



Общие принципы физиологии пищеварения

апрель 2021
проф. С.Л. Совершаева



1. Пищеварение. Основные понятия. Пищеварительный конвейер. Типы пищеварения
2. Пищевая мотивация. Пищевое поведение. Голод и насыщение.
3. Функциональная система питания
4. Принципиальные основы функционирования ЖКТр

**1.ПИЩЕВАРЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.
ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЙ КОНВЕЙЕР. ТИПЫ
ПИЩЕВАРЕНИЯ**

Пищеварение – сложный процесс, в ходе которого принятая пища подвергается физико-химическим превращениям в пищеварительном тракте [Коротько Г. Ф., 1987)



сохранение энергетической и пластической ценности нутриентов, утрата видовой специфичности



усвоение организмом и включение в его обмен веществ



обеспечение пластических и энергетических потребностей организма

«Пищеварительный конвейер»
[Морозов И. А. и др.)

Глотка

- продвижение пищи в пищевод

Печень

- секреция желчи (важна для переваривания жиров),
- накопление нутриентов,
- производство энергии, белков, факторов свертывания,
- детоксикация и фагоцитоз

Поджелудочная железа

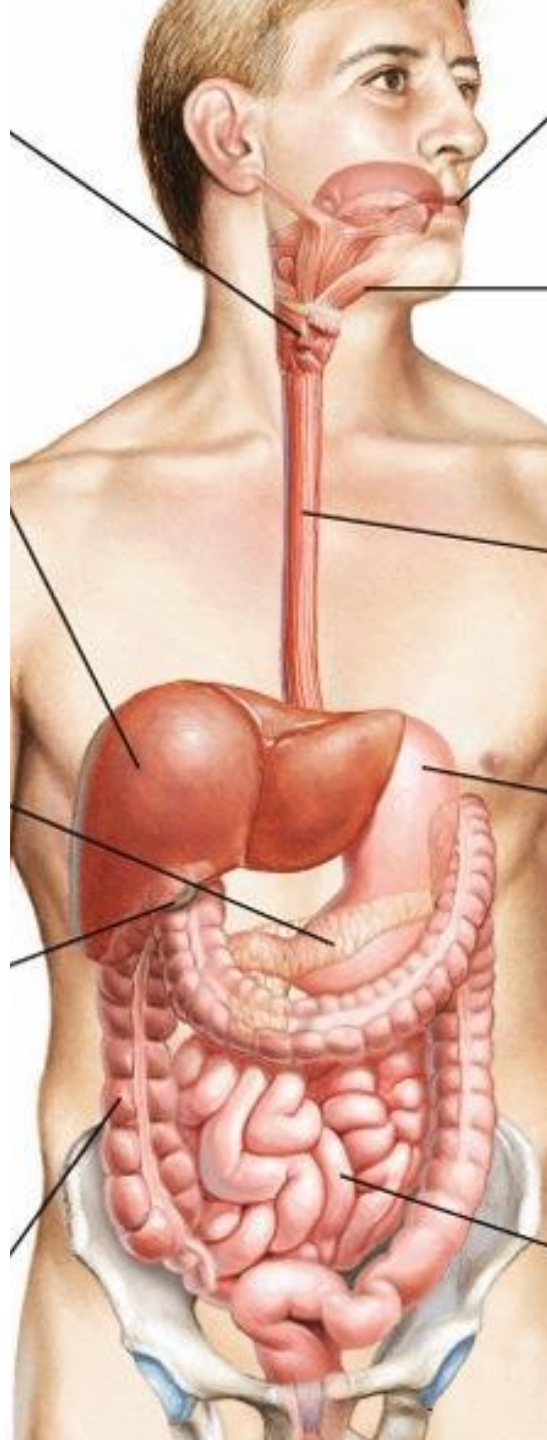
- секреция буферов и пищеварительных ферментов,
- секреция гормонов для регуляции пищеварения

Желчный пузырь

- накопление и концентрация желчи

Толстый кишечник

- дегидратация и уплотнение непереваренных материалов для удаления,
- ресорбция воды и электролитов,
- защитная иммунная функция



Ротовая полость

- Механическое разрушение,
- Перемешивание пищи со слюной

Слюнные железы

- Секреция жидкости, содержащей ферменты, инициирующие переваривание

Пищевод

- Транспорт пищи в желудок

Желудок

- Химическое разрушение пищи кислотой и ферментами,
- Механическое дробление (за счет мышечного сокращения)

Тонкий кишечник

- Ферментативное переваривание и всасывание воды, органических субстратов, витаминов и ионов,
- защитные функции

Основа химической трансформации нутриентов - деполимеризация гидролитическими ферментами

- карбогидразы, протеиназы, липазы

Внеклеточное пищеварение:

2. Полостное (или дистантное) пищеварение

- ферменты слюны, желудочного и поджелудочного соков.

3. Мембранное пищеварение

- ферментами, «встроенными» в клеточную мембрану энтероцитов:
 - гликокаликс и «слизистые наложения»
 - конечный этап гидролиза пищевых субстратов

В зависимости от происхождения гидролаз пищеварение м.б.

- **собственное** (ферменты, синтезированные макроорганизмом)
- **симбионтное** (ферменты бактерий и простейших, в толстой кишке)
- **аутолитическое** (экзогенные гидролазы: с молоком матери в составе пекарств пизосомальные ферменты)

2. ПИЩЕВАЯ МОТИВАЦИЯ. ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ. ГОЛОД И НАСЫЩЕНИЕ.

Пищевая мотивация. Пищевое поведение.

Пищевое поведение – реакции поиска и поедания пищи, либо отказ от них:

- в основе – **пищевая мотивация** (в результате потребности в питательных веществах)
 - субъективно – **эмоции негативного характера** в голодном состоянии (ответственна – лимбическая система)
- возбуждение нейронов передних отделов коры головного мозга – формирование поискового и пищедобывательного поведения

Пищевой центр - совокупность нейронов

- коры больших полушарий, лимбической системы, ретикулярной формации и гипоталамуса.

Два отдела пищевого центра:

- **центр насыщения** (нейроны вентромедиальных ядер гипоталамуса)
- **центр голода** (нейроны латеральных ядер гипоталамуса),



разрушение
вентромед.
ядер



(a)

ненасытный
аппетит

разрушение
латеральных
ядер



(b)

потеря
аппетита

**Изменения активности
хеморецепторов,
осморцепторов,
механорецепторов ЖКТ,
сосудов и мозга**



ПОТОК импульсов от периферических
рецепторов в ЦНС



возбуждение соответствующих
центров головного мозга



**формирование чувства голода или
жажды (возбуждение
латерального гипоталамуса)**



формирование **пищевой
мотивации**



соответствующее **пищевое
поведение** (в том числе и
питьевое поведение).

Центр голода



пищевое поведение – добыча и
поедание пищи



поступление нутриентов в
пищеварительный тракт



их переваривание и всасывание



возбуждение соответствующих
рецепторов ЖКТ, вкуса, обоняния,
зрения и т.д.



**возбуждение центра насыщения
(венромедиальный
гипоталамус)**



блокада пищевого поведения
(насыщение)

Аппетит – это чувство, связанное со стремлением к потреблению пищи

- в его основе – пищевая мотивация,
- формируется при участии нейронов коры больших полушарий и лимбической системы.

Насыщение (снижение аппетита):

- **первичное (сенсорное)**

- афферентация от рецепторов (ЖКТр, вкуса, обоняния, зрения и т.д.),
- в течение 30 минут (условно-рефлекторная реакция),
- положительные эмоции,
- Биологическое значение – оборвать чувство голода (прекратить пищевое поведение).

- **вторичное (обменное, нутритивное, метаболическое)**

- результат поступления в кровь продуктов гидролиза нутриентов,
- наступает через 1,5 –2 часа после приема пищи.

Насыщение регулируется гормонами:

- *холецистокинин (ХК), пептиды YY, Y и ГПП-1 (глюкагоноподобный пептид-1)*
 - выделяются в ответ на потребление пищи
 - снижают чувства голода
- *лептин* выделяется
 - в ответ на инсулин и действует на центр насыщения в гипоталамусе
 - вызывает чувство насыщения

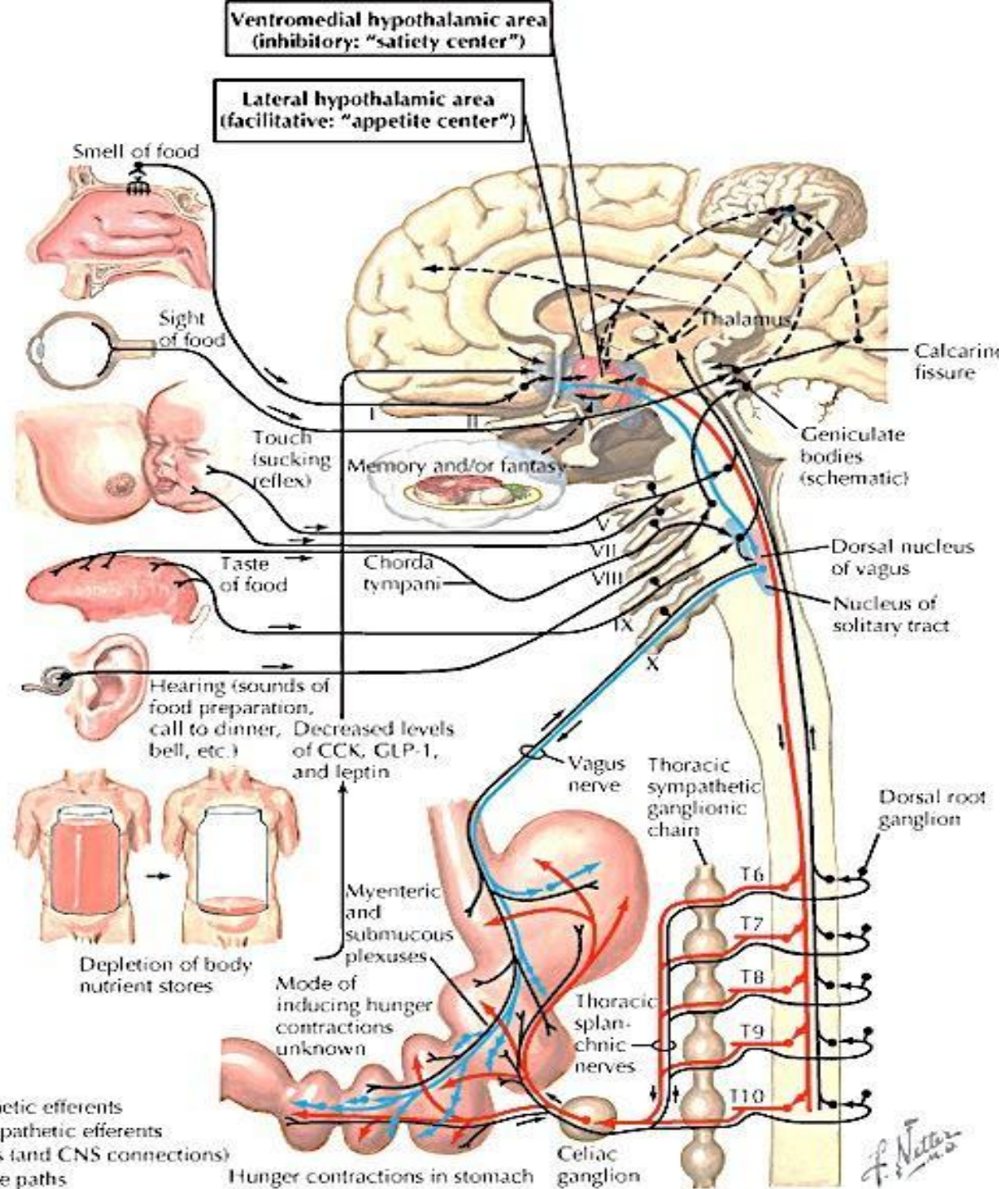
Голод

- *вагусная стимуляция энтеральной НС и*
- выделение гормонов ЖКТр:
 - *грелин и орексин* стимулируют центр голода в гипоталамусе
 - вызывает чувство голода

Орексиогенные факторы (голод – повышение аппетита)	Анорексиогенные факторы (насыщение - понижение аппетита)
гипоталамический нейропептид Y	кишечный нейропептид YY
орексин	холецистокинин
соматолиберин	глюкагоноподобный пептид
грелин	лептин
парасимпатическая стимуляция	симпатическая стимуляция

Нарушения аппетита:

- **анорексия** –
 - отсутствие аппетита в течение длительного времени (дни, недели, месяцы),
 - в основе патология центра голода,
- **булимия** –
 - чрезмерный аппетит,
 - непрекращающаяся пищевая мотивация,
 - связана с патологией центров голода и насыщения,
 - часто наблюдается при гиперинсулинемии.
- **извращения аппетита** –
 - стремление к поеданию несъедобных веществ (зола, земля, бумага и пр.),
 - результат недостатка определенных веществ в организме,
 - результат психического расстройства.



Перемещение жидкости с участием ЖКТр

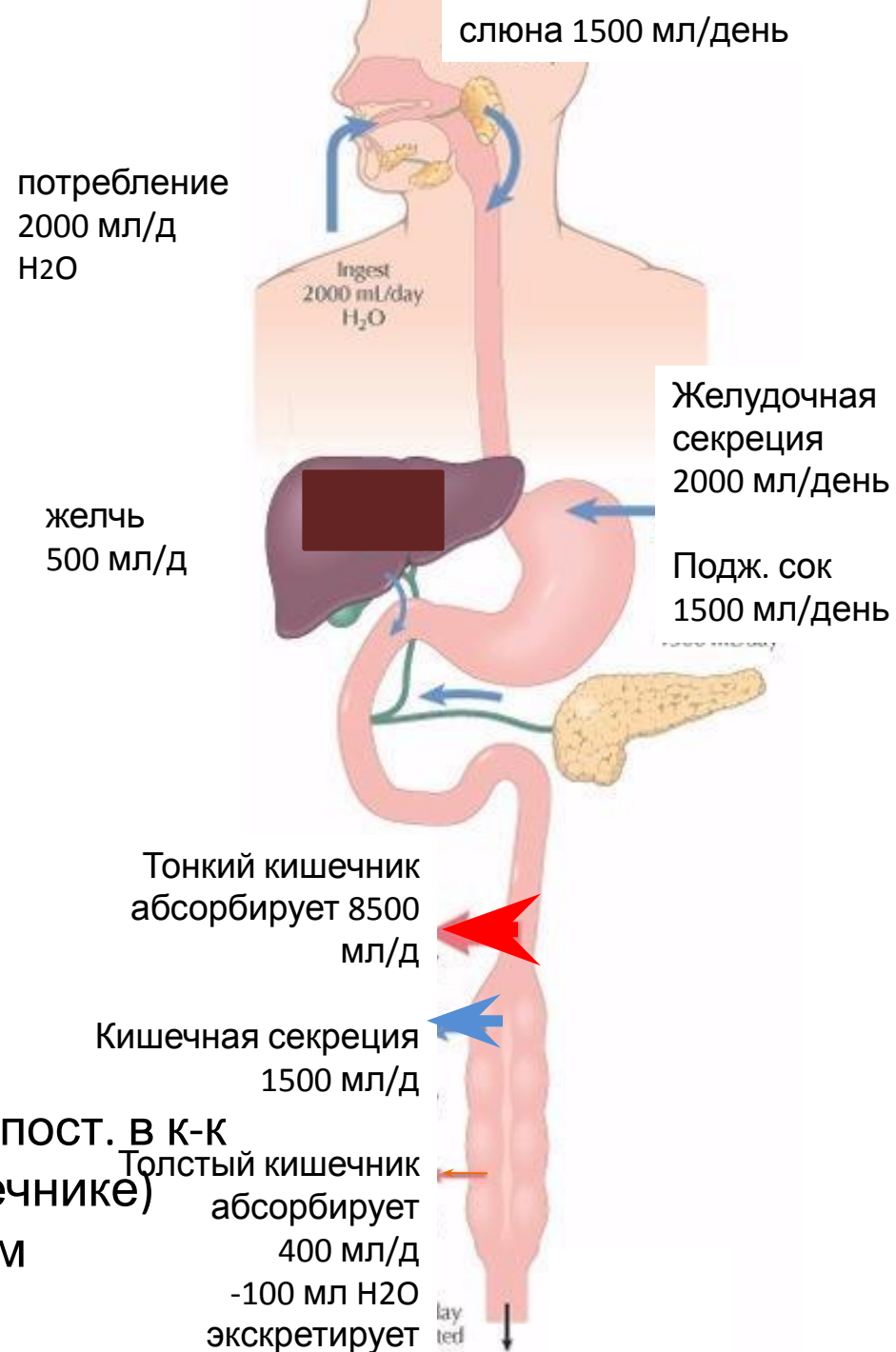
- потребление жидкости ≈ 2 л/с с едой,
- ЖКТр секретирует для облегчения переваривания и всасывания нутриентов ≈ 7 л/с

Итак, всего поступает в полость ЖКТр ≈ 9 л/с

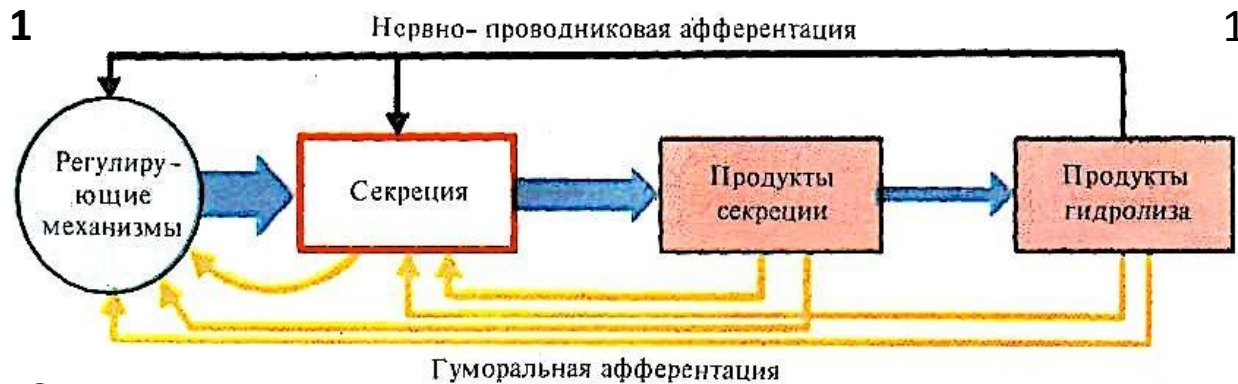
- до 8,9 л/день абсорбируется обратно в кровь (преимущественно в тонком кишечнике и в меньшей степени в толстом);

Итак, лишь ≈ 100 мл жидкости в день экскретируется с каловыми массами

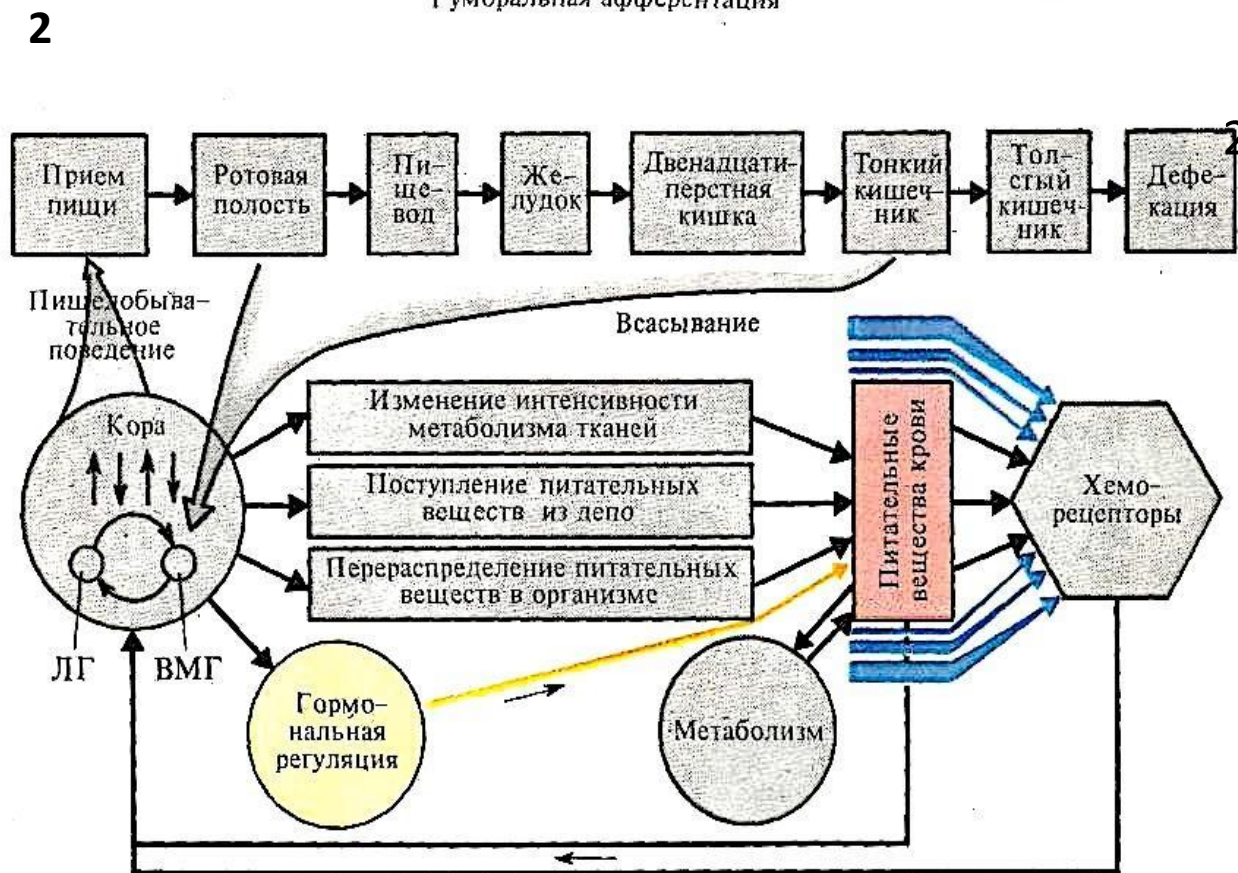
$2000 + 1500 + 2000 + 500 + 1500 + 1500 = 9000$ (пост. в К-К)
 $8500 + 400 = 8900$ (абсорбируется в кишечнике)
 $9000 - 8900 = 100$ мл/с – экскреция с калом



3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ



1. Афферентные влияния различного типа, регулирующие секрецию пищеварительных соков



2. Схема функциональной системы, обеспечивающей регуляцию питания организма: ЛГ – латеральное ядро гипоталамуса, ВМГ – вентромедиальное ядро гипоталамуса

3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО- КИШЕЧНОГО ТРАКТА

- **Пищеварительный тракт** — мышечная трубка, выстланная слизистой оболочкой, просвет трубки — внешняя среда

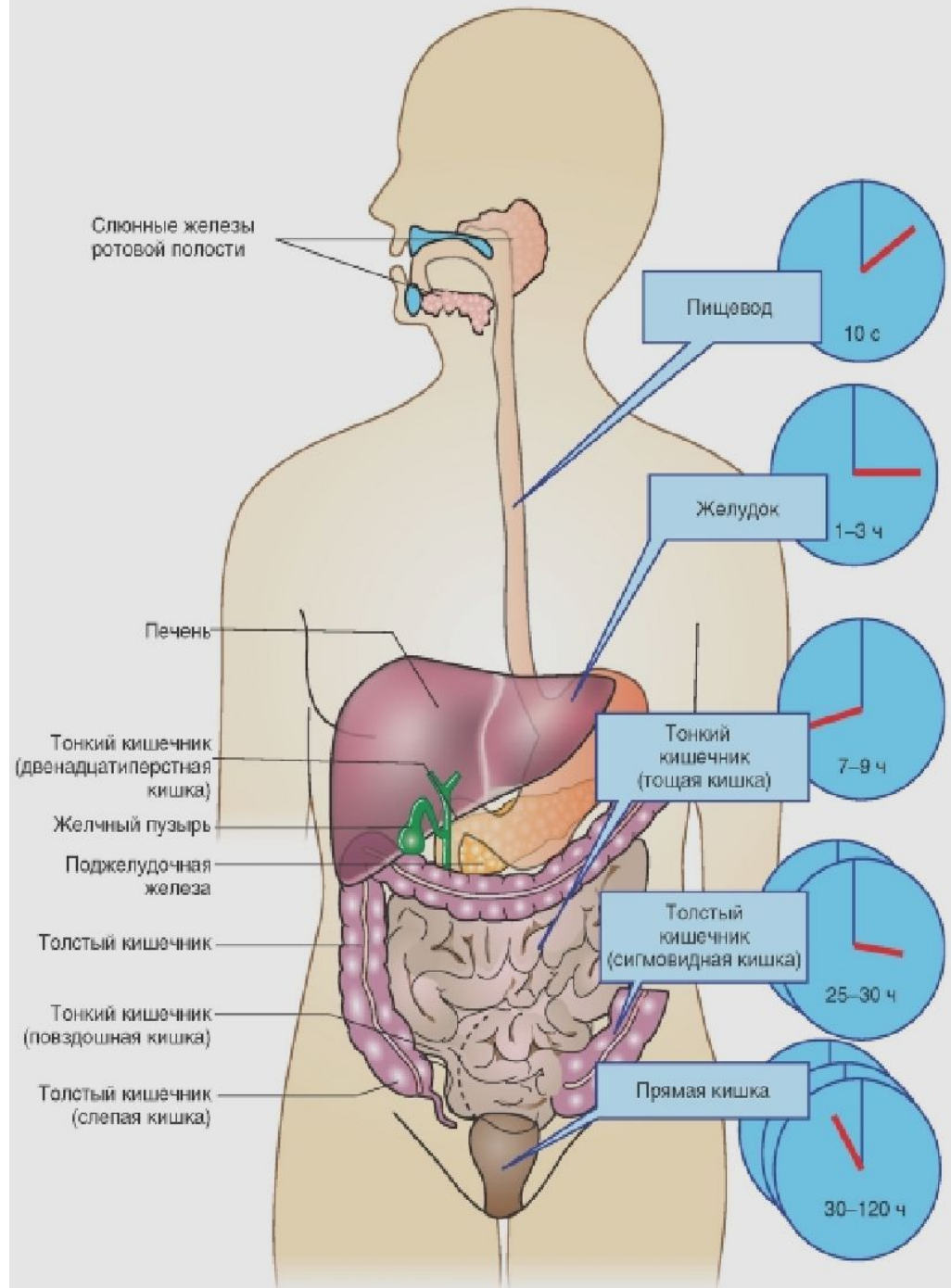
- в стенке трубки и вне её находятся железы, выводные протоки которых открываются в её просвет.

- **Пищеварительный тракт**

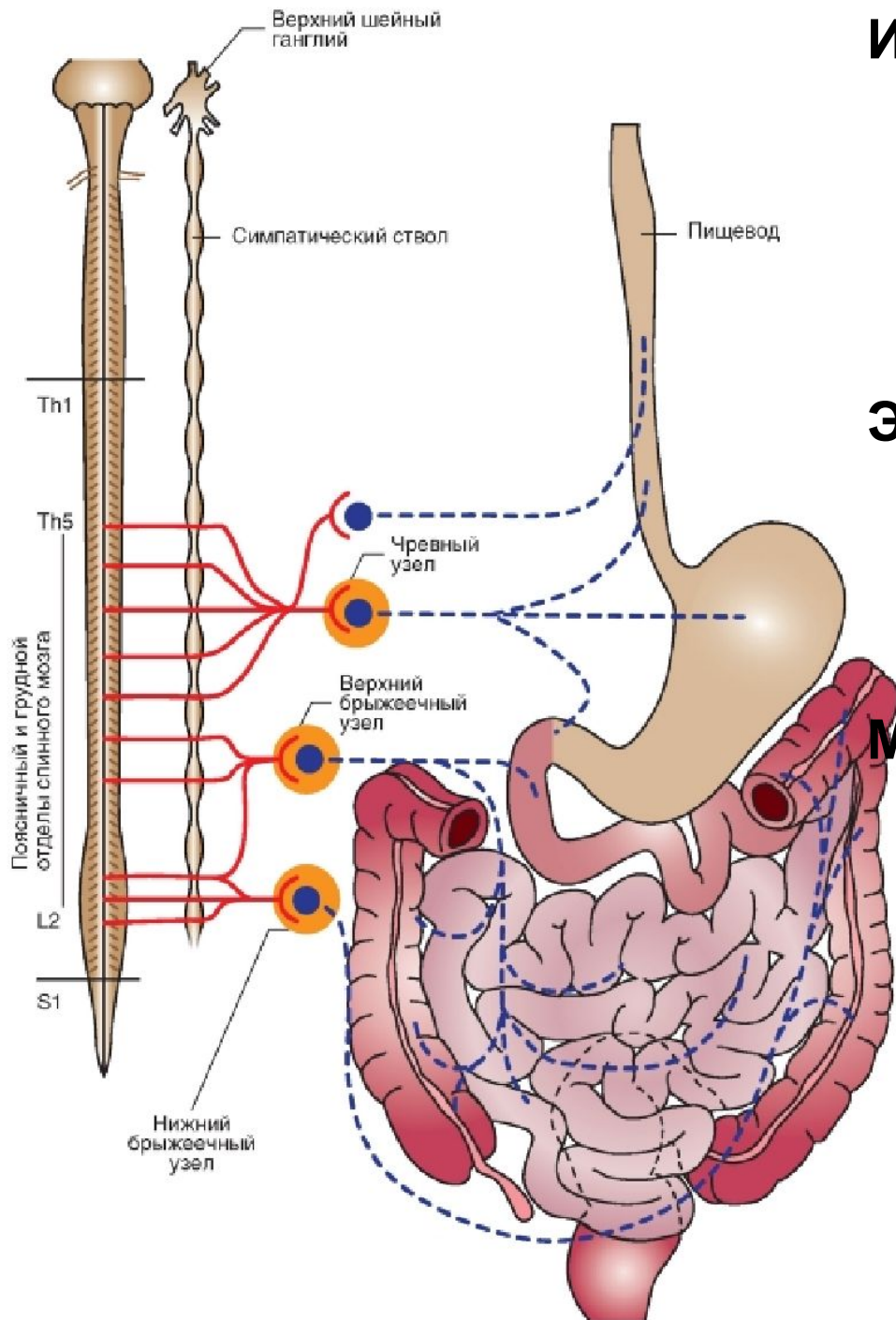
- собственный нервный аппарат (энтеральная нервная система) и
 - собственную систему эндокринных клеток (энтероэндокринная система).

- **ЖКТ вместе с его большими железами (слюнные, печень, поджелудочная) формирует пищеварительную систему**

- переваривание
 - абсорбция/всасывание



- Пищеварительная система:
 - секреция пищеварительных соков и переваривание пищи,
 - перемещение пищи, химуса и каловых масс;
 - всасывание переваренных продуктов, воды и электролитов,
 - благодаря кровотоку через органы пищеварения – перенос всосавшихся веществ по организму,
 - гуморальный и нервный контроль всех этих функций.



Иннервация

- парасимпатическая –
- ↑ активность ЖКТр
- симпатическая –
- ↓ активность ЖКТр

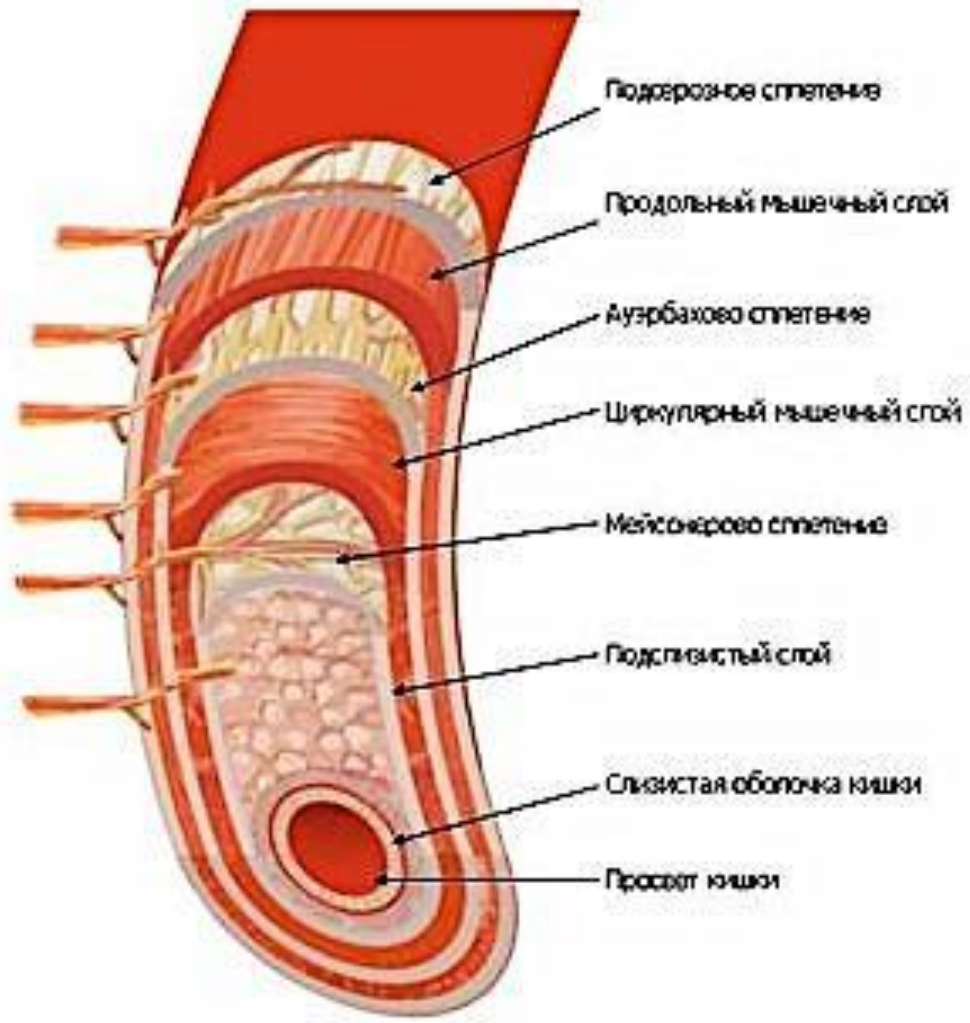
Экстрамуральные нейроны ЖКТр – секреция БАВ:

- нейрокрины и
- паракрины

Местные рефлекторные дуги (2-х нейронные) – активность мышечных и железистых клеток:

- чувствительные клетки (клетки Догеля 2 типа)
- двигательные клетки (клетки Догеля 1 типа)

Энтеральная нервная система



– регуляция двигательной и секреторной активности ЖКТ

– стенка ЖКТ – сети нервных сплетений

1) межмышечное сплетение (Ауэрбаха) – регуляция моторики

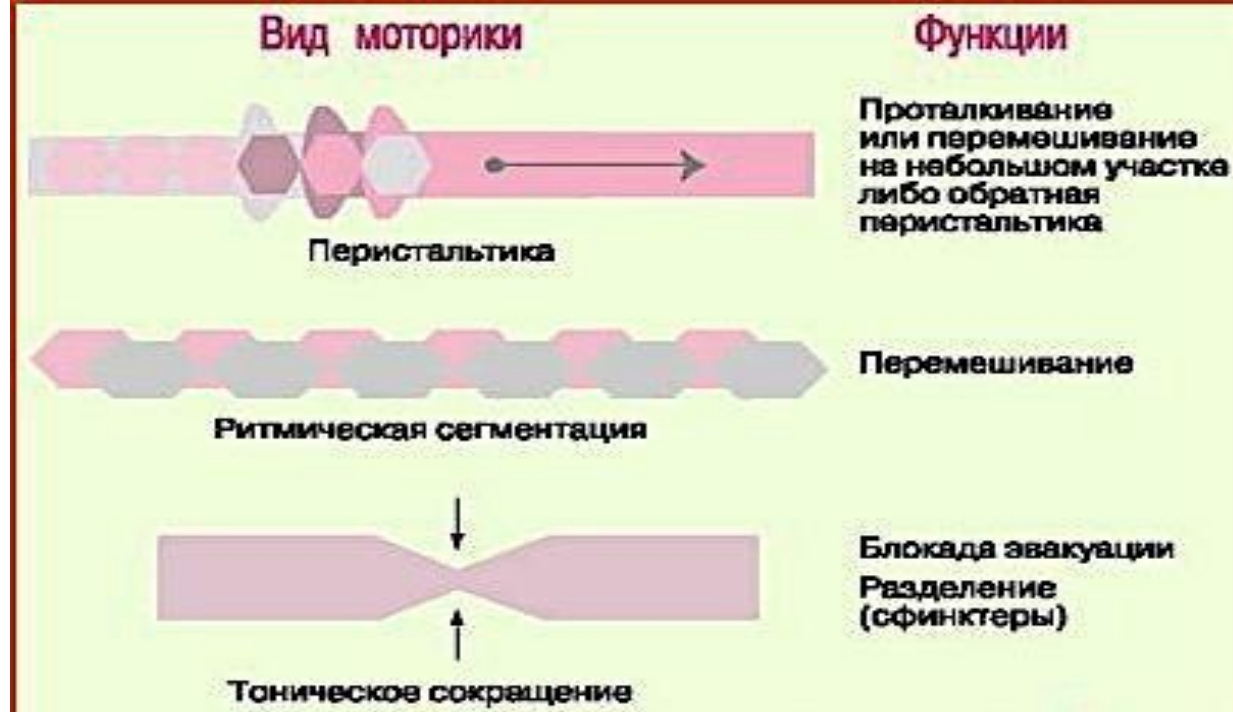
2) подслизистое (Мейснера) – регуляция моторики и секреции.

Моторика желудочно-кишечного тракта

- Ритм сокращений определяется частотой медленных волн гладко-мышечных клеток (ГМК)
 - сокращение – при ↓ мембранного потенциала (МП) – деполяризации – до -40 мВ.
- Факторы, деполяризующие мембрану ГМК:
 - растяжение мышцы,
 - ацетилхолин (парасимпатическая стимуляция),
 - гастроинтестинальные гормоны.
- Гиперполяризацию мембраны миоцитов вызывают
 - адреналин, норадреналин (стимуляция постганглионарных симпатических волокон)

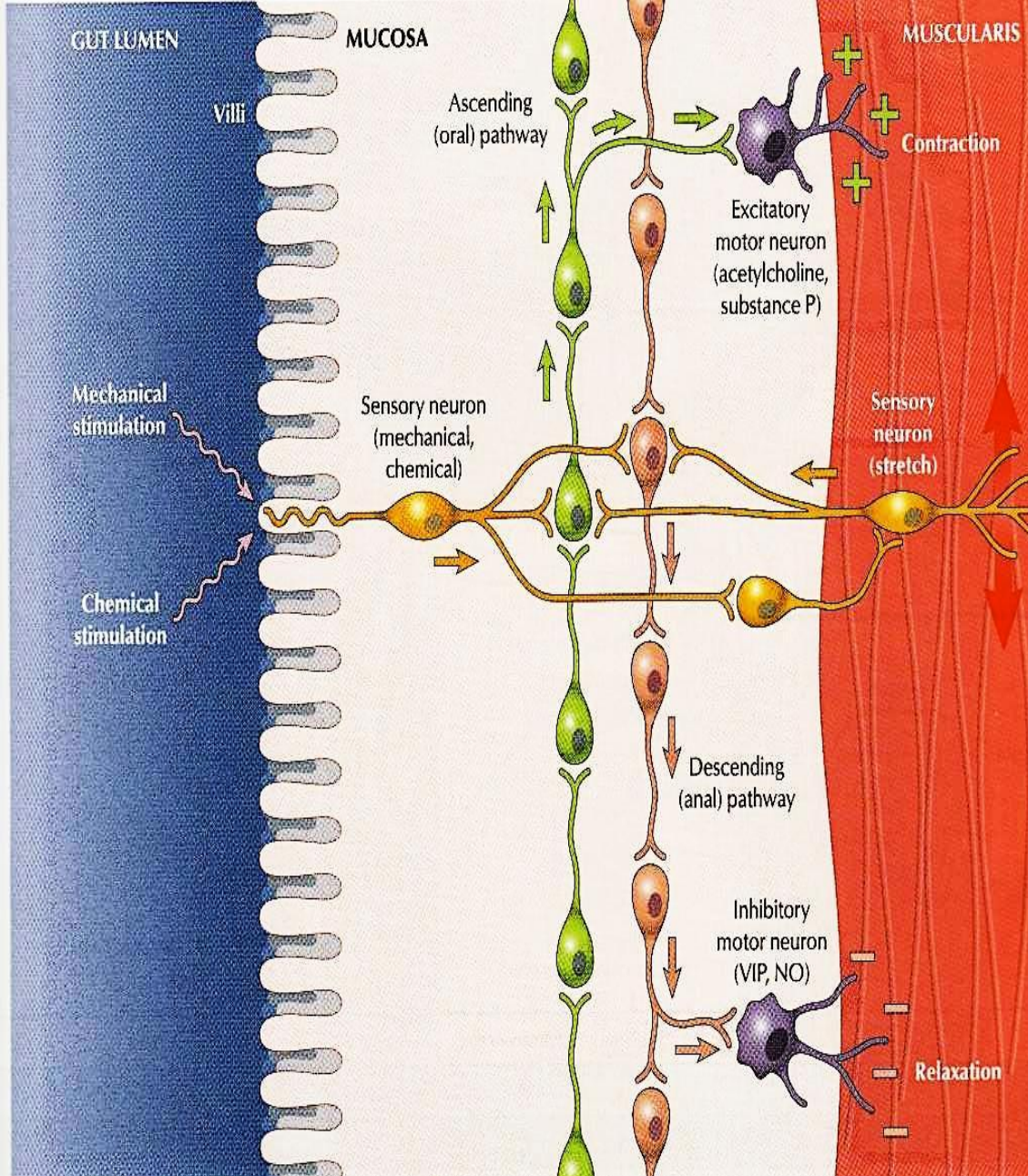
Моторика

продвижение и перемешивание пищи в различных частях пищеварительного тракта.



Виды моторики

- **Перистальтические движения** — продвигающие (пропульсивные) движения – в норме волна продвигается в анальном направлении,
 - результат местного рефлекса — перистальтический рефлекс, или миоэнтеральный рефлекс,
- **Непропульсивные/перемешивающие движения** - там, где продвижение пищи задерживается сфинктерами
 - локальные чередующиеся сокращения, пережимающие кишку от 5 до 30 сек, затем новые пережатия в другом месте и т.д.



Регуляция перистальтики

Присутствие комка пищи в полости кишечника вызывает сокращение гладкой мускулатуры выше (зеленые линии) и расслабление ниже (розовые) комка

- это ведет к возникновению перистальтической волны, которая проталкивает комки вниз по кишечнику (т.е., от рта к анусу)
- движение координируется энтеральной нервной системой.

Нейроны миентерального сплетения, обозначенные на рисунке, расположены в наружной слизистой оболочке.

Эндокринная система желудочно-кишечного тракта

- APUD- система (акроним от английских слов amine — амины, precursor — предшественник, uptake — усвоение, поглощение; decarboxylation — декарбоксилирование)
- полипептиды, секретируемые слизистой оболочкой желудочно-кишечного тракта в ответ на специфическую стимуляцию,
- местная регуляция процессов пищеварения

- **Соматостатин**
 - желудок, проксимальный отдел тонкой кишки, поджелудочная железа
 - D-клетки
 - Тормозит выделение инсулина и глюкагона, большинства известных желудочно-кишечных гормонов (секретина, ГИПа, мотилина, гастрина); тормозит активность париетальных клеток желудка и ацинарных клеток поджелудочной железы
- **Вазоактивный интестинальный (ВИП) пептид**
 - Во всех отделах желудочно-кишечного тракта
 - D-клетки
 - Тормозит действие холецистокинина, секрецию соляной кислоты и пепсина желудком, стимулированную гистамином, расслабляет гладкие мышцы кровеносных сосудов, желчного пузыря
- **Панкреатический полипептид (ПП)**
 - Поджелудочная железа
 - D2-клетки
 - Антагонист ХЦК-ПЗ, усиливает пролиферацию слизистой оболочки тонкой кишки, поджелудочной железы и печени; участвует в регуляции обмена углеводов и липидов

- **Гастрин**

- Антральная часть желудка, поджелудочная железа, проксимальный отдел тонкой кишки
- G-клетки
- Стимулирует секрецию и выделение пепсина желудочными железами, возбуждает моторику расслабленного желудка и двенадцатиперстной кишки, а также желчного пузыря

- **Гастрон**

- Антральный отдел желудка
- G-клетки
- Снижает объем желудочной секреции и выход кислоты в желудочном соке

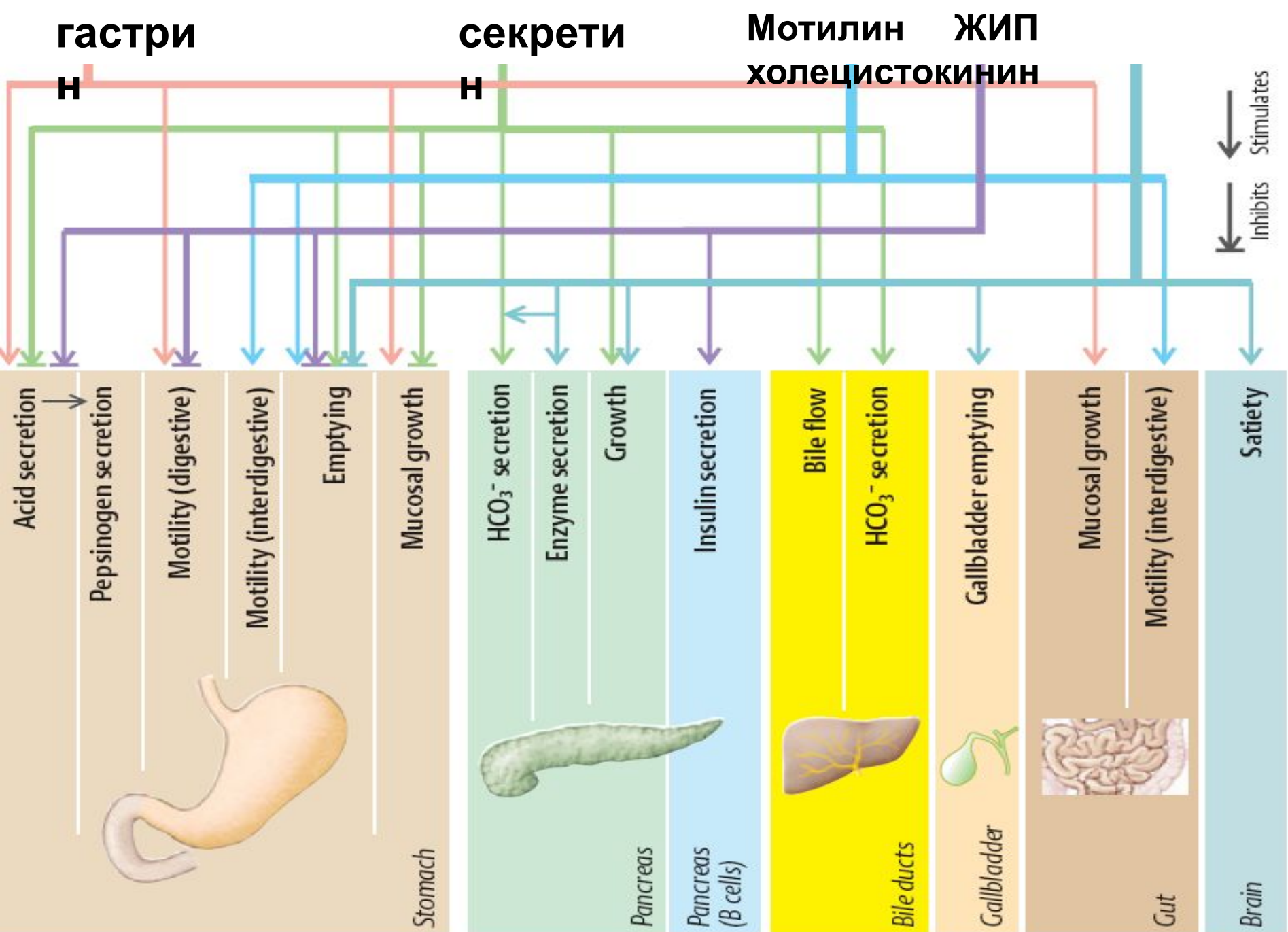
- **Бомбезин** (гастринвысвобождающий пептид)

- Желудок и проксимальный отдел тонкой кишки
- P-клетки
- Стимулирует высвобождение гастрина, усиливает сокращение желчного пузыря и выделение ферментов поджелудочной железой, усиливает выделение энтероглокагона

- **Мотилин**
 - Проксимальный отдел тонкой кишки
 - EC2-клетки
 - Возбуждает секрецию пепсина желудком и секрецию поджелудочной железы, ускоряет эвакуацию содержимого желудка
- **Холецистокинин-панкреозимин (ХЦК-ПЗ)**
 - Тонкий кишечник
 - I-клетки
 - Возбуждает выход ферментов и в слабой степени стимулирует выход бикарбонатов поджелудочной железой, тормозит секрецию соляной кислоты в желудке, усиливает сокращение желчного пузыря и желчевыделение, усиливает моторику тонкой кишки
- **Секретин**
 - Тонкий кишечник
 - S-клетки
 - Стимулирует секрецию бикарбонатов и воды поджелудочной железой, печенью, железами Бруннера, пепсина; тормозит секрецию в желудке

- **Гастроингибирующий пептид (ГИП)**
 - Тонкий кишечник
 - К-клетки
 - Тормозит выделение соляной кислоты и пепсина, высвобождение гастрина, моторику желудка, возбуждает секрецию толстой кишки
- **Гистамин**
 - Желудочно-кишечный тракт
 - ЕС2-клетки
 - Стимулирует выделение секрета желудка и поджелудочной железы, расширяет кровеносные капилляры, оказывает активирующее влияние на моторику желудка и кишечника
- **Серотонин**
 - Желудочно-кишечный тракт
 - ЕС1,ЕС2-клетки
 - Тормозит выделение соляной кислоты в желудке, стимулирует выделение пепсина, активирует секрецию поджелудочной железы, желчевыделение, кишечную секрецию

- **Гастроингибирующий пептид (ГИП)**
 - Тонкий кишечник
 - К-клетки
 - Тормозит выделение соляной кислоты и пепсина, высвобождение гастрина, моторику желудка, возбуждает секрецию толстой кишки
- **Гистамин**
 - Желудочно-кишечный тракт
 - ЕС2-клетки
 - Стимулирует выделение секрета желудка и поджелудочной железы, расширяет кровеносные капилляры, оказывает активирующее влияние на моторику желудка и кишечника
- **Серотонин**
 - Желудочно-кишечный тракт
 - ЕС1,ЕС2-клетки
 - Тормозит выделение соляной кислоты в желудке, стимулирует выделение пепсина, активирует секрецию поджелудочной железы, желчевыделение, кишечную секрецию



2 Main effects of gastrointestinal hormones

(Partly after L.R. Johnson)

ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ НА ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЖКТр

- **Секреция слизи и бикарбоната в желудке**
 - Стимулируют: гастрин, гастрин-рилизинг гормон, глюкагон, простагландин E, эпидермальный фактор роста.
 - Подавляет соматостатин.
- **Секреция пепсина и соляной кислоты в желудке**
 - Стимулируют ацетилхолин, гистамин, гастрин.
 - Подавляют соматостатин и желудочный ингибирующий пептид.
- **Моторика желудка**
 - Стимулируют ацетилхолин, мотилин, VIP.
 - Подавляют соматостатин, холецистокинин, адреналин, норадреналин, желудочный ингибирующий пептид.

ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ НА ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЖКТр

- **Перистальтика кишечника**

- Стимулируют ацетилхолин, гистамин, гастрин (подавляет эвакуацию из желудка), холецистокинин, серотонин, брадикинин, VIP.
- Подавляют соматостатин, секретин, адреналин, норадреналин.

- **Секреция сока поджелудочной железы**

- Стимулируют ацетилхолин, холецистокинин, секретин.
- Подавляет соматостатин.

- **Желчеотделение**

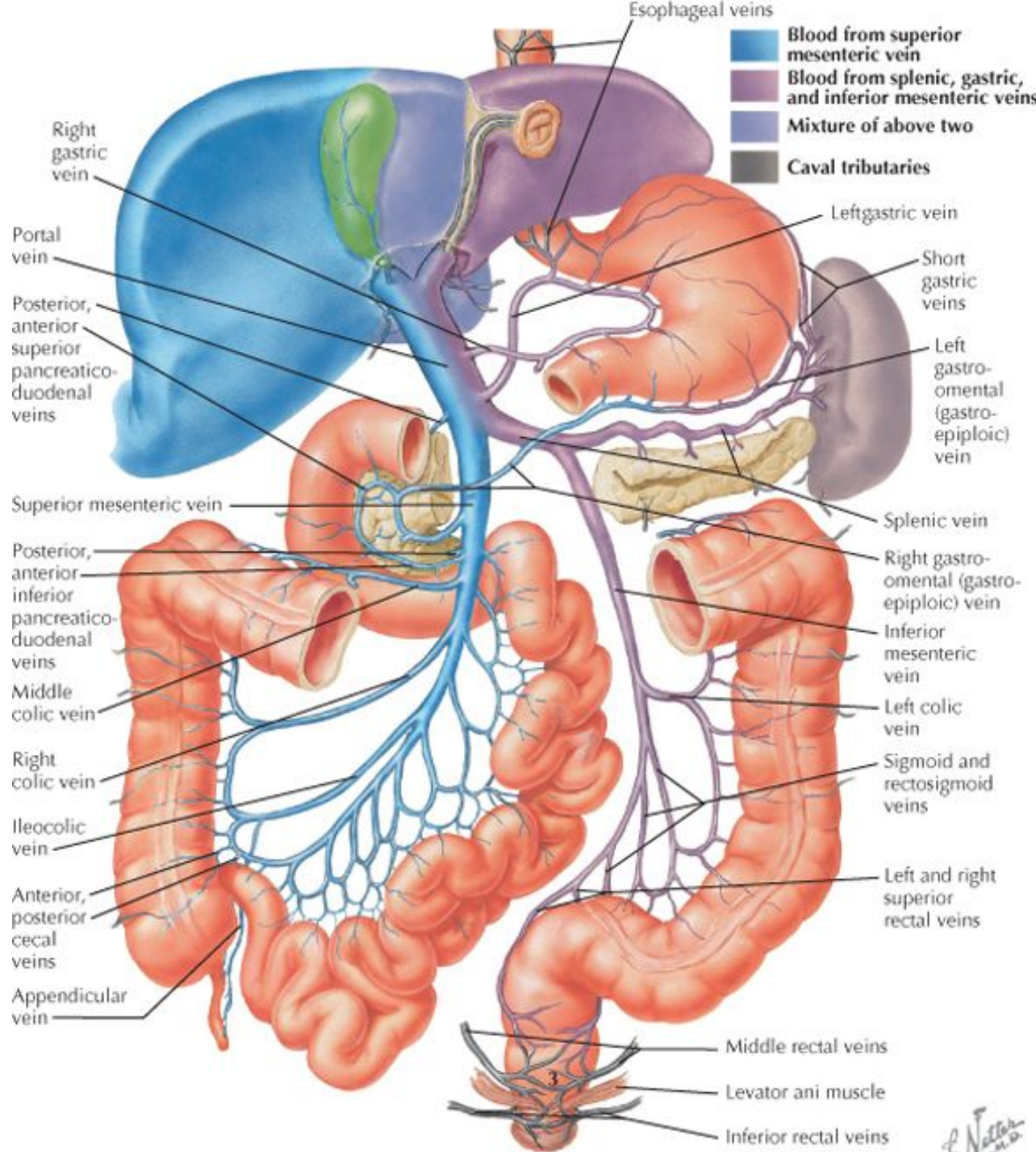
- Стимулируют гастрин, холецистокинин.

Кровообращение в ЖКТр

- значение
 - эффективное переваривание и всасывание;
- на пике пищеварения
 - кровоток возрастает в 2 раза;
- кровоснабжение из чревных (верхней и нижней брыжеечных артерий),
 - капилляры внутри ворсинок;
- отток крови через портальную вену к печени:
 - абсорбированные вещества поступают в печень

Лимфатические сосуды

- капилляры в ворсинках тонкого кишечника
 - роль в абсорбции липидов
- простираются к печени
 - всасывание воды и пептидов
 - транспорт их в системную венозную сеть
 - роль в поддержании онкотического давления
 - использование белков для синтеза гормонов, транспорта кальция, железа



F. Netter M.D.