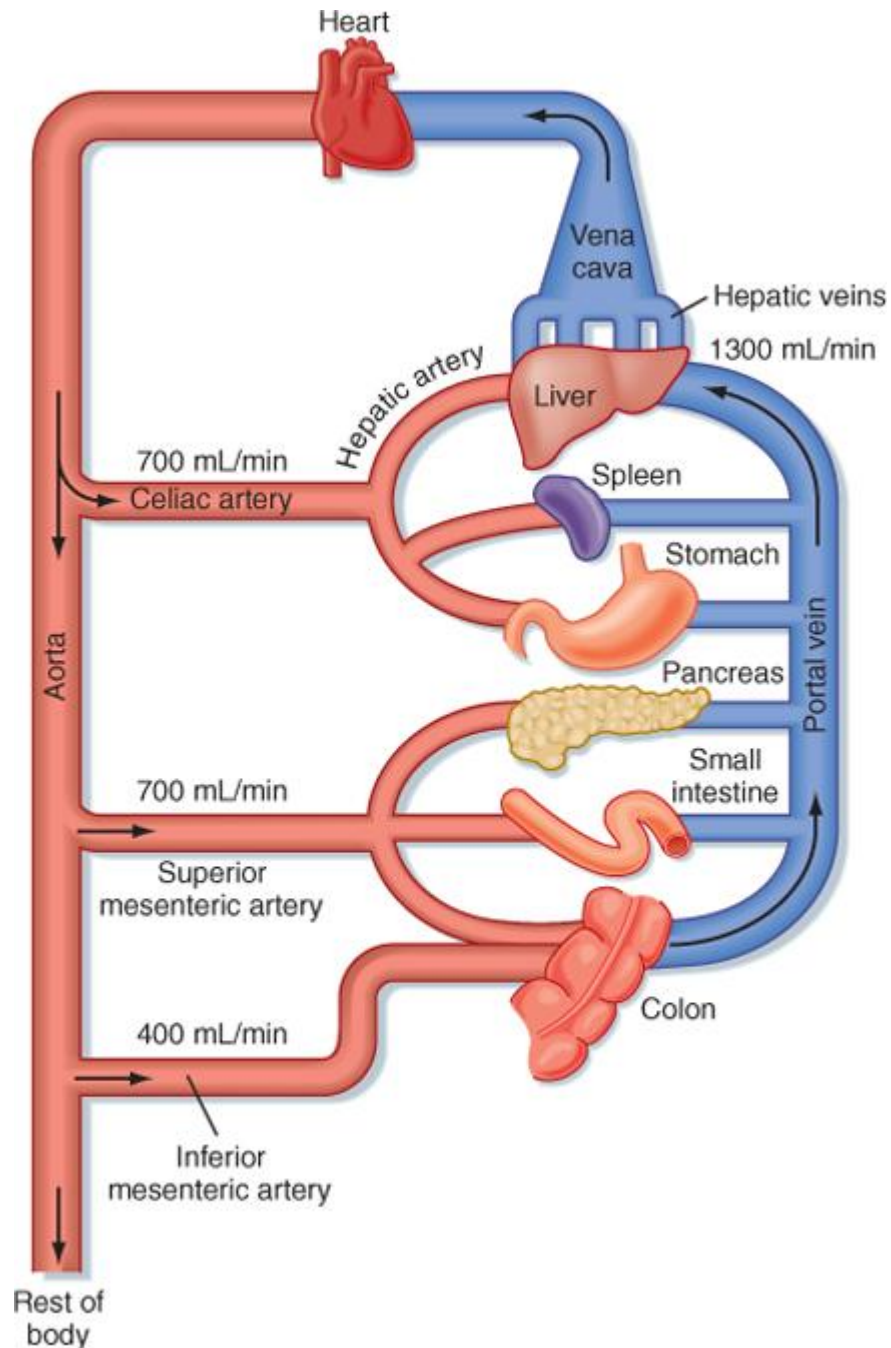
- o Соли желчных кислот и лецитин - детергенты, способствуют образованию эмульсии липидов
- o Желчные пигменты (продукты деградации гемоглобина - билирубин)
- o Холестерол

**Желчь концентрируется и
депонируется в желчном пузыре,
высвобождается при его сокращении**

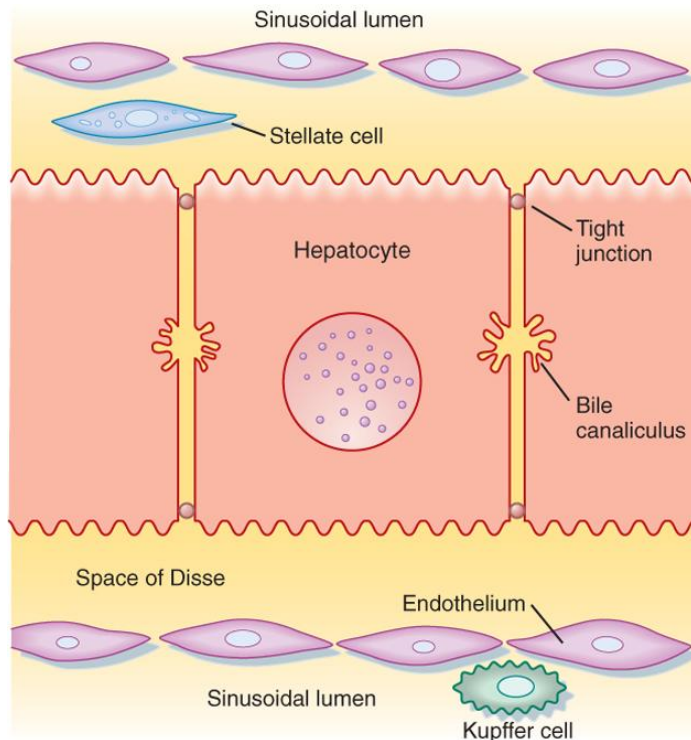
**Соли желчных кислот необходимы для
переваривания и всасывания жиров**



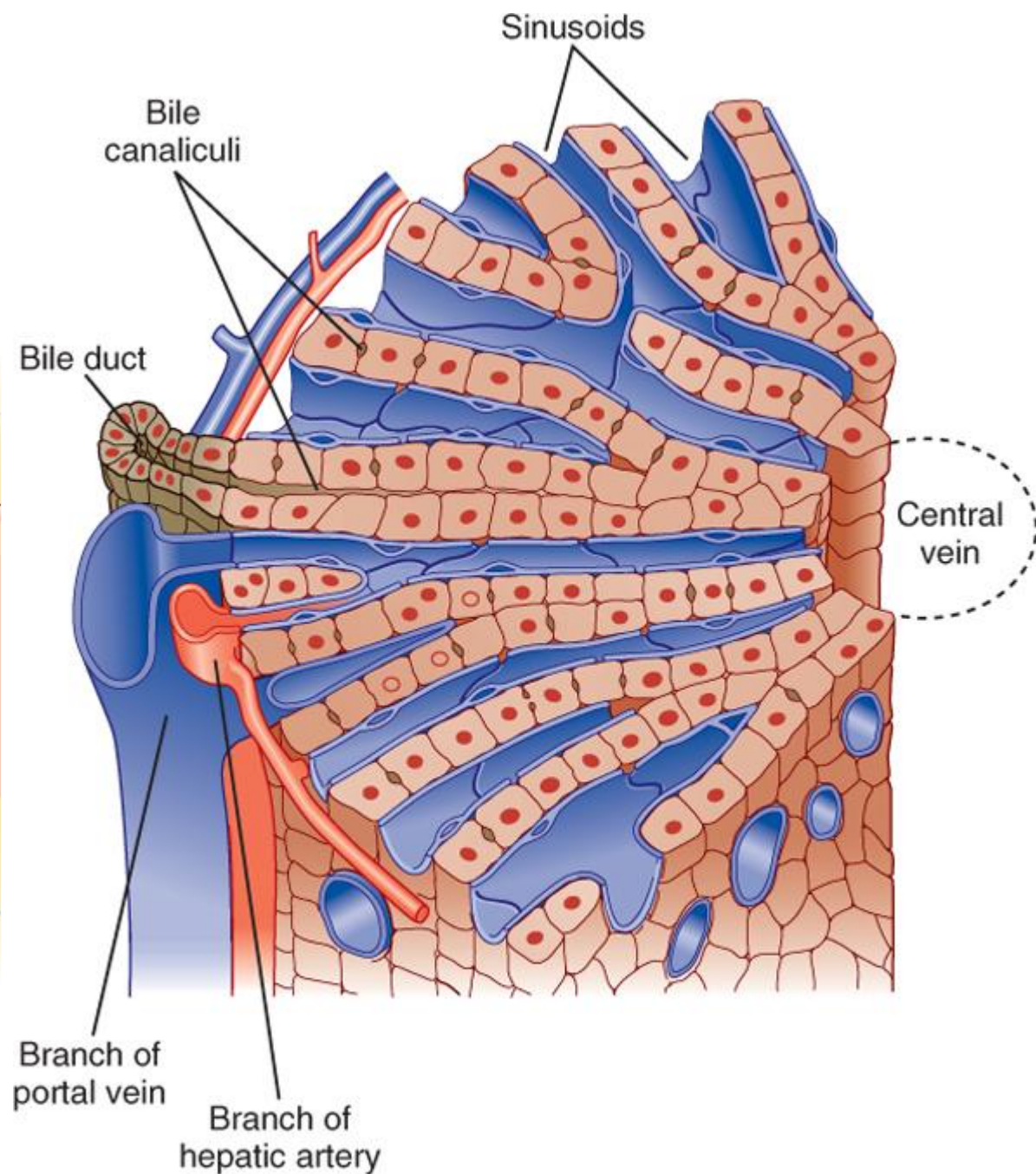
Особенности кровоснабжения печени



Особенности кровоснабжения печени



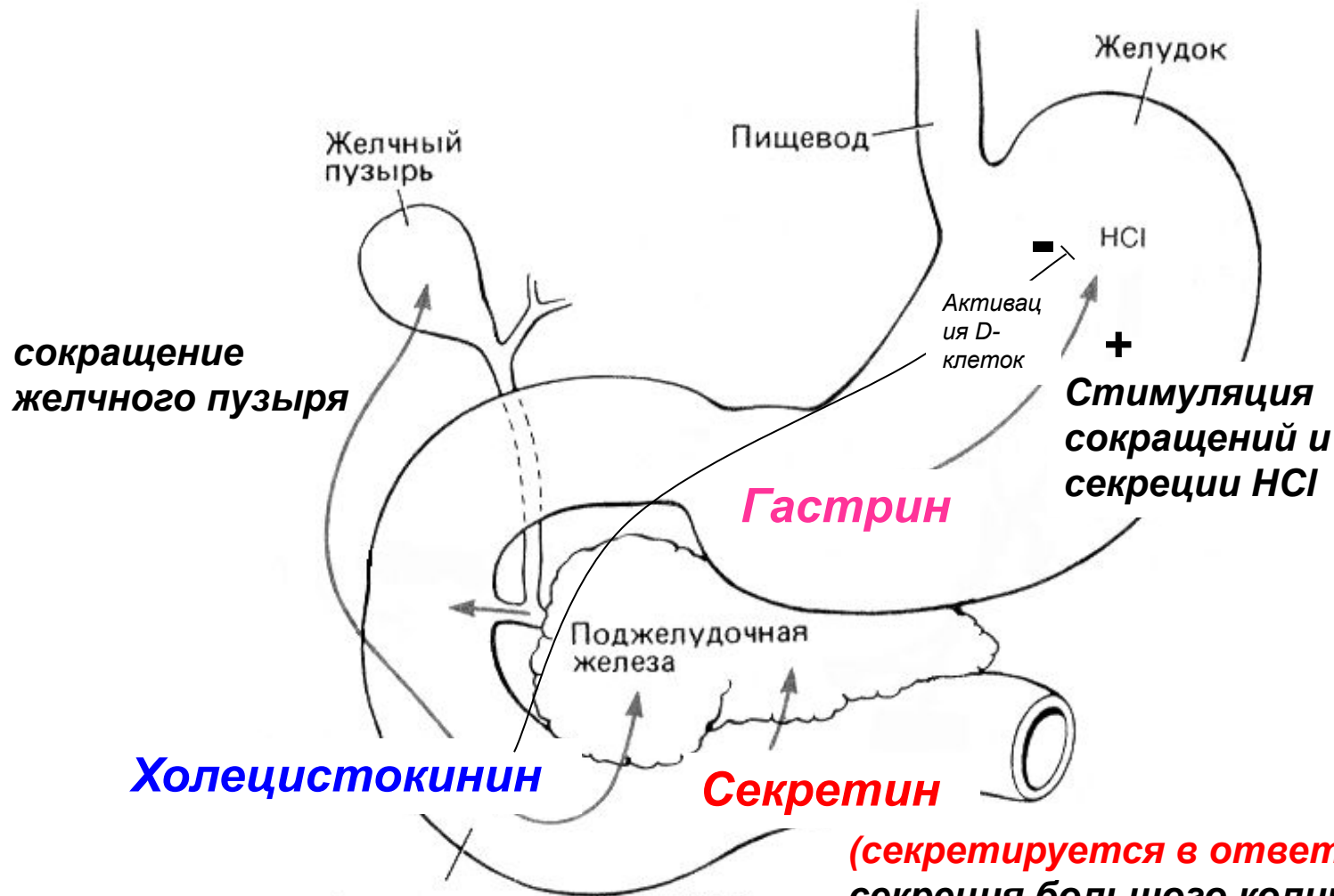
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.

Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Гормоны желудочно-кишечного тракта

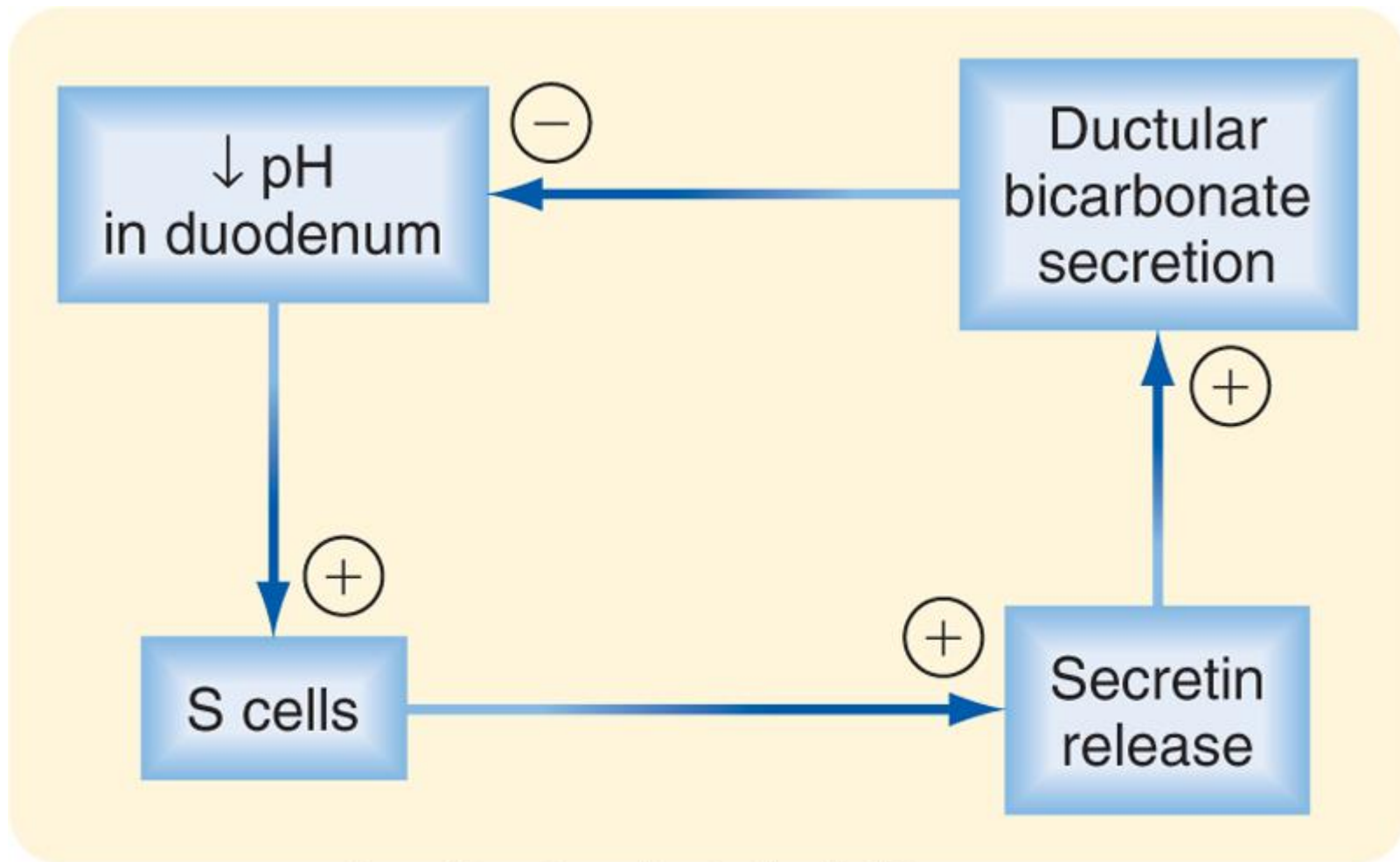


(секретируется в ответ на жирные кислоты и белки):

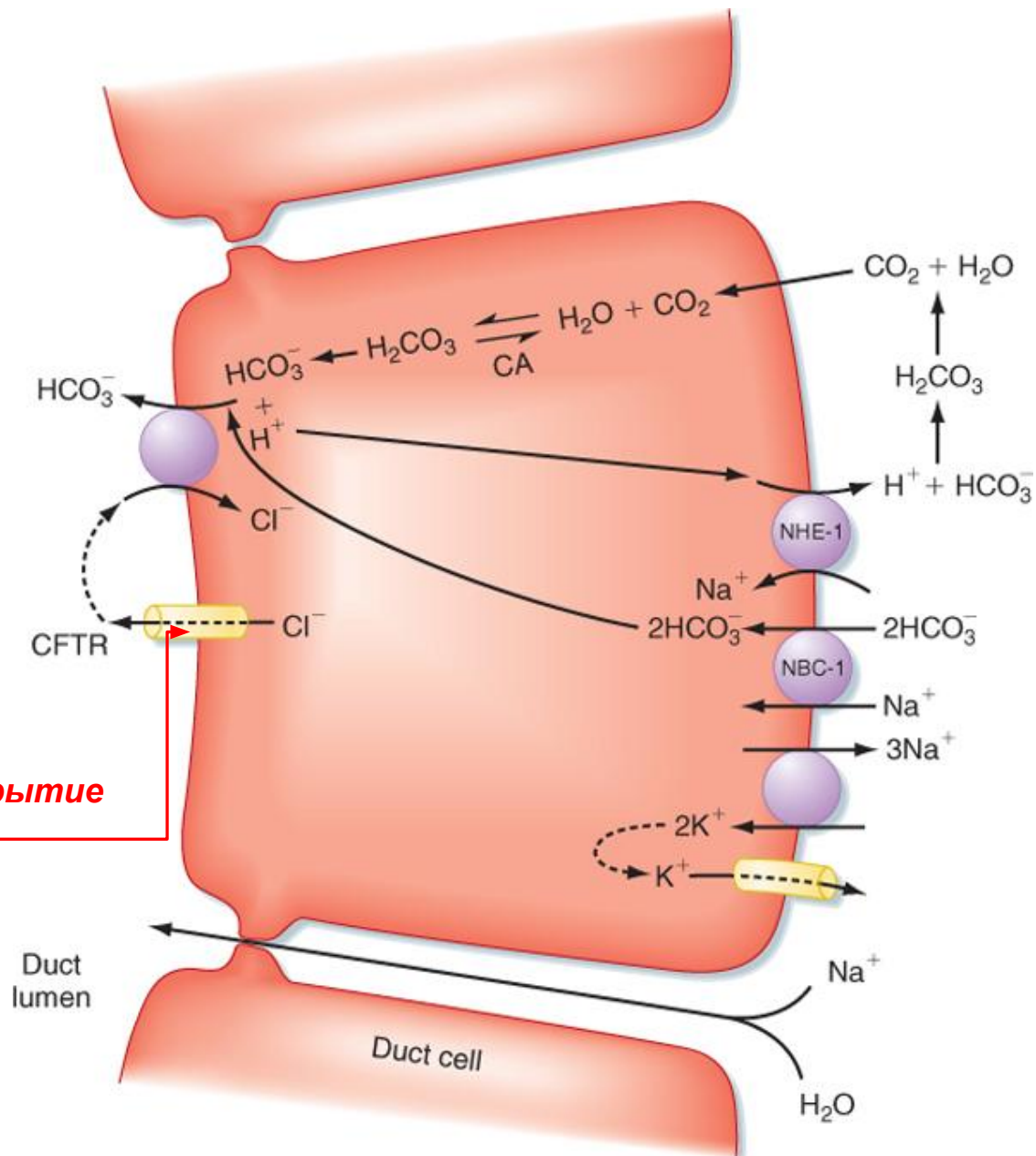
продукция ферментов и секреция небольшого количества воды и электролитов

(секретируется в ответ на H⁺):
секреция большого количества воды и HCO₃⁻

Регуляторная петля контроля pH в 12-перстной кишке



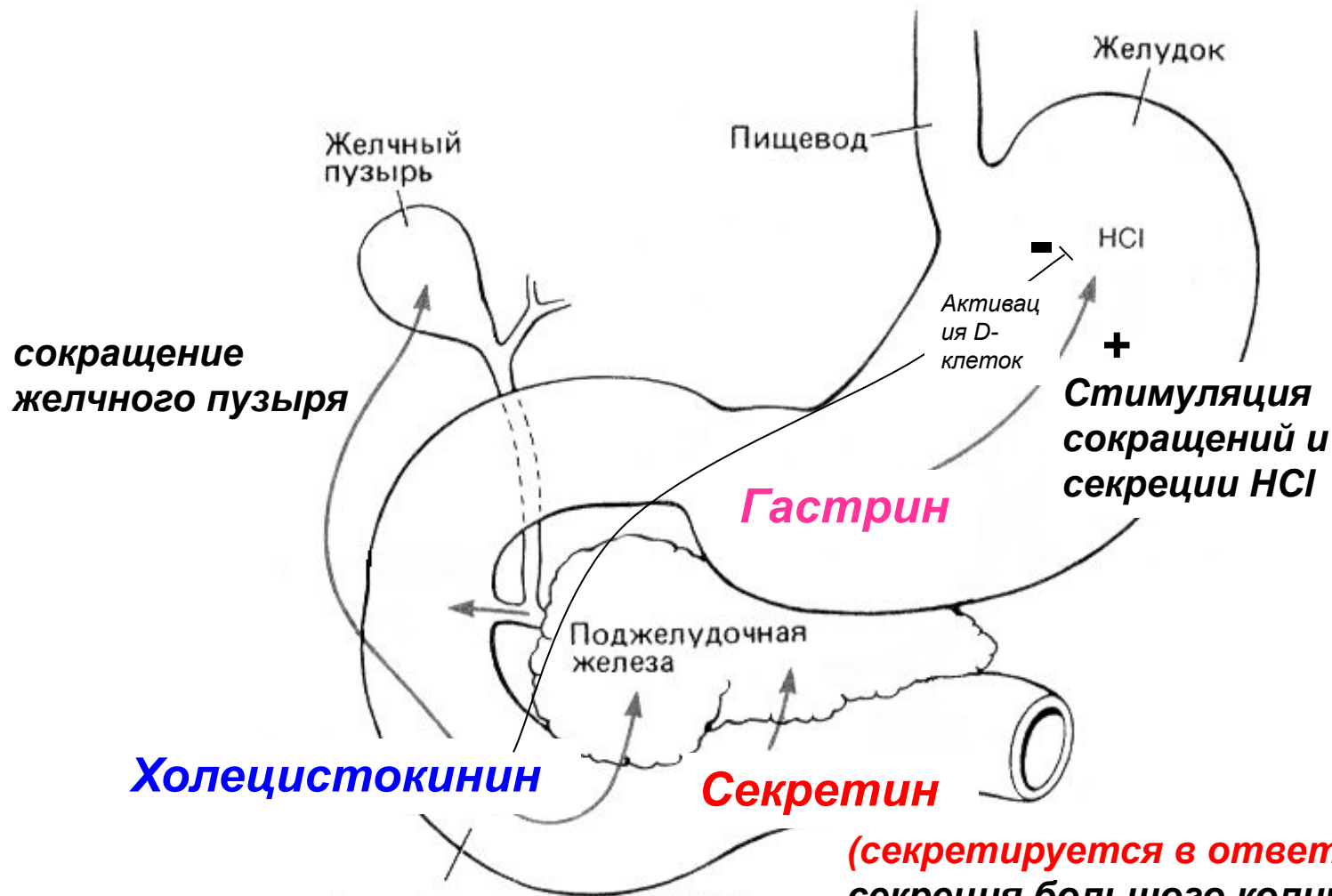
Секреция бикарбонатов клетками протоков поджелудочной железы



Секретин

стимулирует открытие
этих каналов

Гормоны желудочно-кишечного тракта

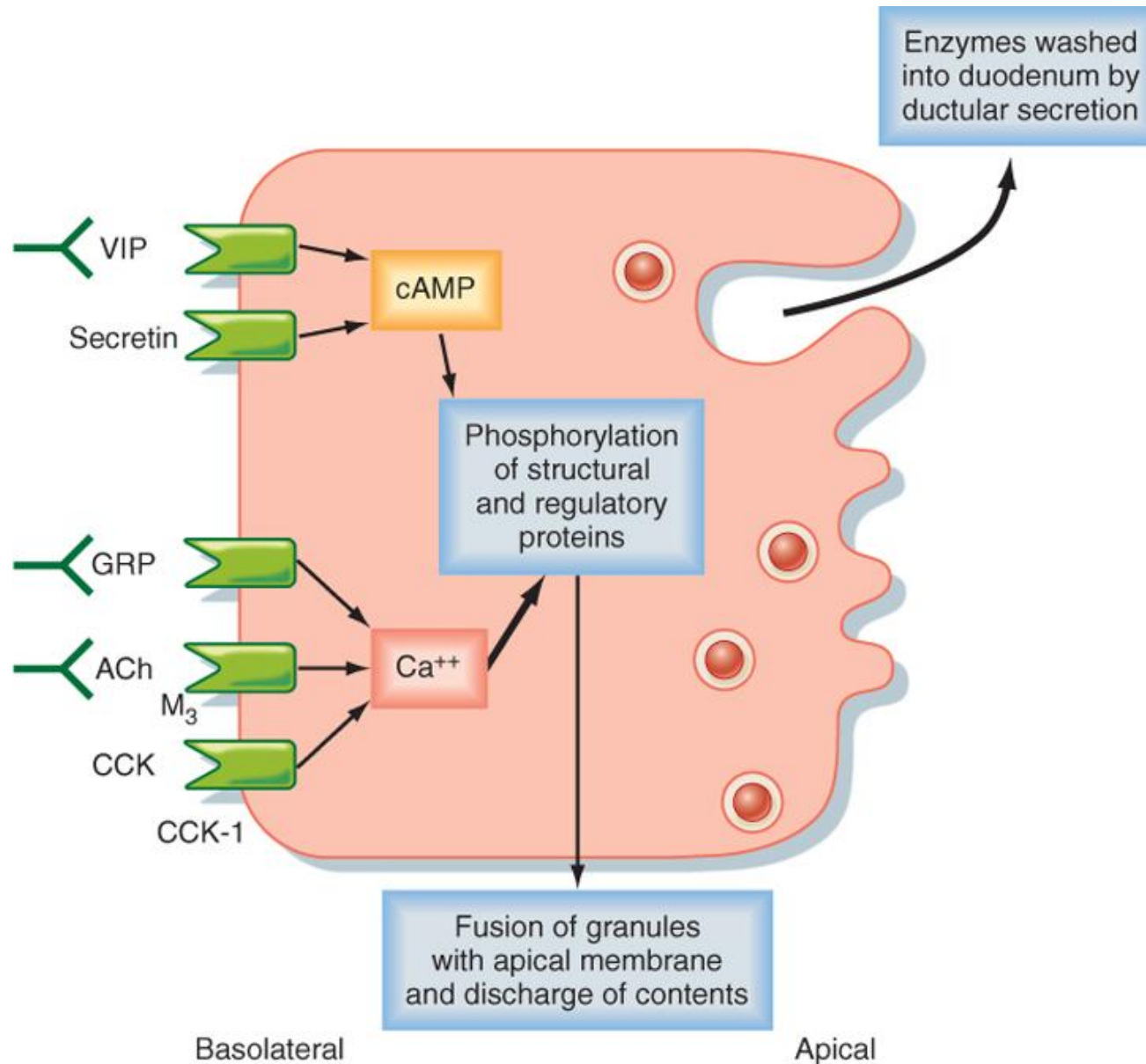


(секретируется в ответ на жирные кислоты и белки):

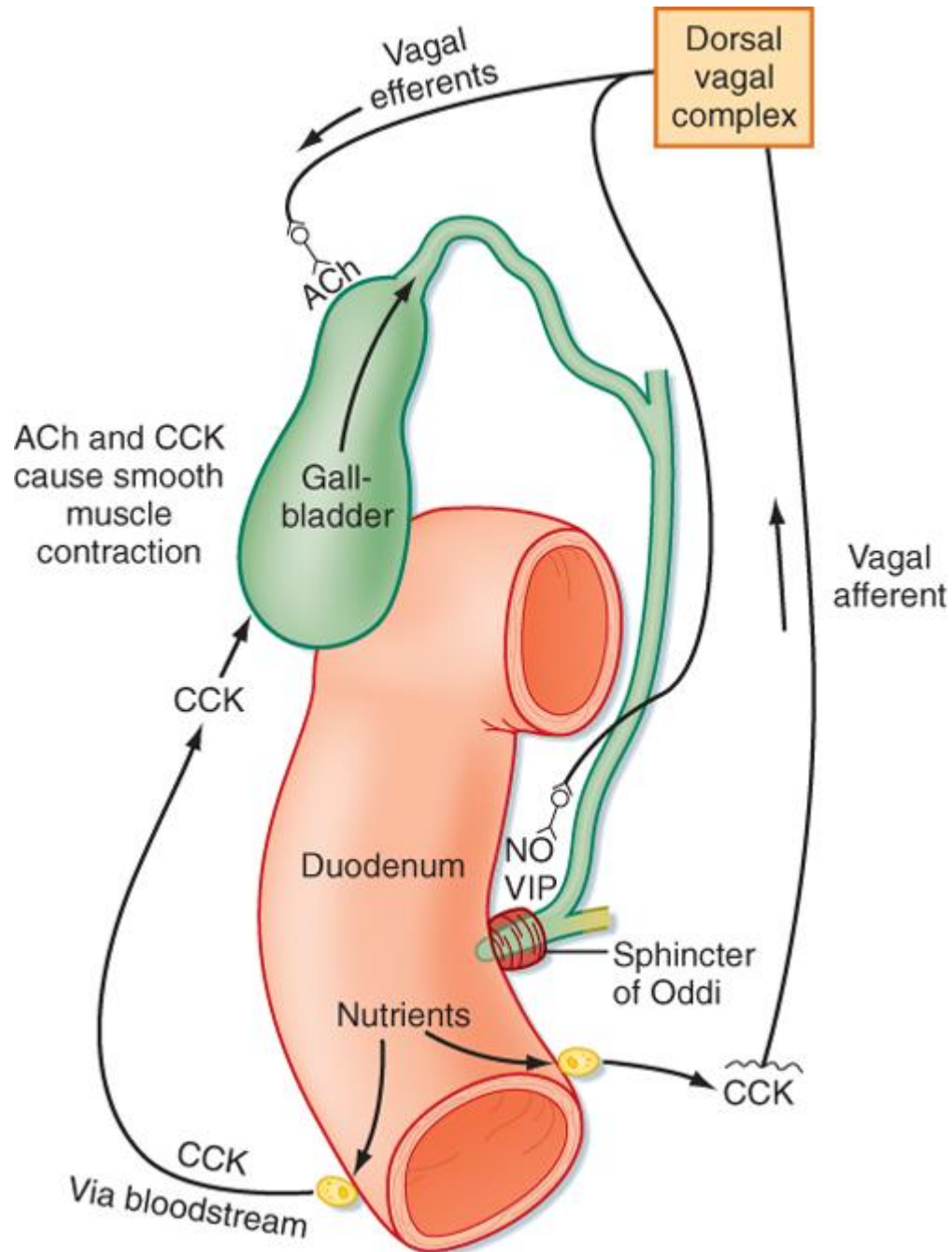
продукция ферментов и секреция небольшого количества воды и электролитов

(секретируется в ответ на H⁺):
секреция большого количества воды и HCO₃

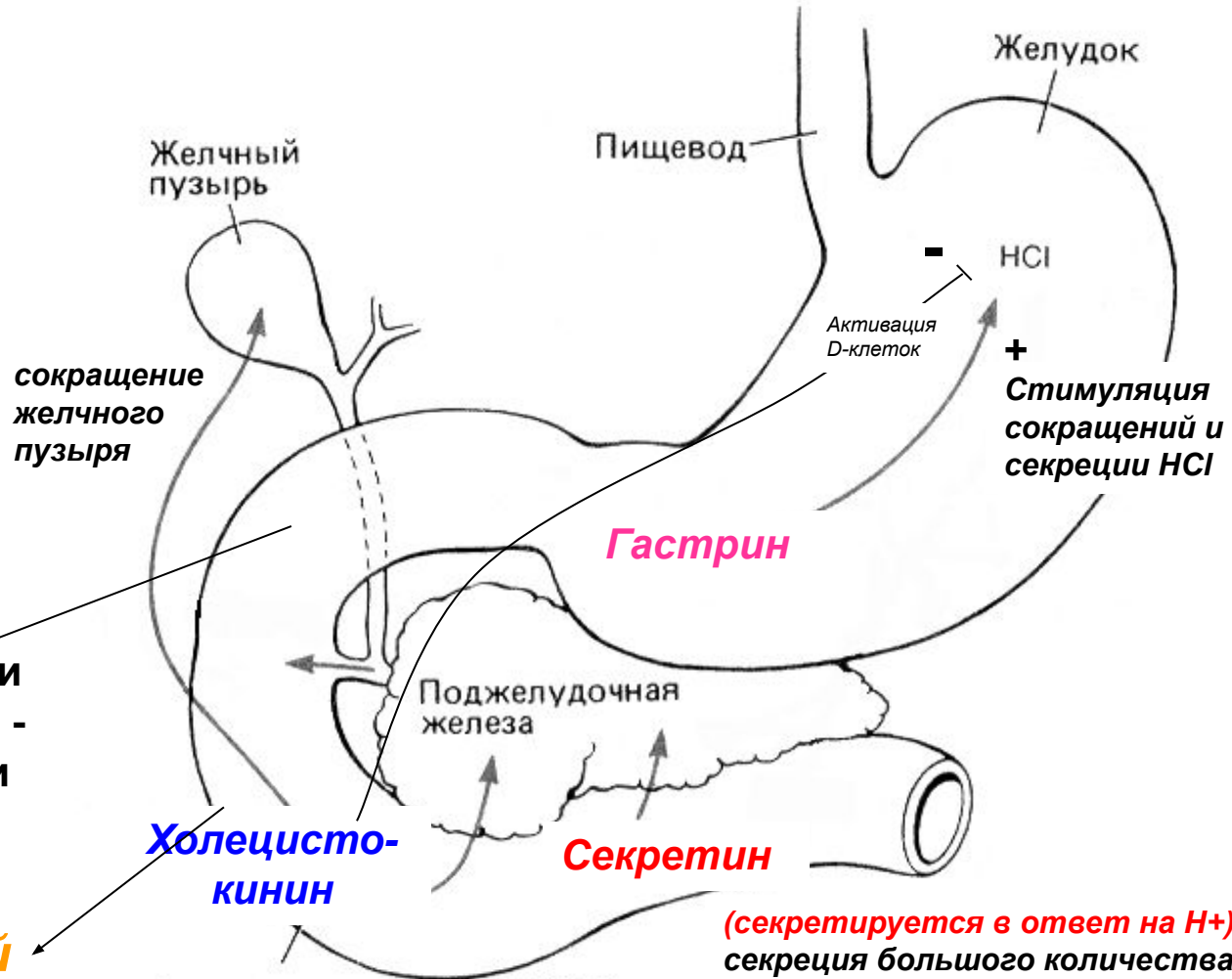
Контроль секреции панкреатических ферментов



**Холецистокинин –
«двигающий
желчный пузырь»**



Гормоны желудочно-кишечного тракта



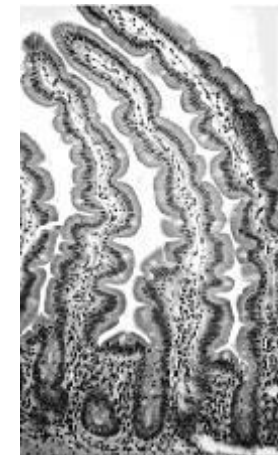
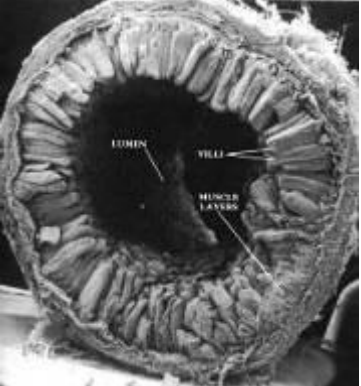
Мотилин - секретируется верхними отделами 12-перстной кишки - усиление моторики ЖКТ.

Гастроингибирующий пептид - тормозит эвакуацию химуса желудка, когда тонкий кишечник заполнен

(секретируется в ответ на жирные кислоты и белки):
продукция ферментов и секреция небольшого количества воды и электролитов

(секретируется в ответ на H⁺):
секреция большого количества воды и HCO₃

Строение слизистой оболочки тонкого кишечника



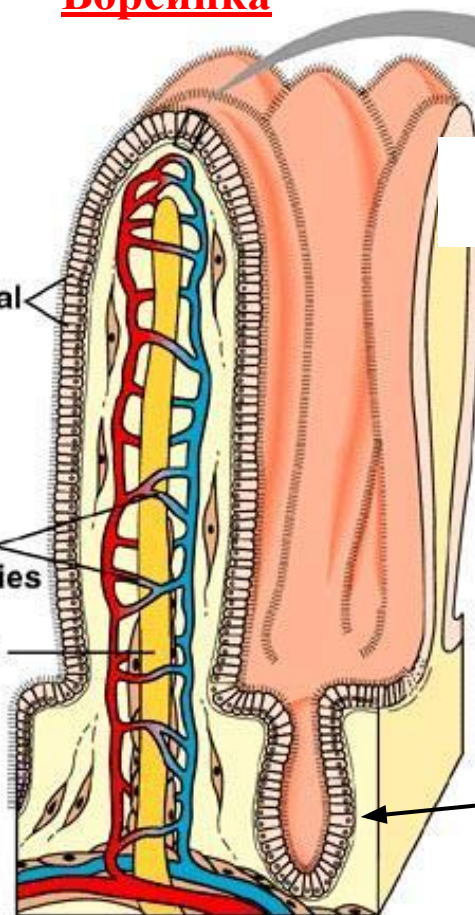
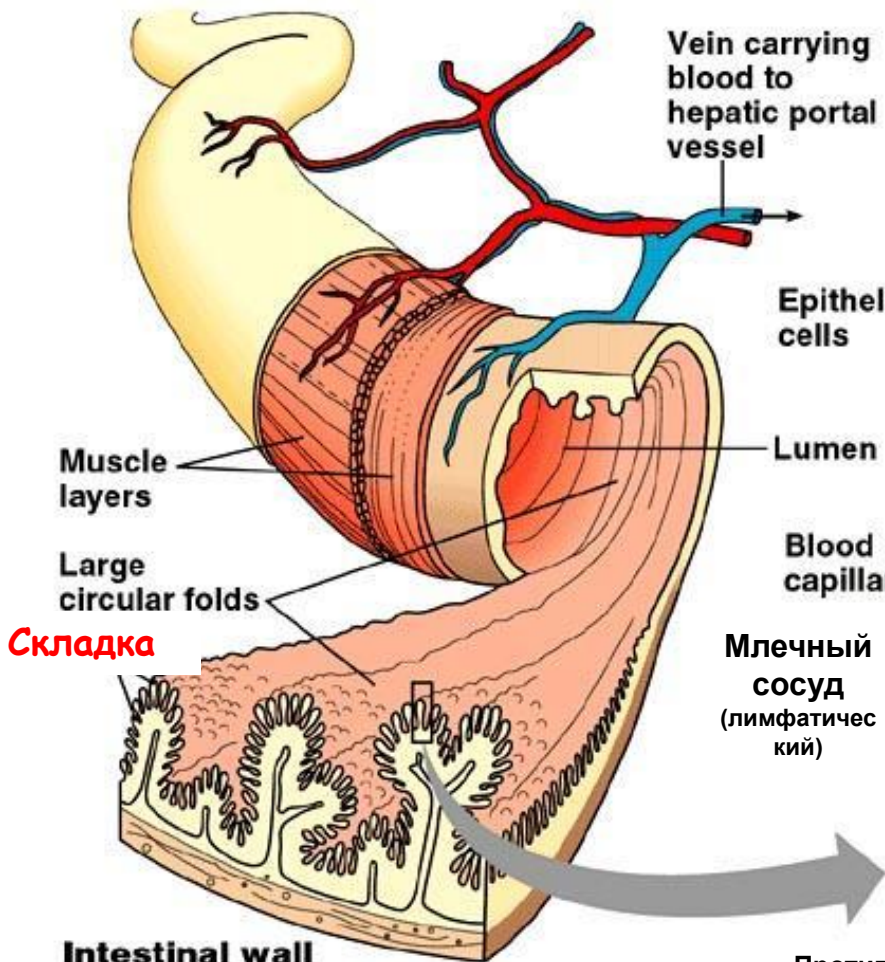
Ворсинка

Микроворсинки (щеточная кайма)



Epithelial cells

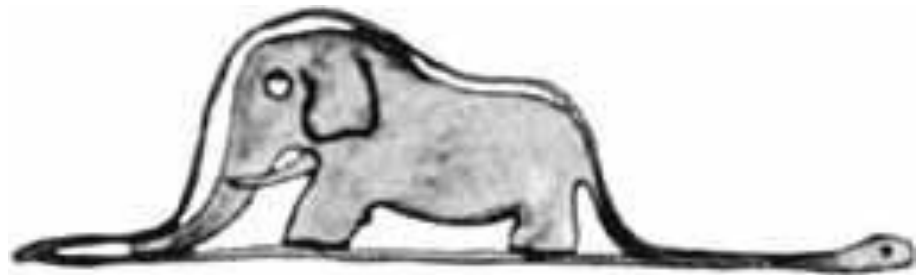
Либеркюнова крипта
(в глубине лежат ростковые клетки)



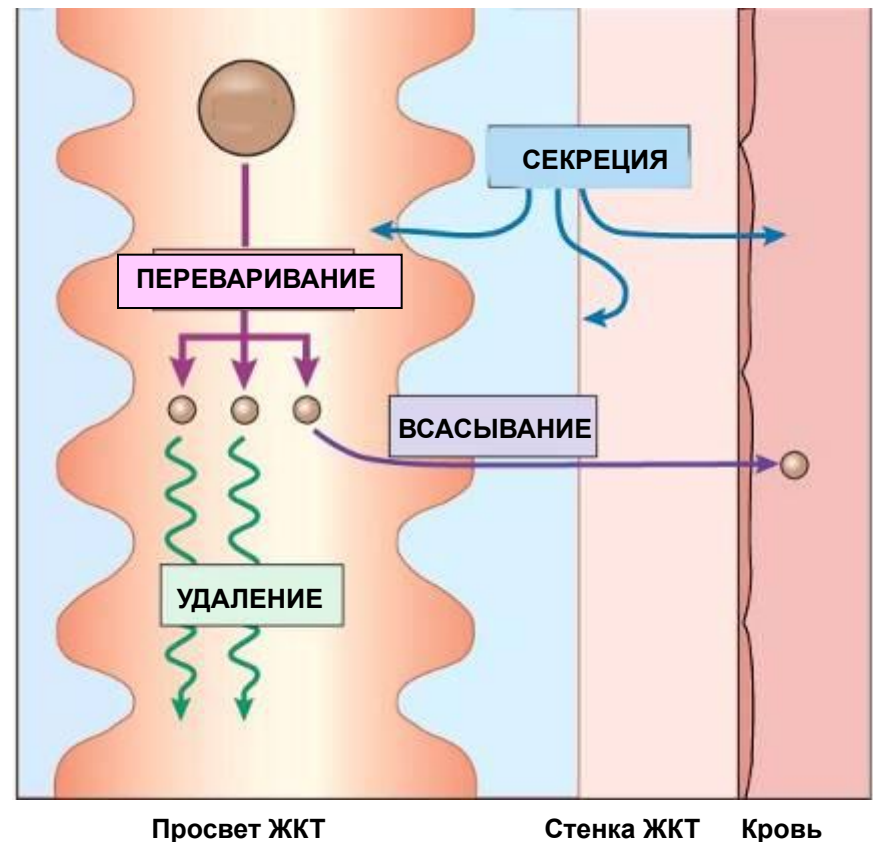
Противоточная система кровоснабжения ворсинок кишечника

Intestinal wall

Функции желудочно-кишечного тракта:



- ❑ потребление пищи
- ❑ продвижение по ЖКТ
- ❑ переваривание (расщепление компонентов) пищи
- ❑ **всасывание**
- ❑ секреция гормонов
- ❑ удаление непереваренных остатков



Пристеночное пищеварение в тонком кишечнике:

сопряжение процессов расщепления и всасывания
питательных веществ

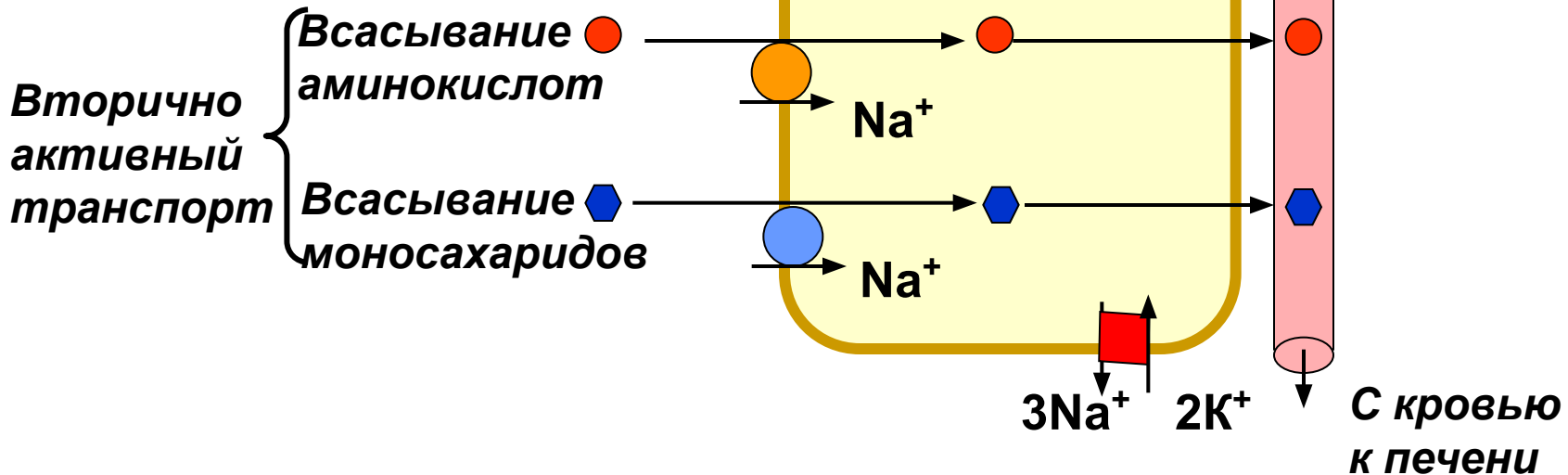
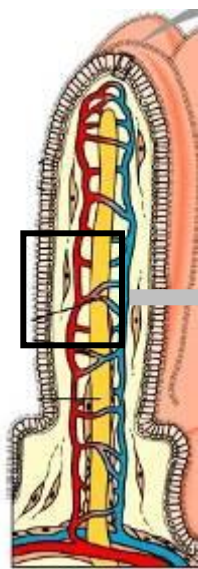
Распределение ферментов

Расщепление субстратов

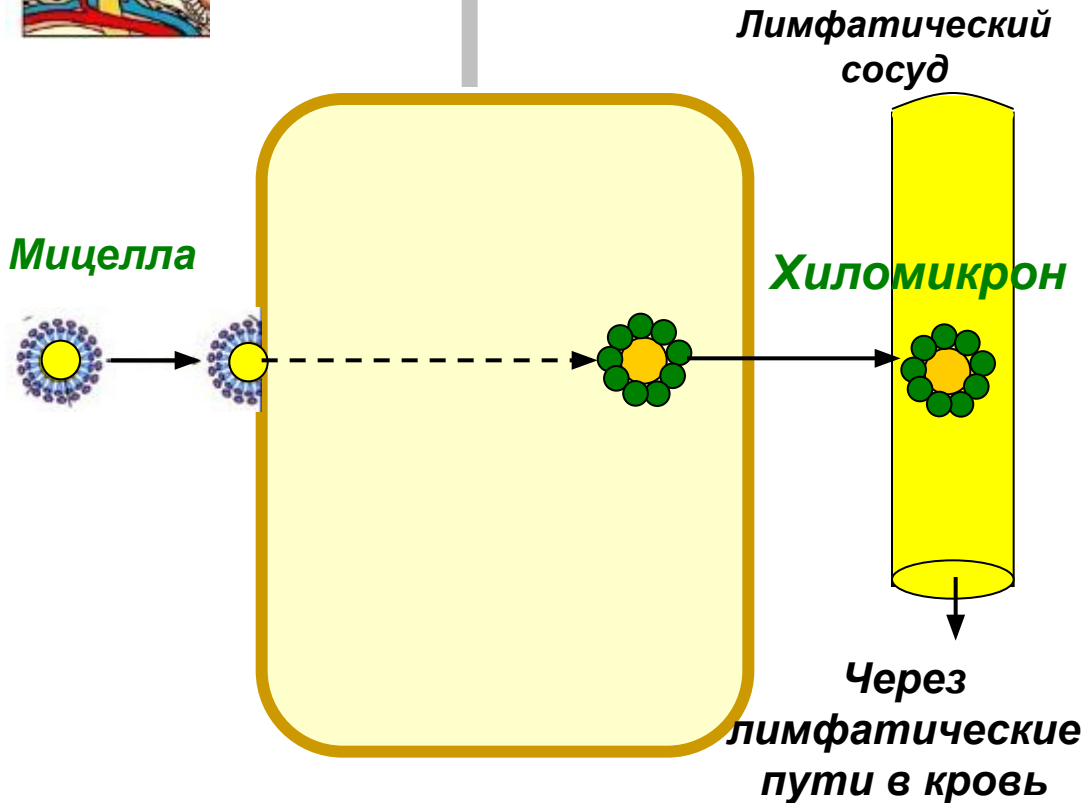
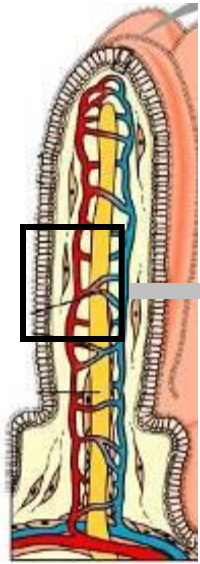


Александр
Михайлович
Уголев
(1926-1991)

Всасывание в тонком кишечнике



Всасывание продуктов расщепления жиров



Моноглицериды и жирные кислоты в комплексе с желчными кислотами образуют **мицеллы** ($d=3-6$ нм)



Мицеллы доставляются к мембране энтероцитов, липиды проникают в клетки, а желчные кислоты используются повторно



Синтез триглицеридов в гладком ЭПР



Образование **хиломикронов** (состоят из липидов и белка, придающего частицам гидрофильность)



Выход хиломикронов из клетки, транспорт по лимфатической системе в венозное русло

Энтерогепатический цикл желчных кислот

Суточный цикл желчных кислот

Выведение с мочой – менее 0.5 г

95% солей желчных кислот

реабсорбируется

кровь в дистальном отделе тонкого

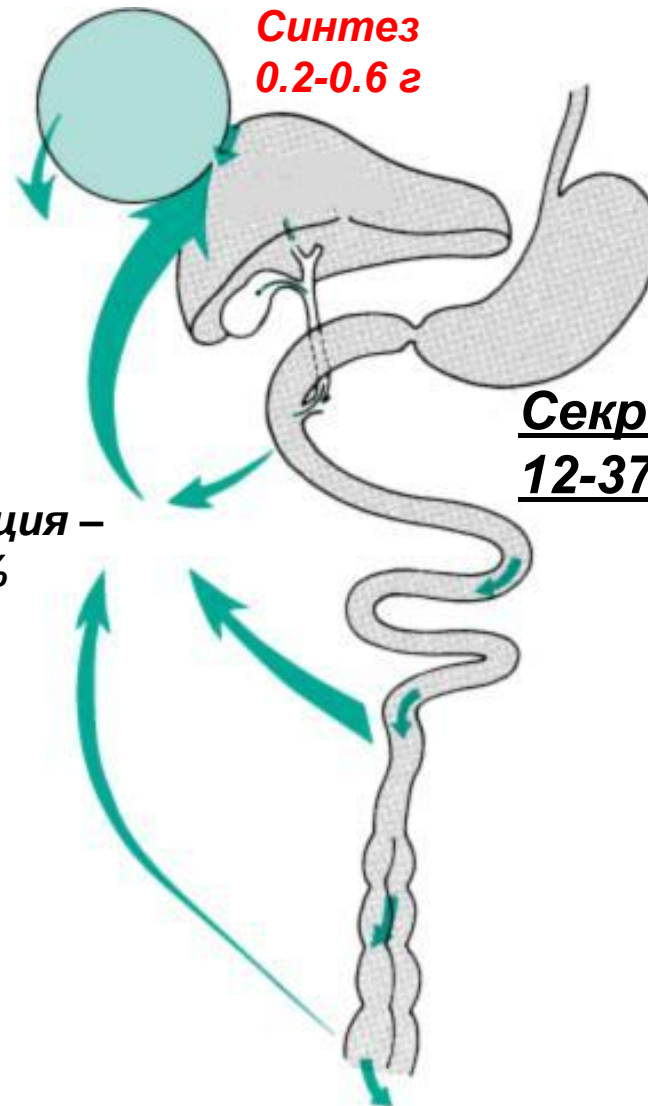
кишечника, попадают

в портальную вену,

затем в печень и

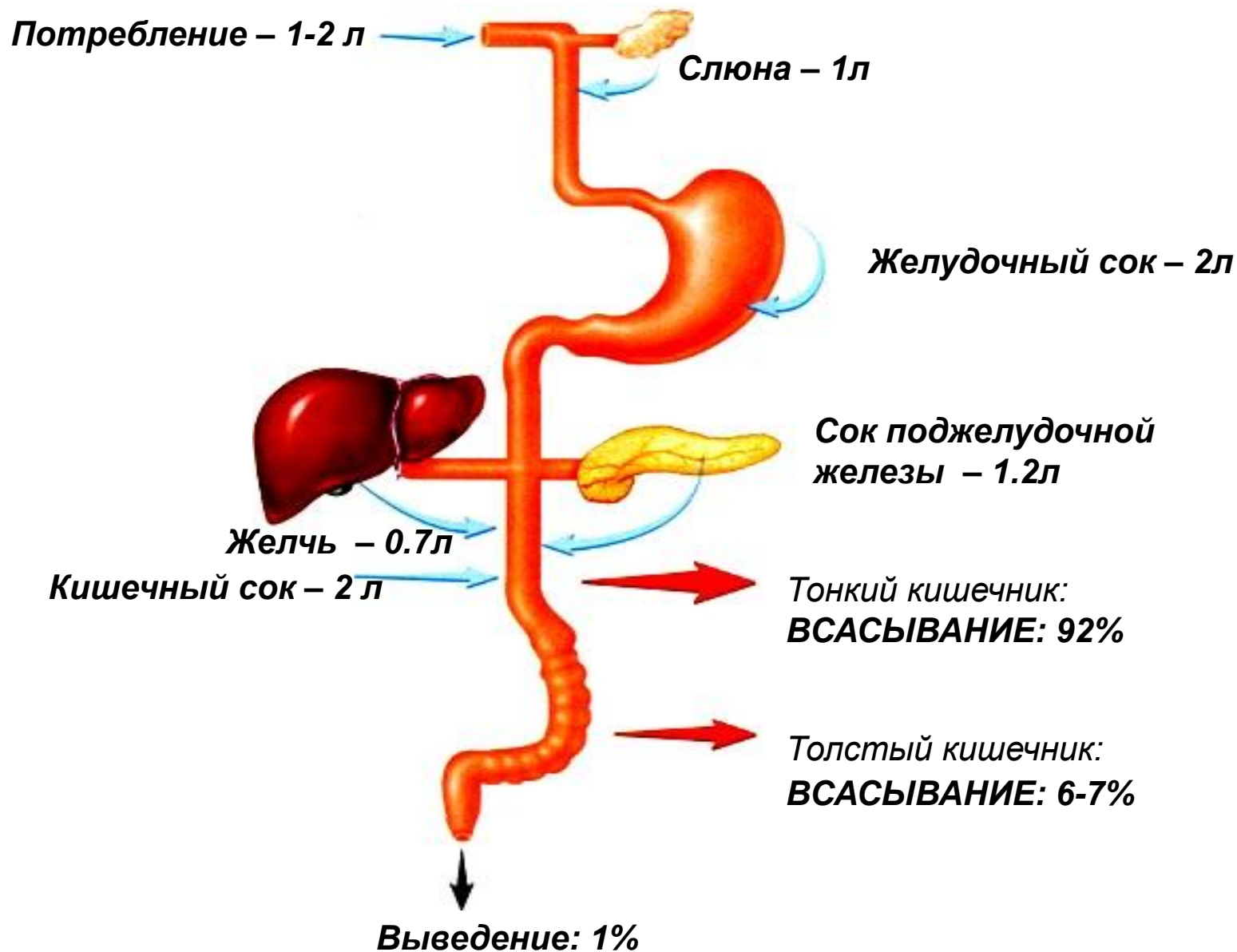
вновь секретируются

с желчью



Экскреция 0.2-0.6 г

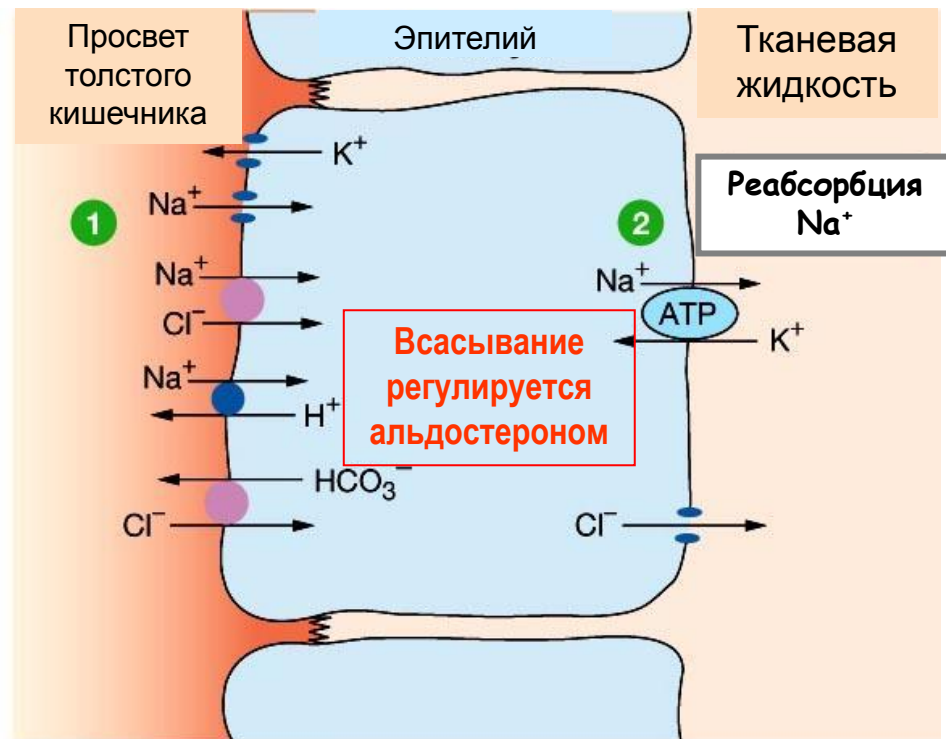
Водный баланс желудочно-кишечного тракта





© Elsevier Ltd. Berne et al: Physiology 5E www.studentconsult.com

Всасывание в толстом кишечнике

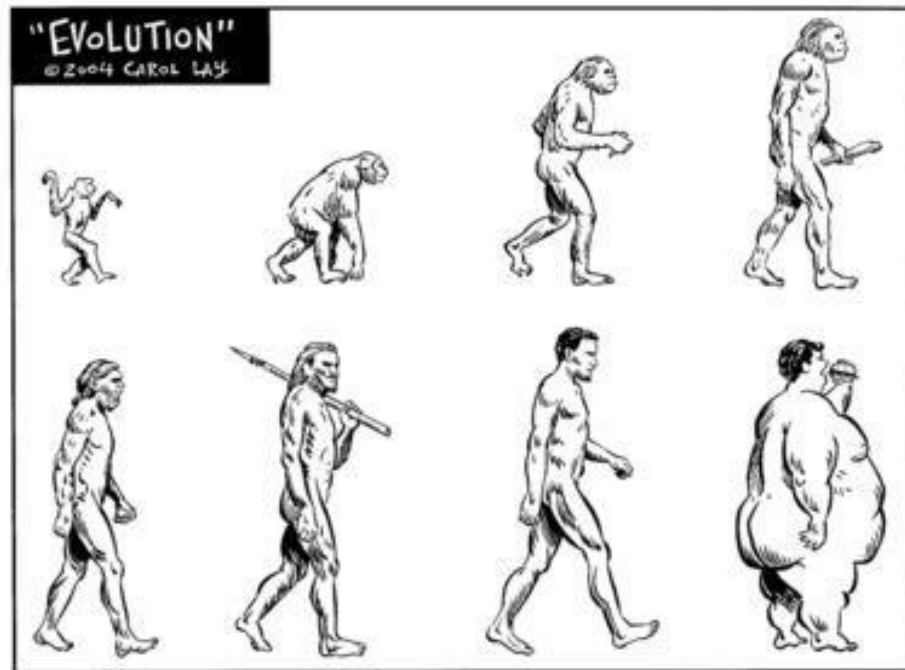


1 Поступление Na^+ через люминальную поверхность клетки

2 Транспорт Na^+ в тканевую жидкость Na^+/K^+ -АТФазой

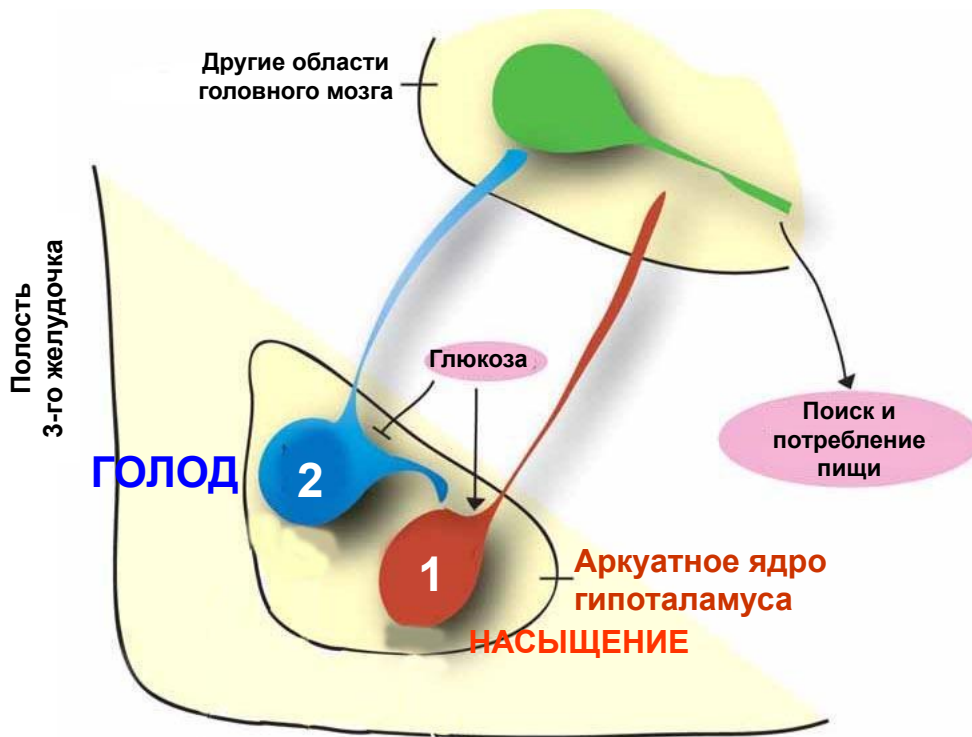
- в подвздошную кишку ежедневно попадает ~1.5 л воды, выводится около 100 мл
- большинство ионов абсорбируется, выводится незначительные кол-ва Na^+ и Cl^-
- Cl^- абсорбируется в обмен на секрецию HCO_3^- – нейтрализация кислых продуктов жизнедеятельности бактерий;
- **кишечные бактерии синтезируют витамины:**
K (необходим для свертывания крови), **B_{12}** , тиамин (**B_1**), рибофлавин (**B_2**), различные газы – **CO_2** , **H_2S** , **CH_4**

Регуляция аппетита



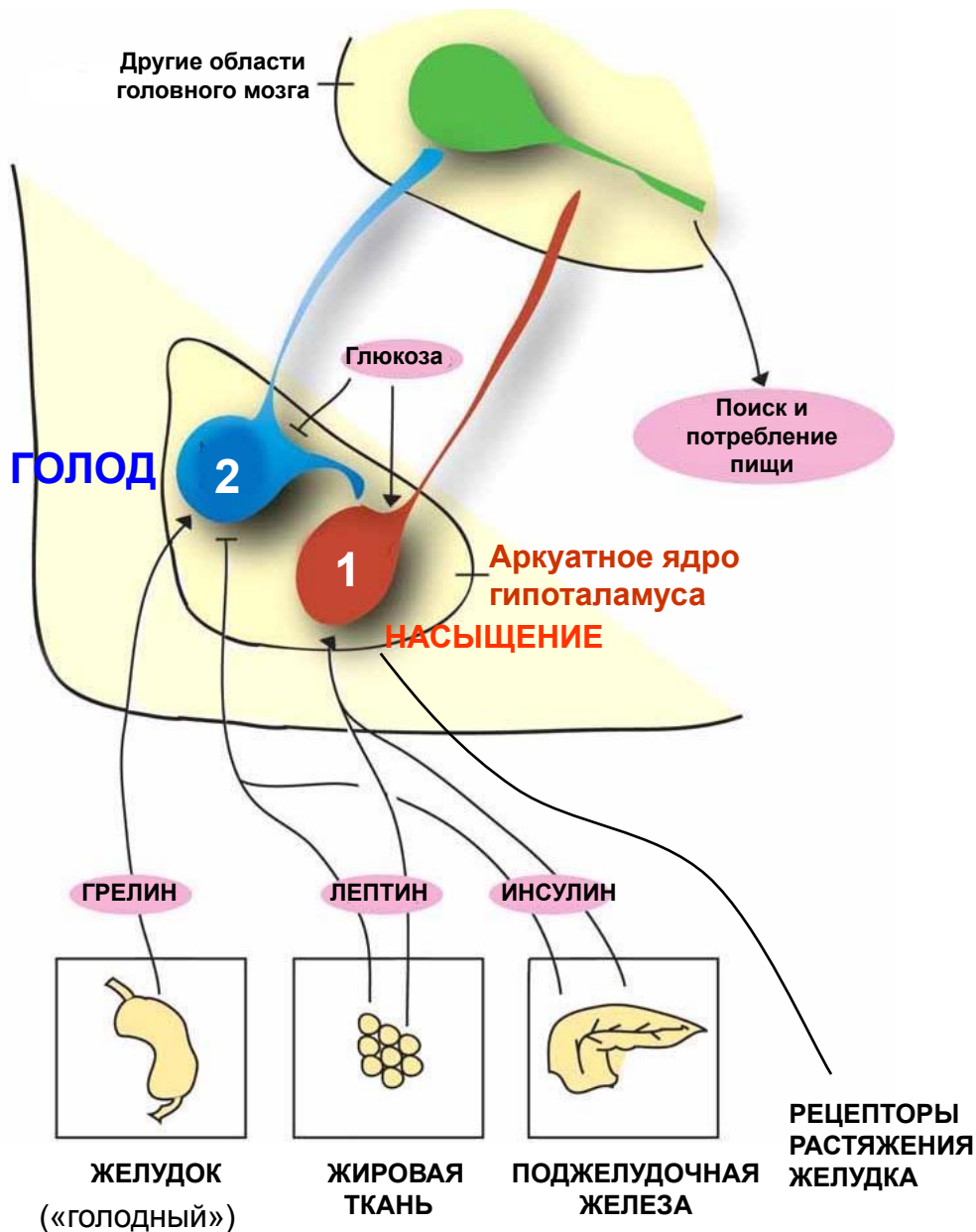
Reprinted from The Funny Times / PO Box 18530 / Cleveland Heights, OH 44118
phone: (216) 371-8600 / e-mail: ft@funnytimes.com

Регуляция аппетита



- 1 – Нейроны, **активирующиеся** при повышении глюкозы крови (при насыщении)
- 2 - Нейроны, активность которых **тормозится** при повышении глюкозы (т.е. они активны при недостатке глюкозы)

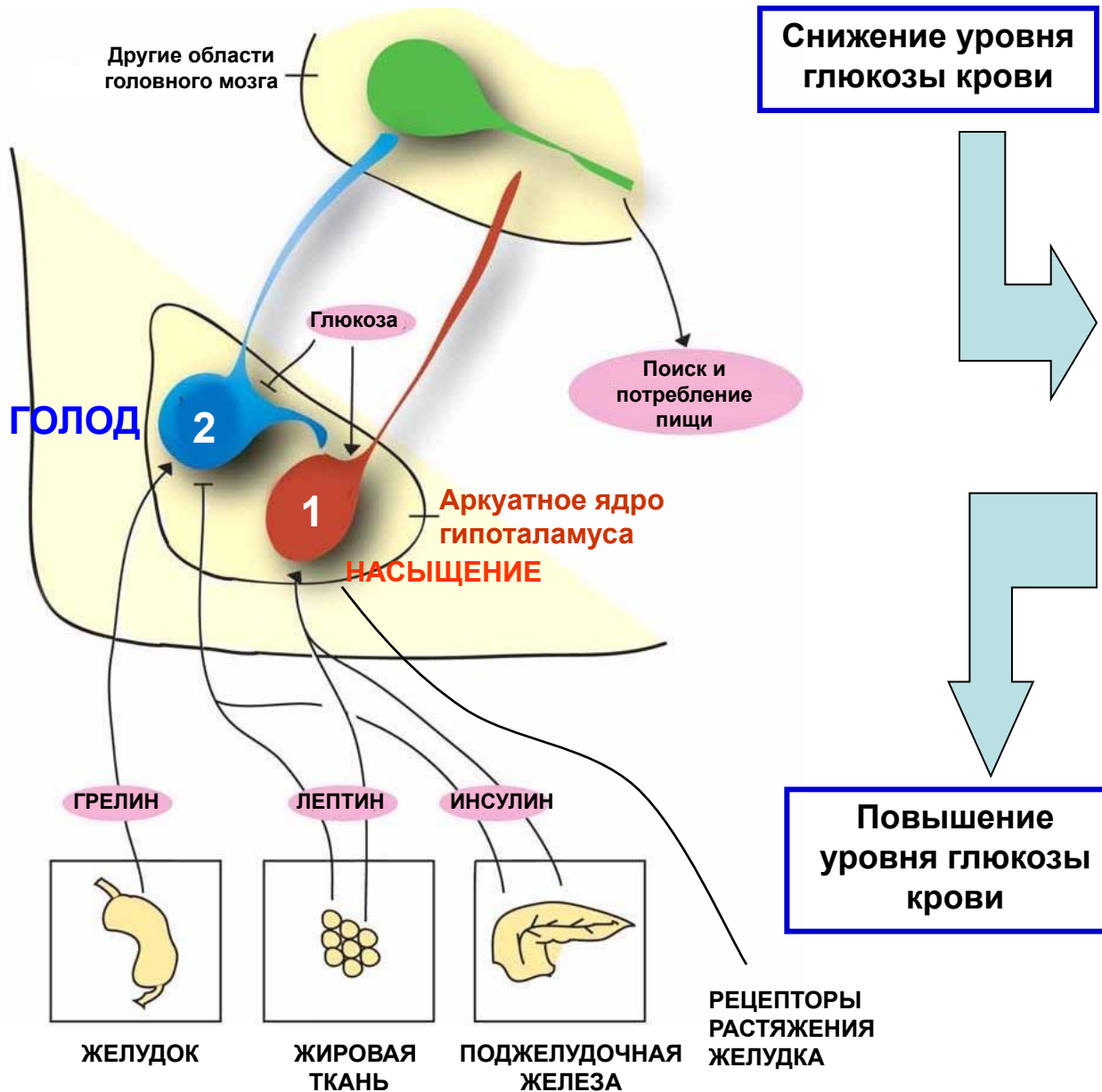
Регуляция аппетита



1 – Нейроны, **активирующиеся** при повышении глюкозы крови (при насыщении)

2 - Нейроны, активность которых **тормозится** при повышении глюкозы (т.е. они активны при недостатке глюкозы)

Регуляция аппетита



- пищевое поведение;
- активация симпатoadреналовой системы;
- выброс либеринов, стимулирующих секрецию АКТГ, соматотропного гормона;
- повышение секреции глюкагона;
- снижение секреции инсулина