

Лекция по нормальной физиологии для
студентов 2-го курса 1-го и 2-го медицинского
факультета, обучающихся по специальности
«Лечебное дело»

2016 В.
М.

Система пищеварения

Лекция № 2

Пищеварение в кишечнике

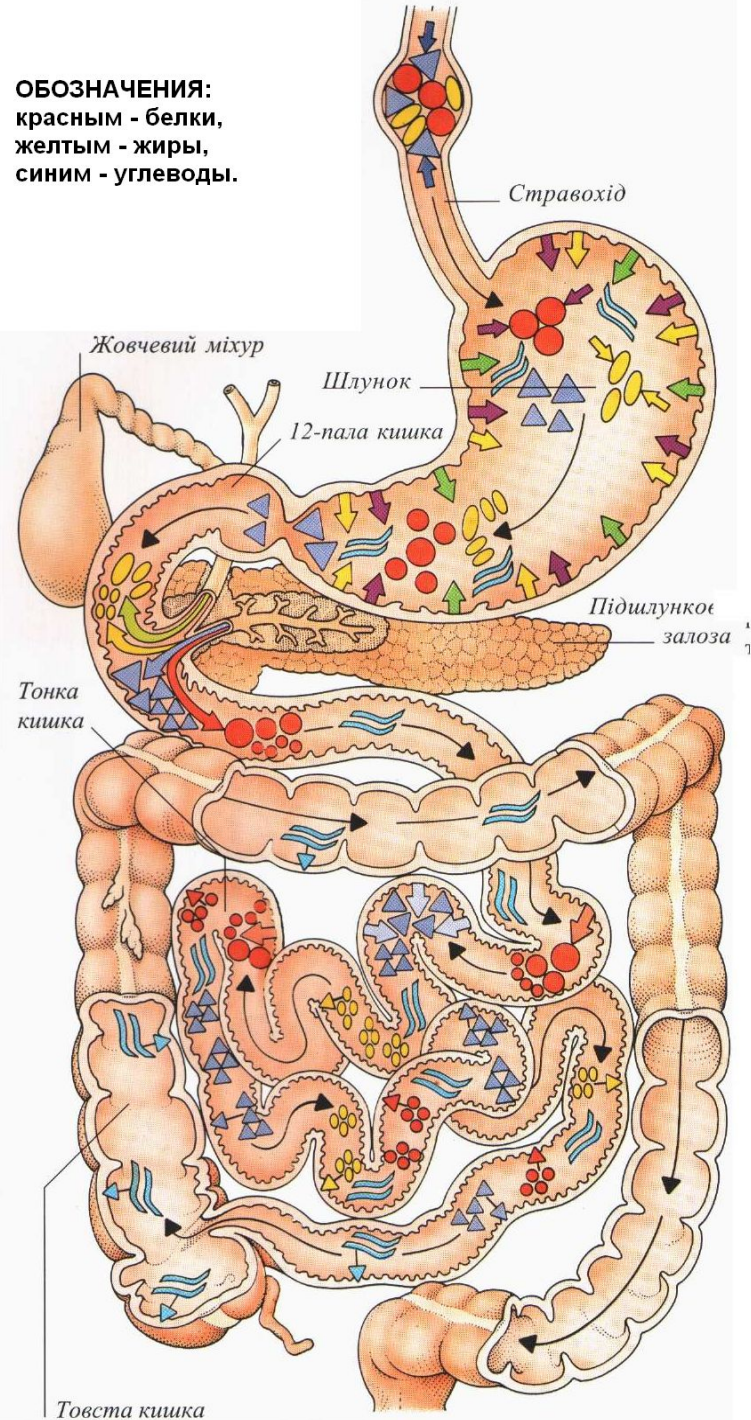
ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ:

1. 12-ти перстная кишка
2. Тонкий кишечник
3. Толстый кишечник
4. Процессы всасывания
5. Моторика кишечника

Гидролиз пищевых веществ

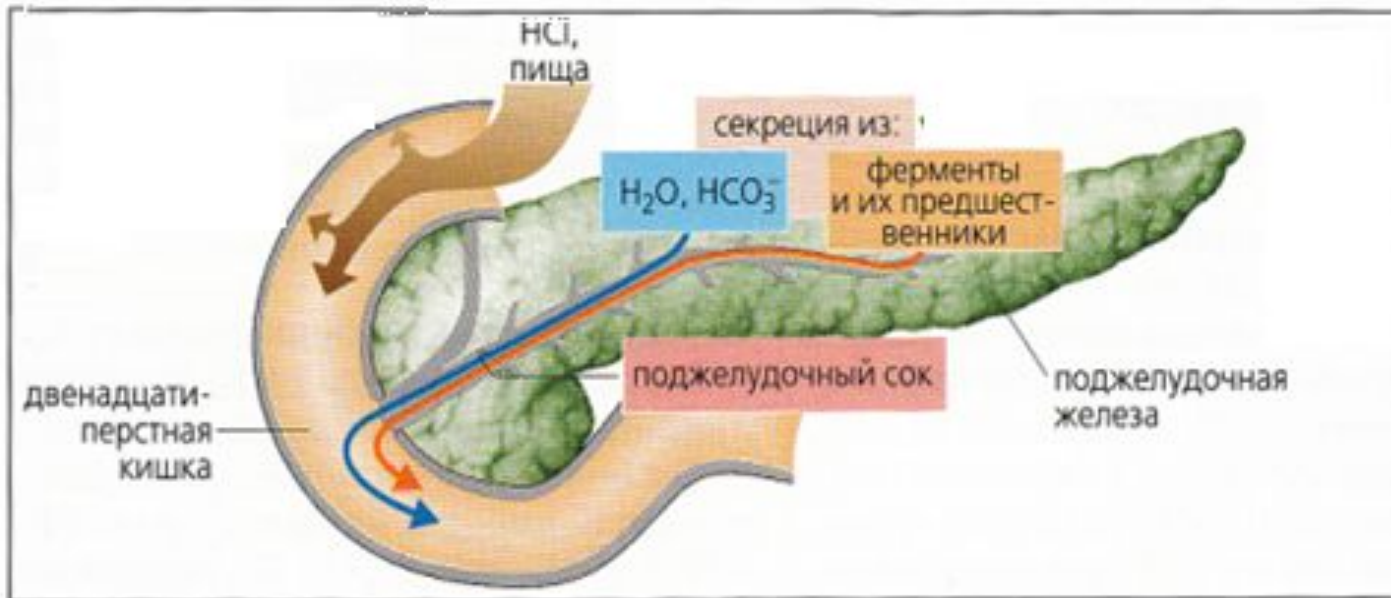
Основные процессы гидролиза всех пищевых веществ, также как и последующее всасывание продуктов его, происходят в тонком кишечнике.

ОБОЗНАЧЕНИЯ:
красным - белки,
желтым - жиры,
синим - углеводы.



12-перстная кишка

- * В тонком кишечнике гидролиз различных соединений осуществляется ферментами панкреатического и кишечного соков при участии желчи.
- * Особенно велика роль начального участка - двенадцатиперстной кишки, в которую открываются выводные протоки поджелудочной железы и печени.



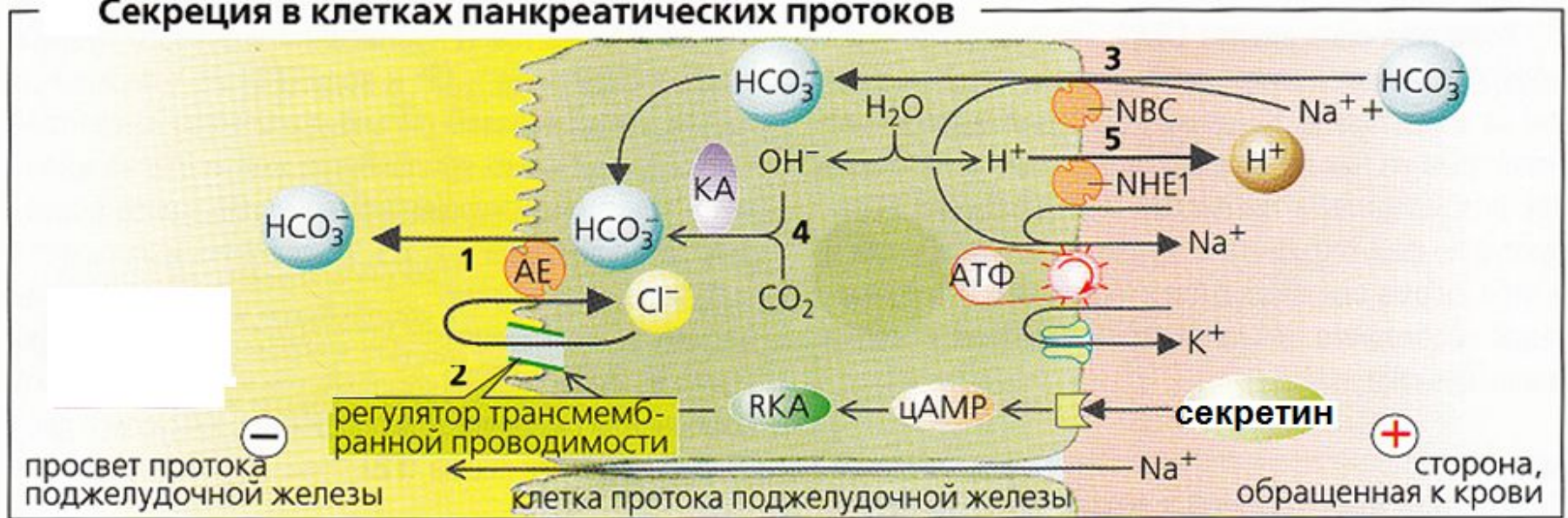
Состав сока поджелудочной железы

- * Сок поджелудочной железы (за сутки 1,5-2,0 л сока) содержит наиболее полный состав ферментов, переваривающих белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты: несколько пептидаз, а так же - липазы, амилазы и нуклеазы.
- * Все они активны в слабо щелочной среде (pH 7,0-8,0). Поэтому, поступивший сюда кислый химус должен быть доведен до указанного pH.
- * Для нейтрализации кислого желудочного химуса в соке поджелудочной железы в большом количестве (до 125 ммоль/л) содержатся бикарбонаты, благодаря которым pH сока - 7,8-8,5.
- * Выделяемые в просвет двенадцатиперстной кишки бикарбонаты нейтрализуют соляную кислоту:



Механизм секреции бикарбонатов

Секреция в клетках панкреатических протоков



- * Секреция бикарбонатов похожа на секрецию слюны.
- * В секреторных клетках состав ионов подобен плазме.
- * В клетках протоков имеется фермент **КА**, под влиянием которого образуется нестойкая H_2CO_3 , и образовавшийся при этом HCO_3^- , обменивается на Cl^- крови.
- * Основной регулятор – **гормон секретин**.

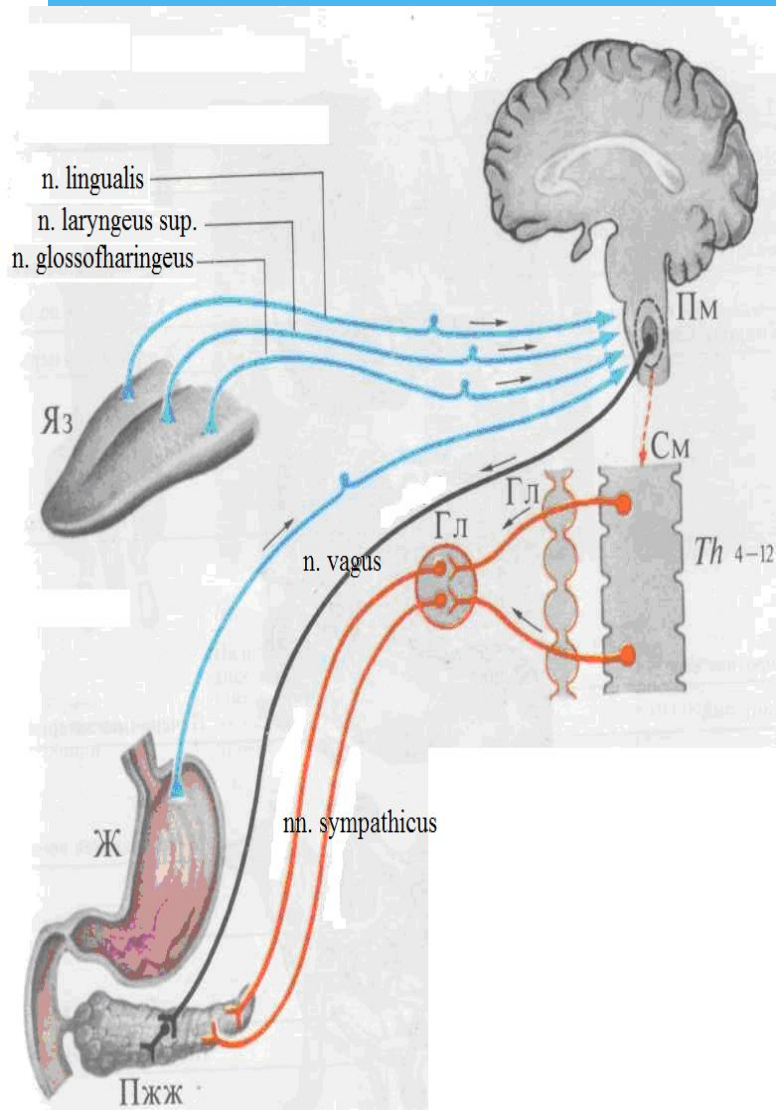
Зимогены

- * Вместе с электролитами в просвет ацинусов железы из пузырьков выливаются и **зимогены**. Причем **амилазы, липазы и нуклеазы** поступают из клеток в секрет сразу в активном состоянии, а **протеазы** в ацинусах, хранятся в виде неактивных зимогенов.
- * Основным предшественником протеаз является **трипсиноген**, который в двенадцатиперстной кишке под влиянием образующегося здесь же специального фермента **энтерокиназы** превращается в трипсин: от С-конца отщепляется пептид - **ингибитор трипсина**
- * В последующем уже сам трипсин катализирует процесс активации, как следующих порций трипсиногена, так и остальных протеаз.

Гидролиз

- * Трипсин, а так же - химотрипсин, эластаза расщепляют внутренние связи белков с образованием как пептидов, так и аминокислот.
- * Альфа-амилаза поджелудочной железы расщепляет полисахариды до олиго-, ди- и моносахаридов.
- * Нуклеиновые кислоты расщепляются рибо- и дезоксирибонуклеазами.
- * На липиды действуют панкреатическая липаза, фосфолипаза А и эстераза, расщепляющие их до моноглицеридов и жирных кислот. Гидролиз жиров усиливается в присутствии Ca^{2+} и солей желчных кислот, которые поступают из печени.

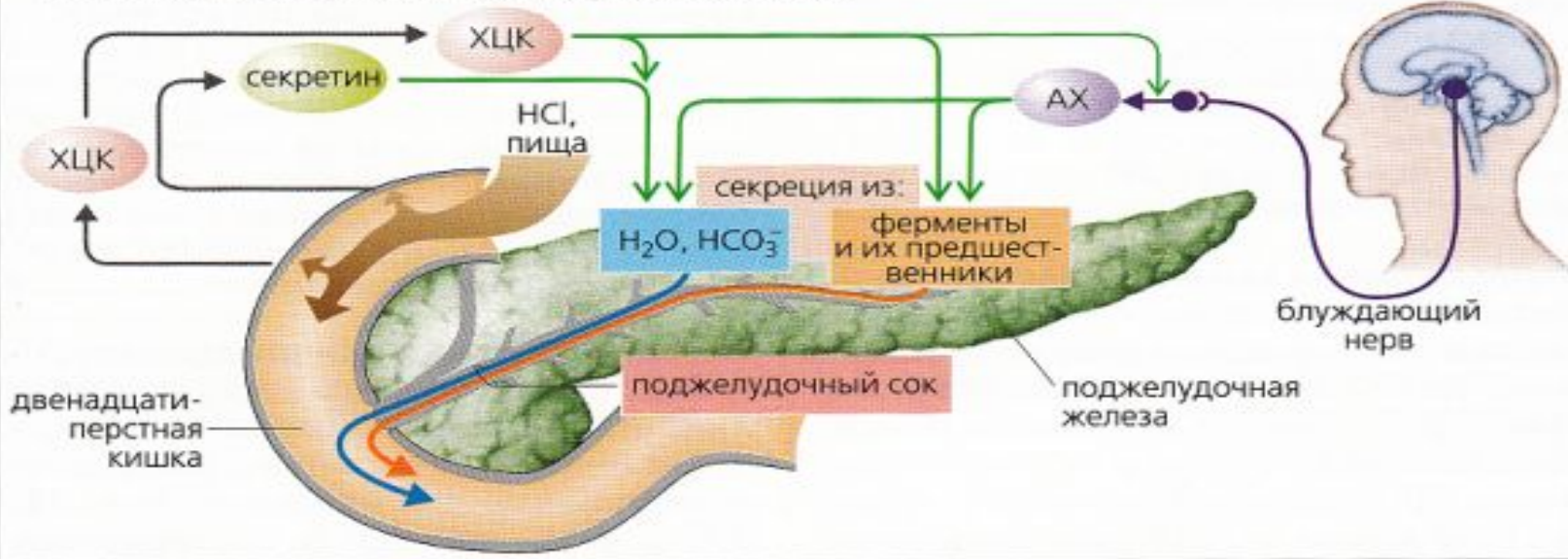
Рефлекторная регуляция секреции поджелудочной железы



- * Фазы секреции: мозговая, желудочная и кишечная.
- * Вид, запах пищи, ее поступление в ротовую полость и желудок рефлекторно запускают выделение панкреатического сока.
- * **Эфферентом**, передающим условные и безусловные рефлекторные сигналы от нервного центра продолговатого мозга, является **блуждающий нерв**.

- * В **мозговую фазу** выделяется умеренное количество сока, содержащего некоторое количество ферментов, но мало воды и электролитов.
- * Во время **желудочной фазы** продолжается безусловно-рефлекторное выделение сока, но здесь активно присоединяются уже и гуморальные факторы.

В. Контроль секреции поджелудочного сока



ГИГ

- * Оба основных гормона резко усиливают выделение сока. Но, если **секретин** стимулирует выделение сока, богатого **бикарбонатами**, то **ПЗ** - богатого **ферментами**.
- * Как и в желудке, наиболее сбалансировано выделение панкреатического сока при совместном влиянии блуждающего нерва и гормонов секретина и ПЗ.
- * Кроме двух основных ГИГ секрецию поджелудочной железы **усиливают** также гастрин, серотонин, бромбезин, субстанция Р, инсулин.
- * **Тормозится** выделение сока ЖИП, ПП, глюкагоном, кальцитонином, соматостатином.
- * **Характер принятой пищи** влияет на выделение сока поджелудочной железой, главным образом, опосредованно, через выработку соответствующих гастроинтестинальных гормонов.

Функции печени

- * 1 - **Биологический фильтр (барьер)** для крови, которая к ней притекает от органов пищеварительного тракта. В ней обезвреживаются ядовитые соединения, поступившие с пищей или образовавшиеся в кишечнике.
- * 2 - **Обмен гормонов и витаминов.**
- * 3 – Место **синтеза** большинства белков плазмы крови, образования мочевины, глутамина.
- * 4 - **Обмен липидов** (в ней синтезируются триглицериды, фосфолипиды, холестерин).
- * 5 - **Гликогенообразовательная.**
- * 6 - **Экскреторная** функция (заключающаяся в выведении из организма более 40 соединений, которые синтезируются в самой печени или являются метаболитами крови).

Состав желчи

- * Состав печеночной и пузырной желчи по многим параметрам существенно отличается.
- * В желчном пузыре желчь концентрируется.

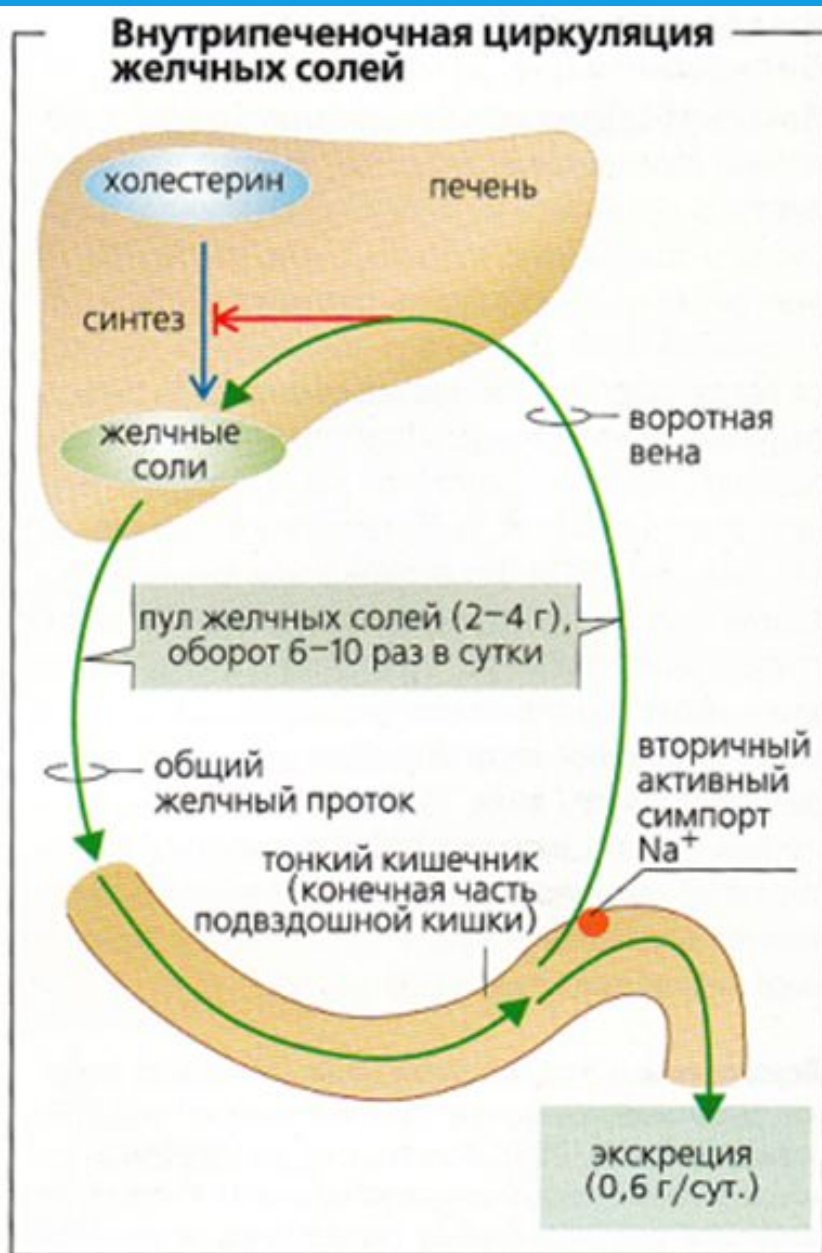
Компоненты желчи	Печеночная	Пузырная
Вода, %	95-98	86-92
Сухой остаток, г/л	26	133,5
соли желч. к-т	10-11	30-100
жирные к-ты и липиды	1,4	3-12
пигменты и муцин	5,3	9-20
холестерин	0,6	2,6-9
неорганические соли	8,4	6,5
Ионы, моль/л		
Na ⁺	145	130
Fe ²⁺	5	9
Mg ²⁺	2,5	6
K ⁺	100	75
Ca ²⁺	28	10
pH	7,3-8,0	6,0-7,0

Функции желчи

- * В кишечнике желчь выполняет следующие функции:
- * 1) эмульгирует жиры, увеличивая их поверхность для гидролиза липазами;
- * 2) образует комплексы с жирными кислотами, обеспечивая их всасывание;
- * 3) повышает активность панкреатических и кишечных ферментов;
- * 4) регулирует процесс желчеобразования;
- * 5) оказывает бактериостатический эффект.

Желчные пигменты и кислоты

- * **Желчные пигменты** (билирубин, биливердин) являются конечными продуктами распада гемоглобина, что обычно происходит в селезенке. Они поступают с кровью.
- * В гепатоцитах билирубин образует водорастворимые конъюгаты с глюкуроновой кислотой. С желчью в кишечник за сутки выделяется 200-300 мг билирубина, 10-20% которого реабсорбируется в виде уробилиногена, остальная часть выделяется с калом.
- * В гепатоцитах из **холестерина** образуются **желчные кислоты** (**холевая** и **хенодезоксихолевая**). В желчи они соединяются с гликоколом и таурином. Обычно печеночная желчь содержит 75% гликохолиевых и 25% таурохолевых кислот.
- * Желчные кислоты обеспечивают процессы усвоения жира и 85-95% их в кишечнике **активно реабсорбируются**.

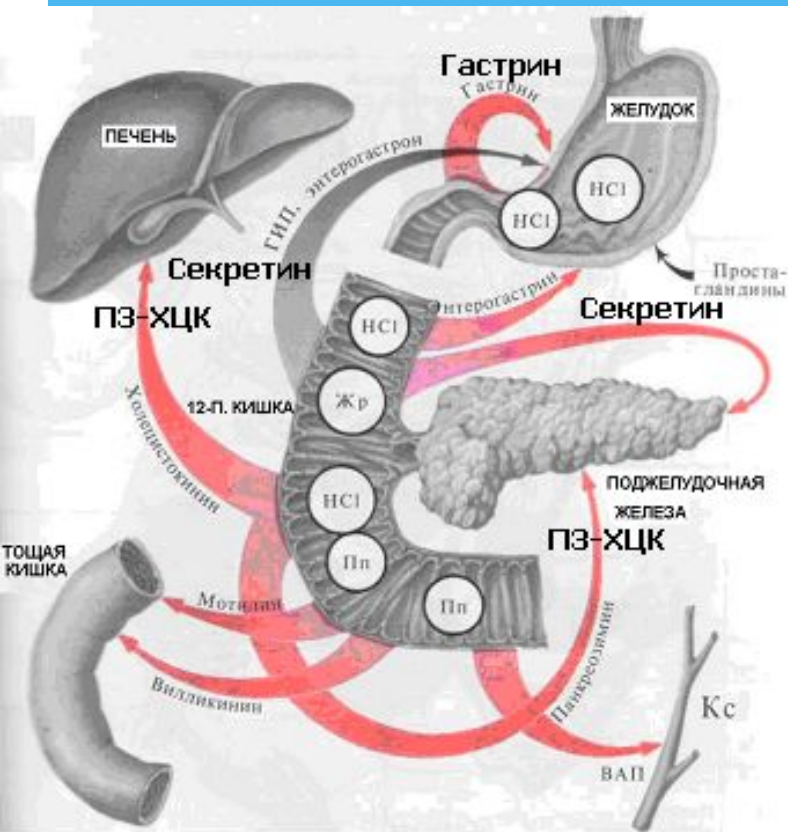


Всасываясь вместе с липидами желчные соли с кровотоком возвращаются к печени и вновь выделяются. С экстрементами их выделяется в сутки лишь около 0,6 г.

Регуляция секреции и выделения желчи

- * Условные и безусловные рефлексy, способствуют выделению лишь небольшого количества желчи.
- * Затем начинаются более активные попеременные сокращения и расслабление желчного пузыря, что при открытом **сфинктере Одди** приводит к выделению пузырной желчи в кишечник.
- * После опорожнения желчного пузыря в кишечник поступает менее концентрированная желчь прямо из печени.

Регуляция секреции и выделения желчи



- * Во время пищеварения интенсивность образования желчи возрастает вдвое. Основным механизмом регуляции образования и выделения желчи при этом – гуморальный (см. рис).
- * Основными гормональными регуляторами являются **секретин** и **панкреозимин**.

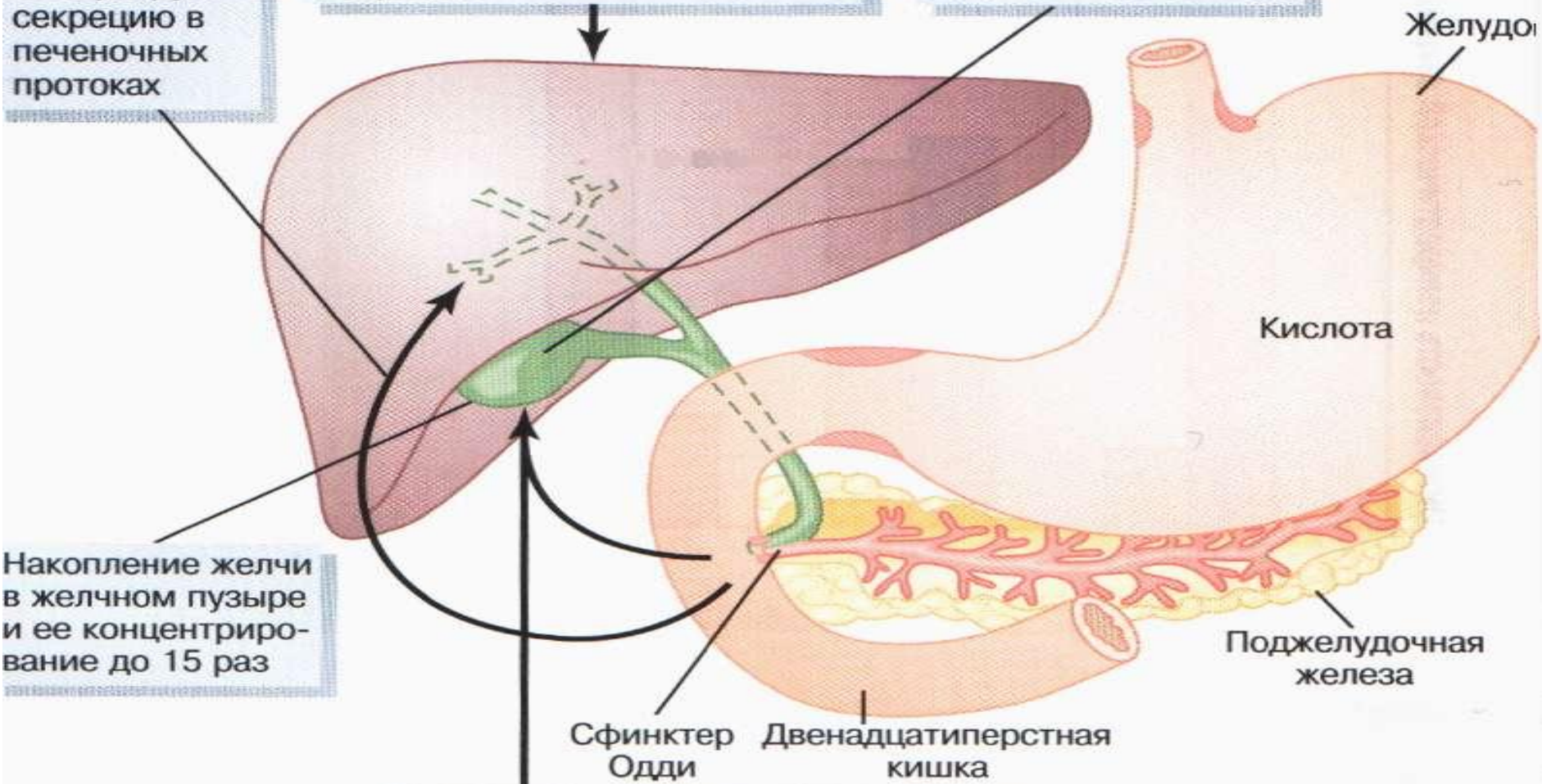
Секретин в кровотоке стимулирует секрецию в печеночных протоках

Желчные кислоты в крови стимулируют паренхиматозную секрецию

Вагусная стимуляция вызывает слабое сокращение желчного пузыря

Накопление желчи в желчном пузыре и ее концентрирование до 15 раз

Холицистокинин в крови вызывает:
1. Сокращение желчного пузыря
2. Расслабление сфинктера Одди



Секреция собственных желез тонкого кишечника

- * Здесь секретруется лишь небольшое количество слабощелочного сока, содержащего ферменты.
- * Слизывающиеся энтероциты, добавляют свои внутриклеточные ферменты.

Пристеночное пищеварение

* На гликокаликсе микроворсинок адсорбированы ферменты, где заканчивается гидролиз, а через мембрану происходит всасывание.



Ворсинка

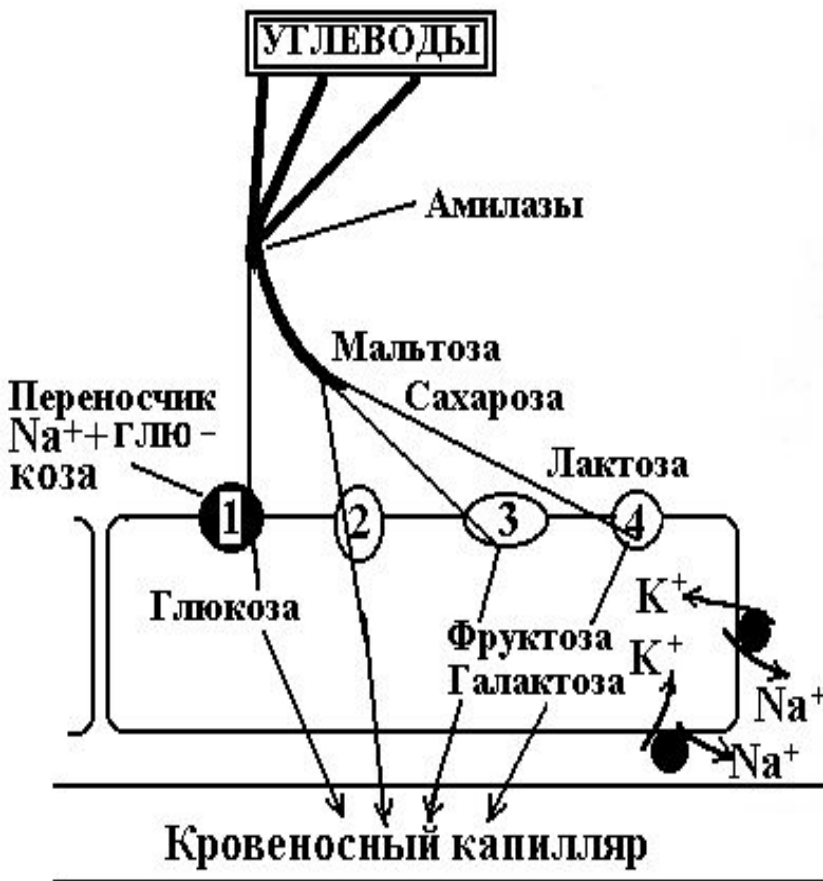


- * **Внутри ворсинки имеются лимфатические и кровеносные капилляры, обеспечивающие отток всосавшихся продуктов.**

ВСАСЫВАНИЕ

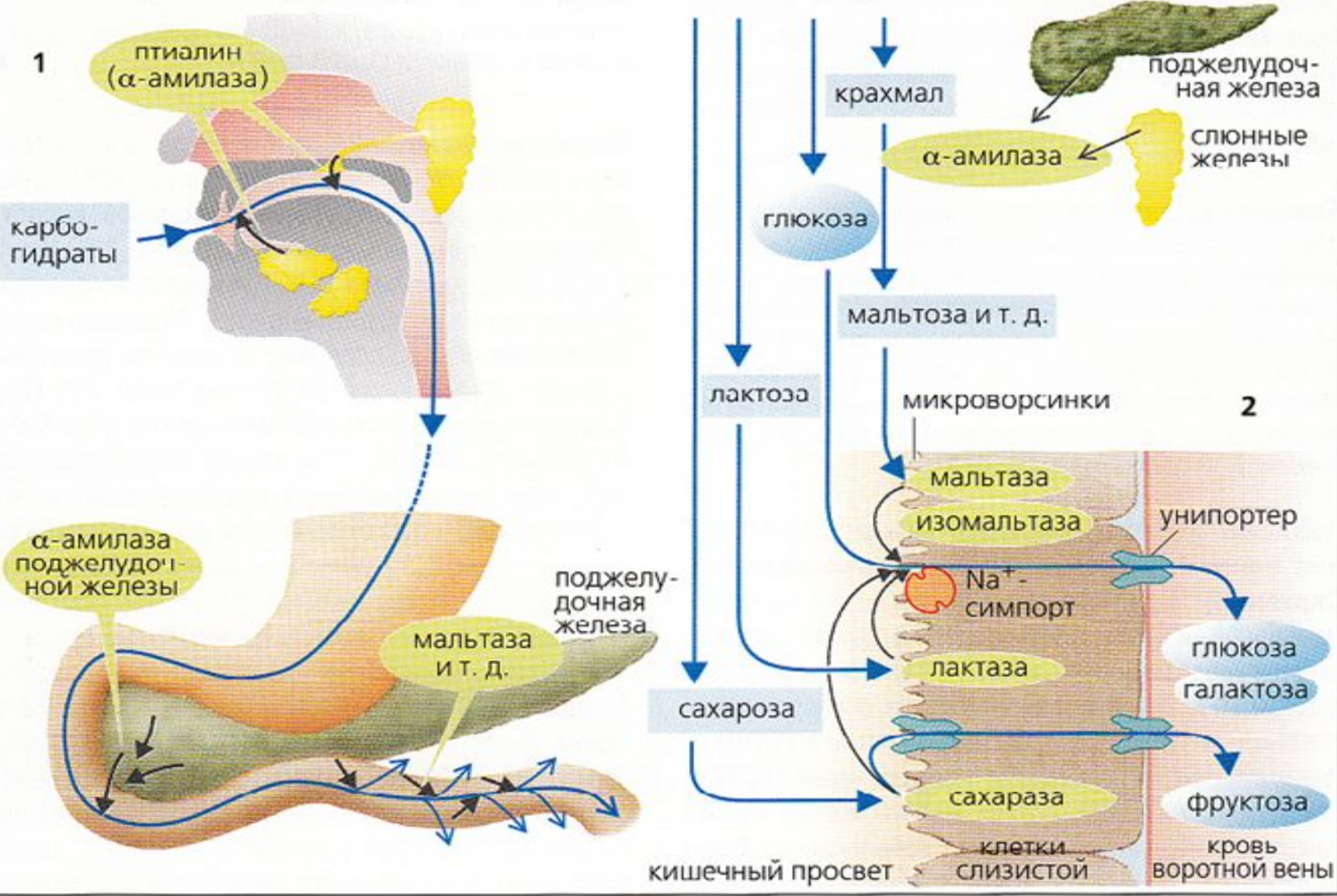
- * **В тонком кишечнике ежедневно всасывается: несколько сотен граммов углеводов, 100 г или более жира, 50-100 г аминокислот, 50-100 г ионов и 7-8 л воды.**
- * **Но всасывающая способность тонкого кишечника гораздо больше. В нем может всасываться вплоть до нескольких килограммов в сутки: 500 г жира, 500-700 г белка и 20 л или более воды.**
- * **Толстый кишечник может всасывать дополнительно воду, ионы и даже некоторое количество питательных веществ.**

Всасывание углеводов

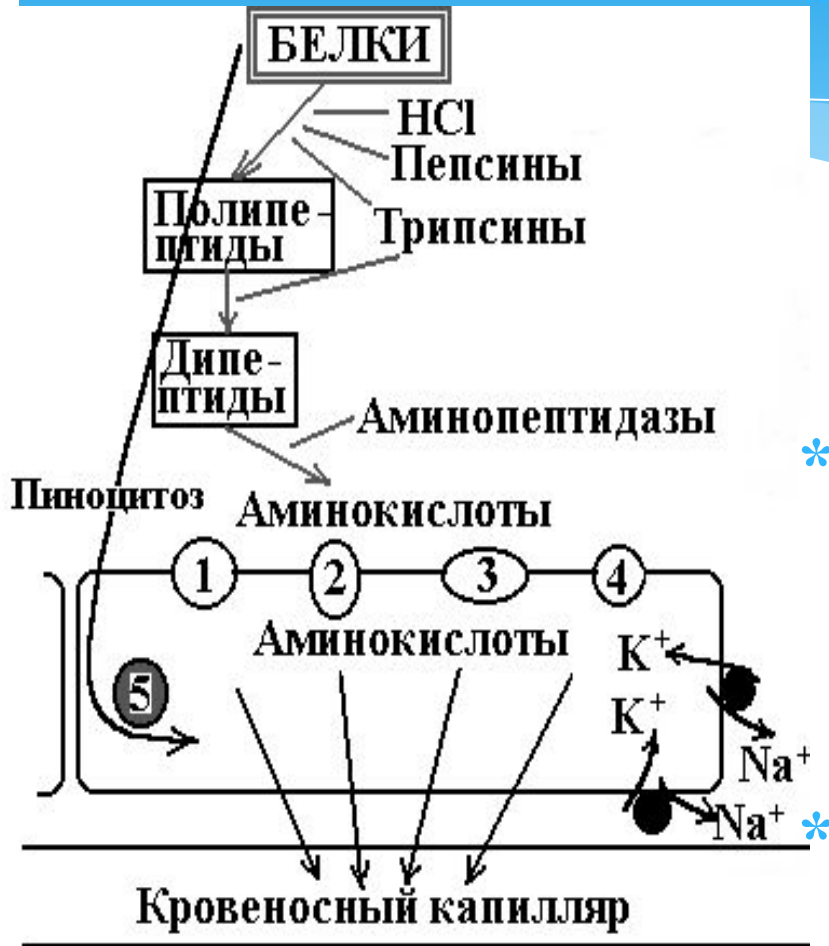


- * Углеводы после гидролиза амилазами до моносахаров всасываются через эпителиальные клетки **вторично-активным транспортом** сопряженно с Na⁺.
- * Для этого на апикальной мембране есть несколько типов **белков-переносчиков для каждого вида моносахаров**.
- * А на базальной и латеральной мембранах работает Na⁺-K⁺-насос, создающий низкую концентрацию Na⁺ внутри клеток.

Расщепление углеводов и абсорбция моносахаридов



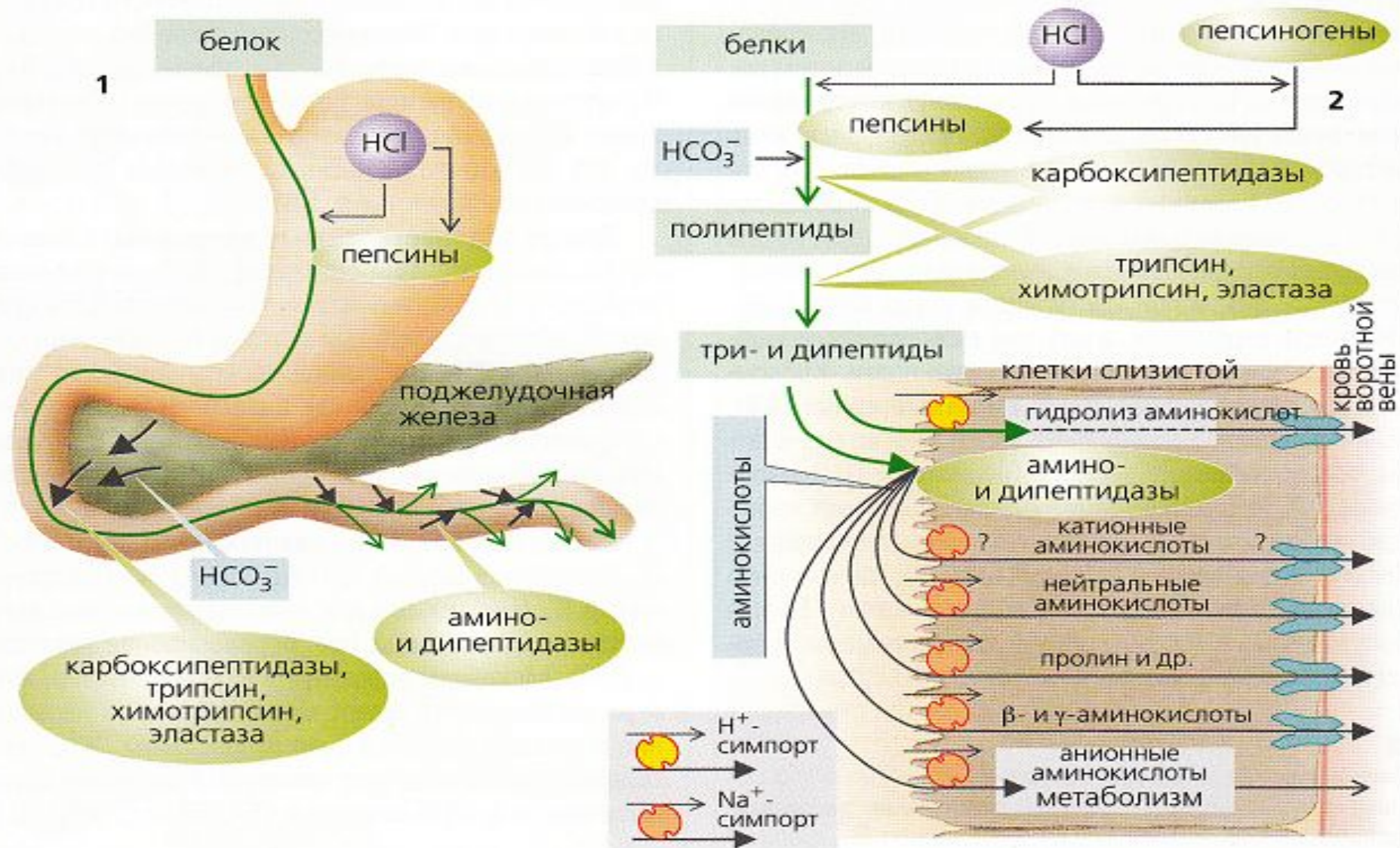
Всасывание аминокислот



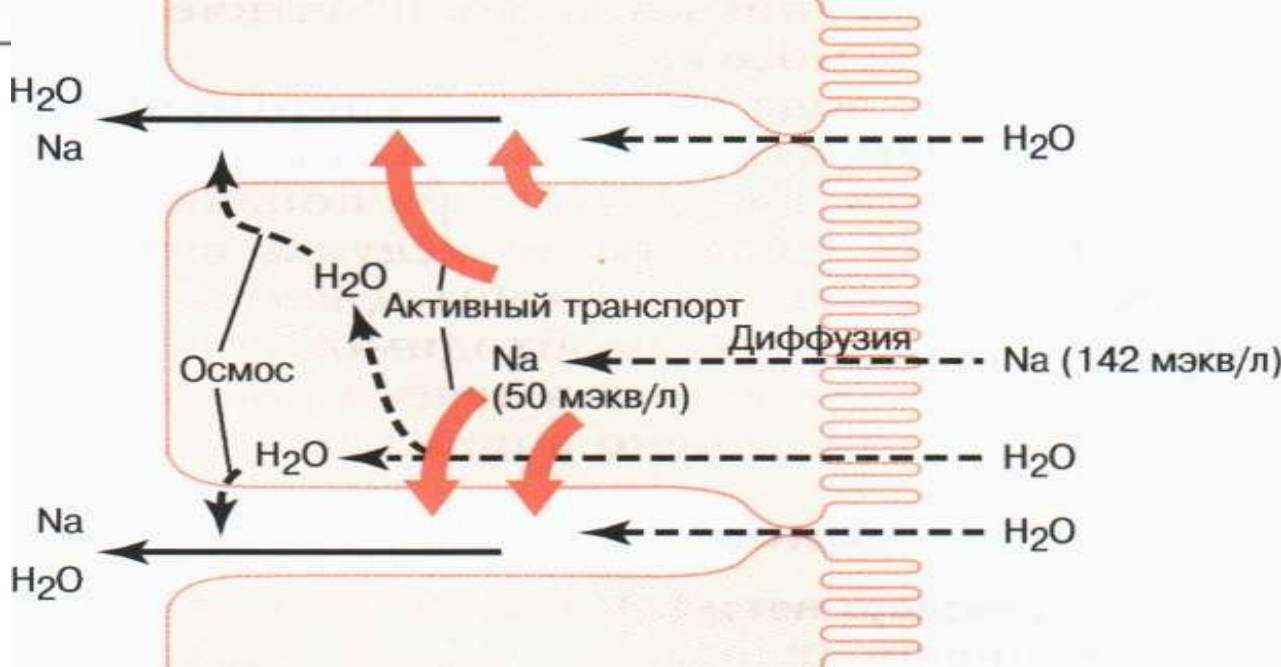
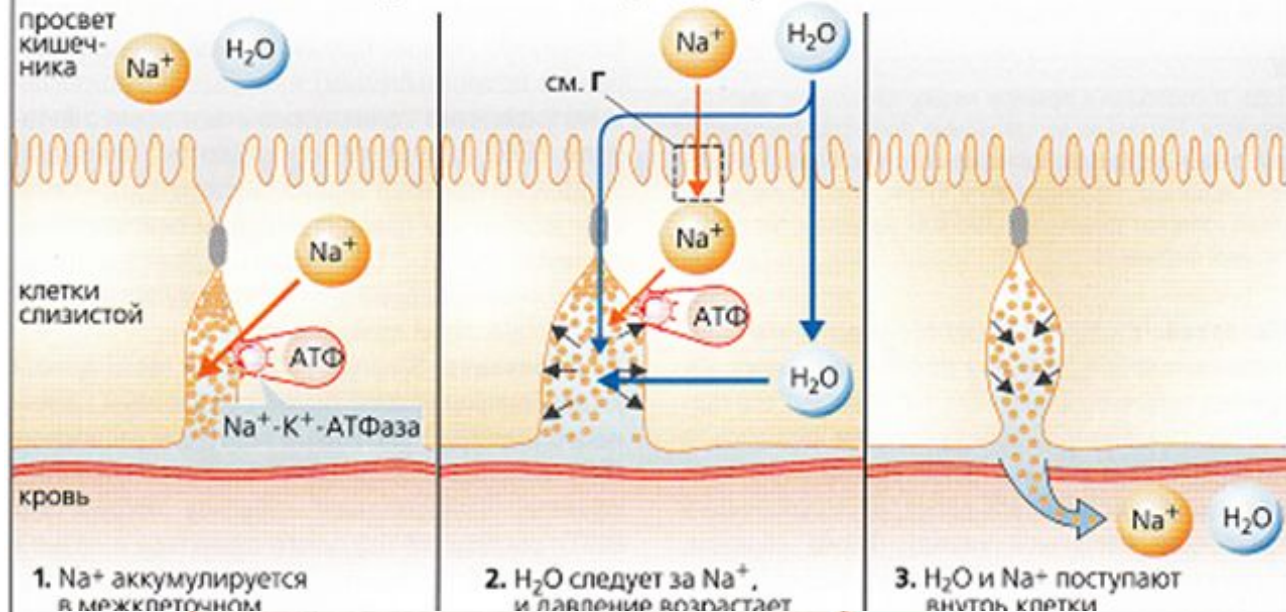
Белки после гидролиза протеазами всасываются в виде аминокислот вторично-активным транспортом сопряженно с Na[±].

- * Для этого на апикальной мембране **для каждого вида а/кислоты** есть свои белки-переносчик
- * На базальной мембране работает Na⁺-K⁺-насос.

Б. Расщепление белков и абсорбция аминокислот и олигопептидов



Всасывание Na^+ и H_2O в кишечнике (модель)



Всасывание ВОДЫ

* Вода

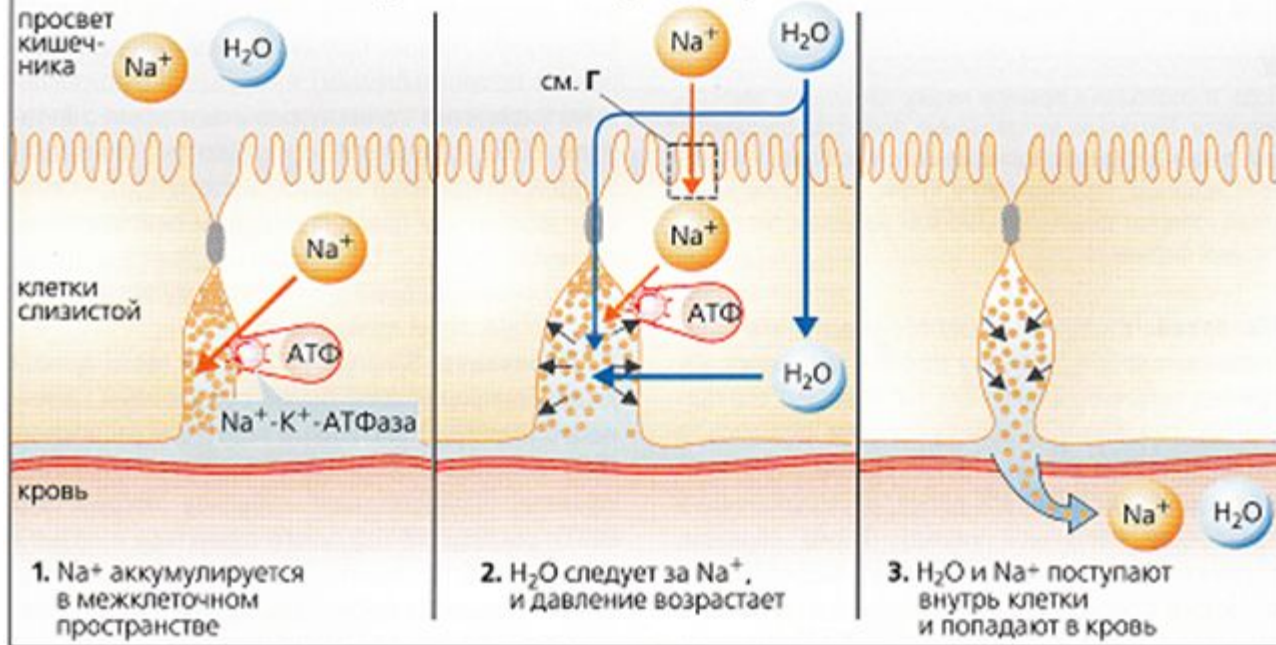
(около 10 л/сутки)

всасывается

пассивно

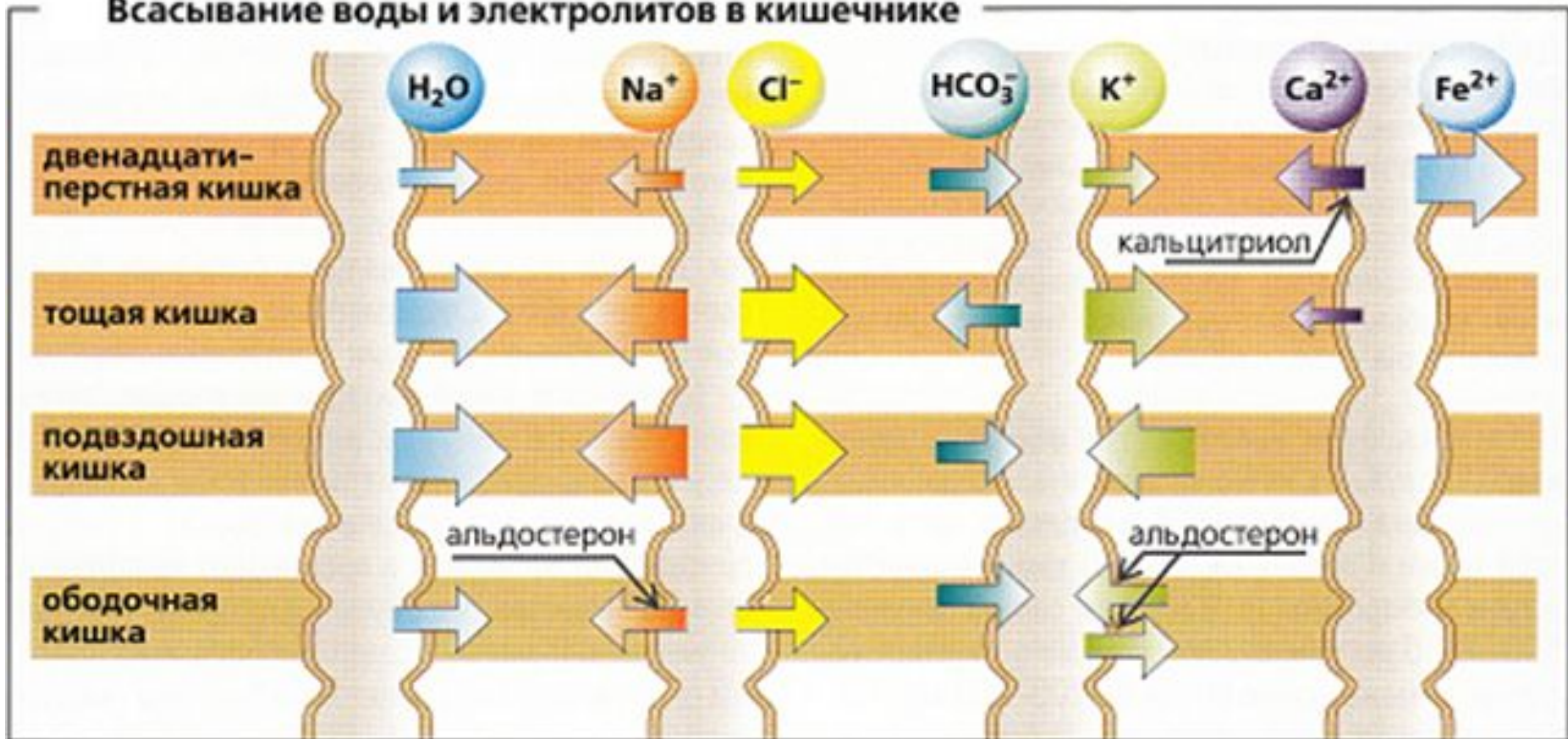
вслед за всасыванием солей и продуктов гидролиза.

Всасывание Na^+ и H_2O в кишечнике (модель)



Всасывание воды в различных отделах кишечника

Всасывание воды и электролитов в кишечнике



Переваривание жиров: общие сведения

жиры пищи

желудок

механическое
эмульгирование в желудке

липазы
желудка и
слюны

деградация в
желудке (10-30%)

желчные
кислоты

панкреатическая
липаза

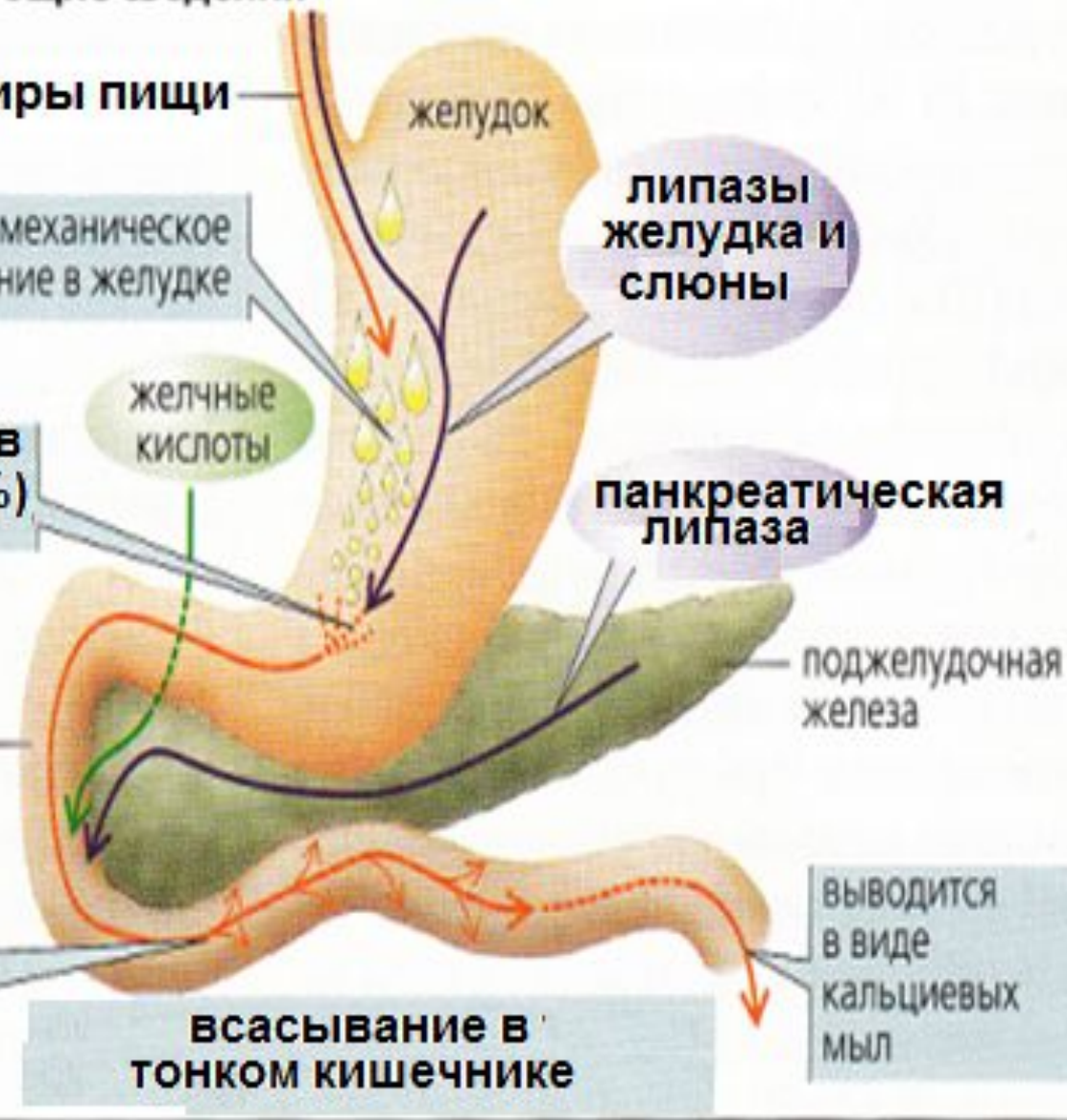
двенадцатиперстная
кишка

поджелудочная
железа

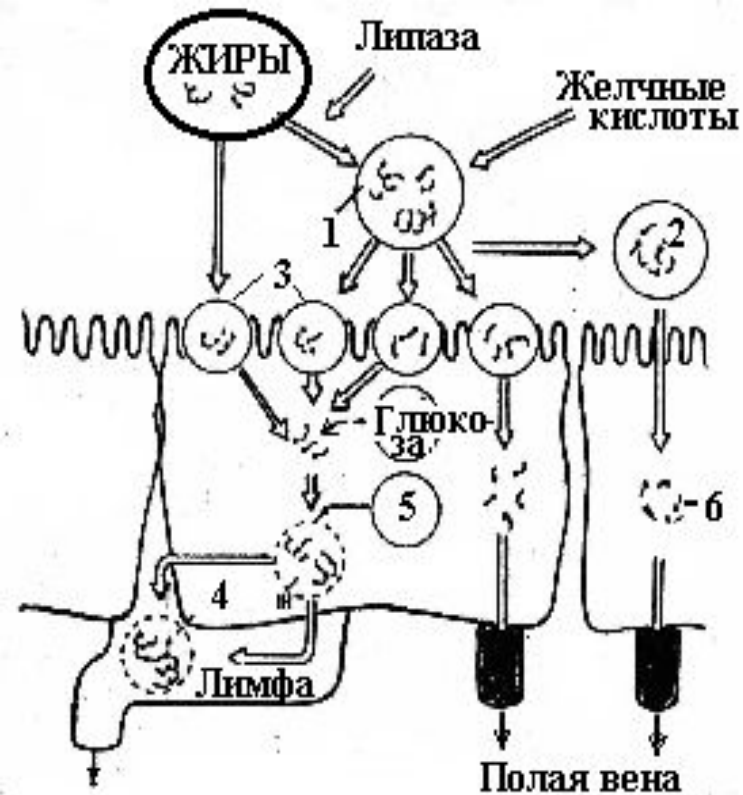
деградация и
образование мицелл
(70-95%)

всасывание в
тонком кишечнике

выводится
в виде
кальциевых
мыл

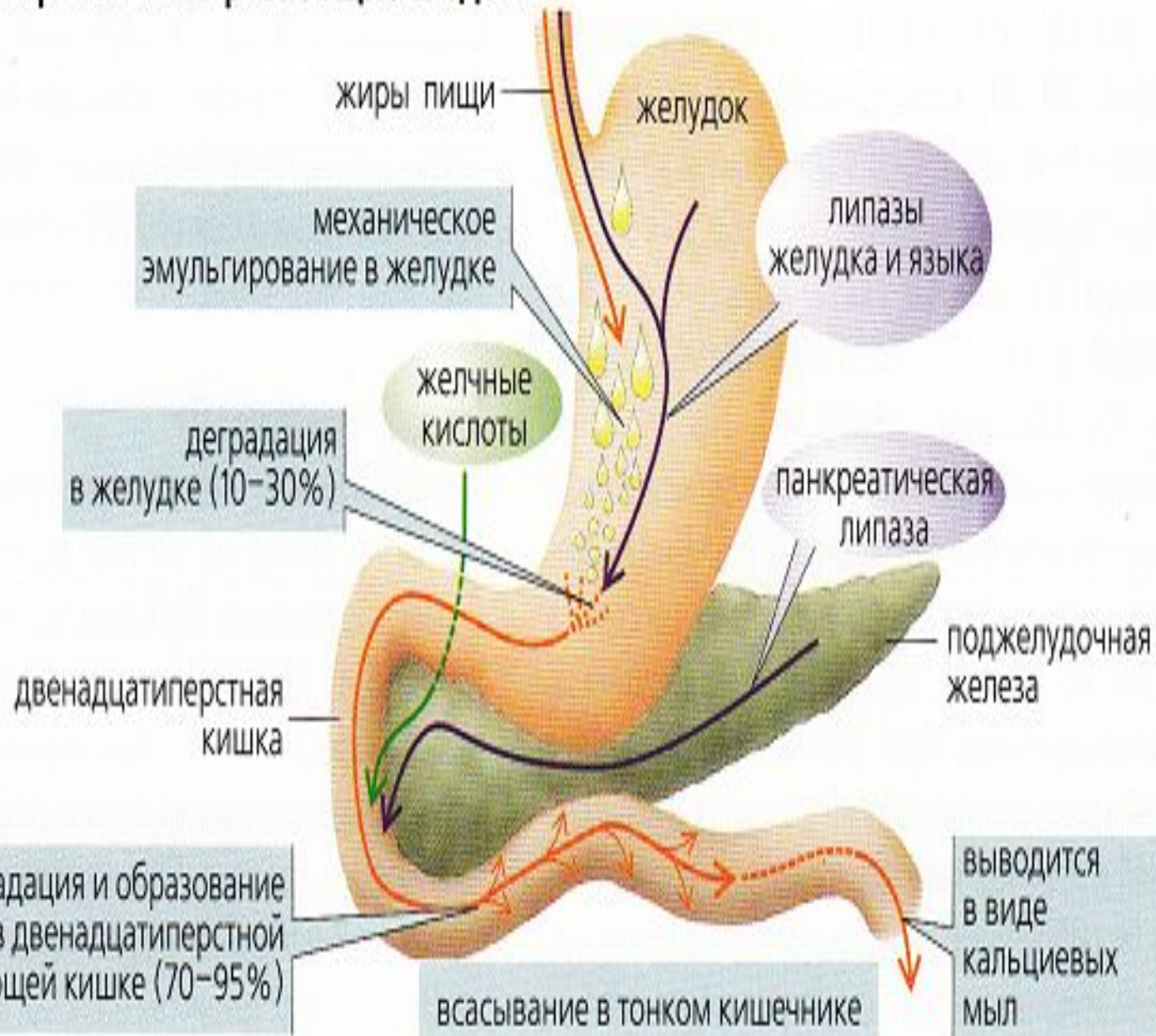


Всасывание жиров



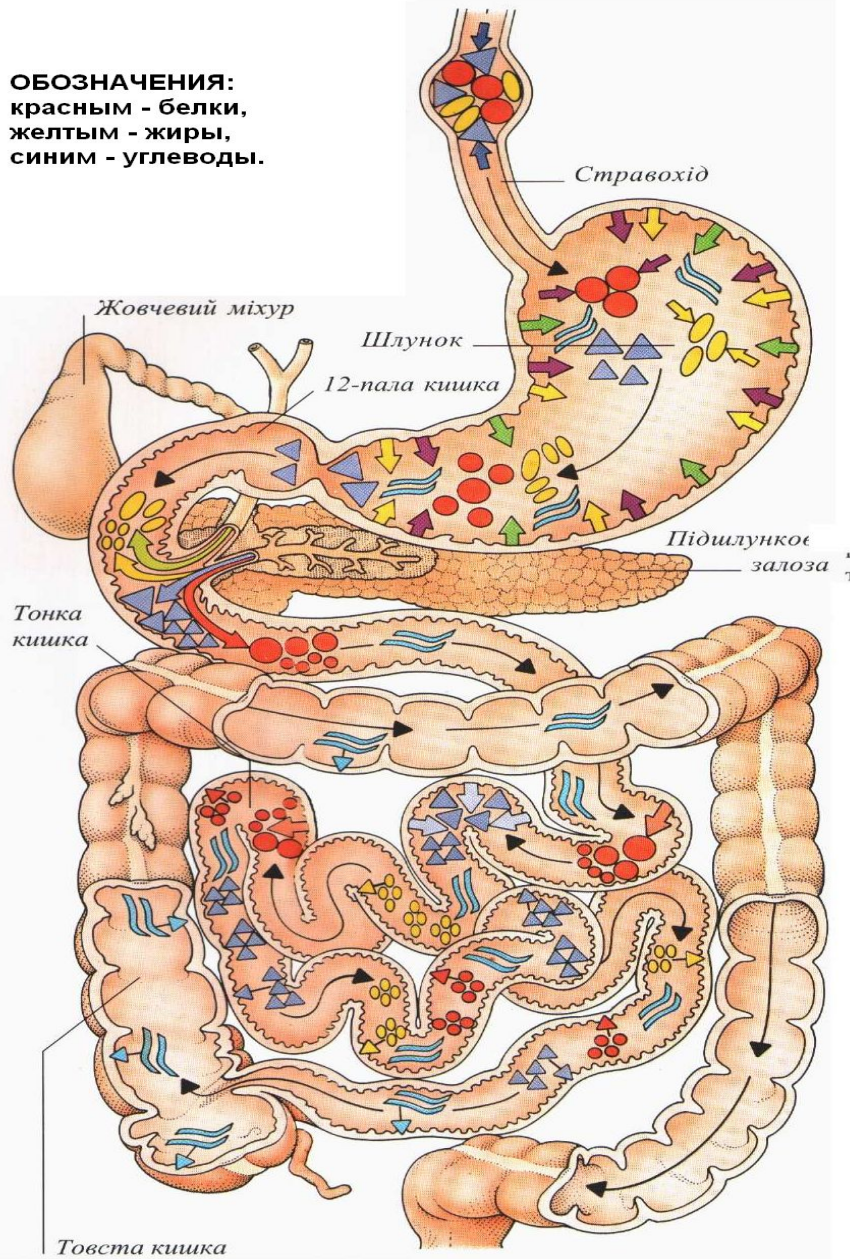
- * Механизм всасывания зависит от длины молекулы.
- * Жиры с короткими цепями (2) диффундируют в энтероцит, а затем в кровь.
- * Жиры с длинными цепями образуют мицеллы с желчными кислотами (1), что обеспечивает: а) их поступление в клетку;
- * б) в клетках образуются ЛПОНП, в) которые выходят из энтероцитов, г) поступают в лимфатические капилляры.

А. Переваривание жиров: общие сведения



Толстый кишечник

ОБОЗНАЧЕНИЯ:
красным - белки,
желтым - жиры,
синим - углеводы.



Здесь пищевой химус находится много часов (около 2 суток)

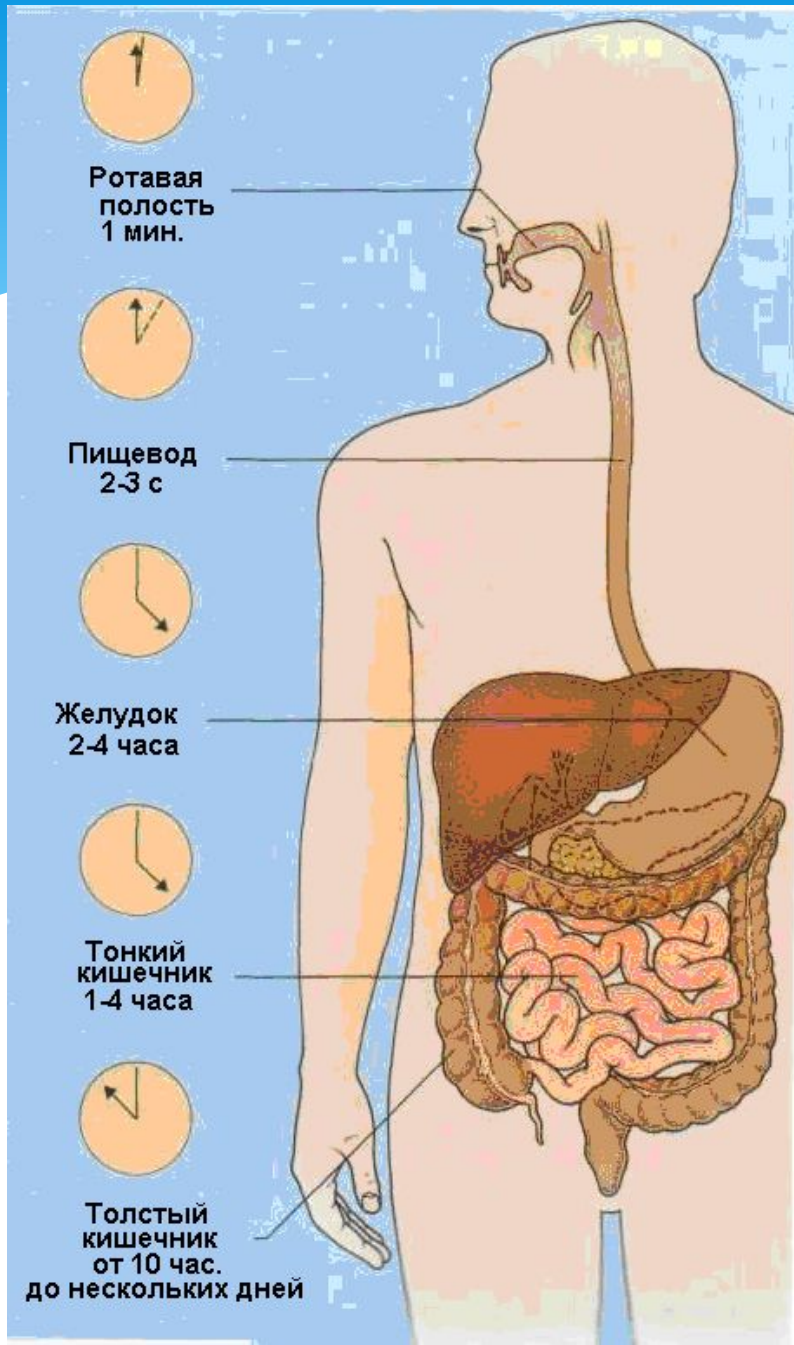
- * 1. В ТК продолжается гидролиз оставшихся ингредиентов под влиянием **микрорфлоры**.
- * 2. Осуществляется всасывание воды и некоторых соединений.

Микрофлора толстого кишечника осуществляет:

- * а) конечное разложение остатков непереваренных пищевых веществ и компонентов пищеварительных секретов (процессы гниения и брожения);
- * б) синтез витаминов (группы В, К) и других биологически активных веществ;
- * в) участвует в обмене веществ;
- * г) создает иммунный барьер путем подавления патогенных микроорганизмов;
- * д) стимулирует (тренирует) развитие иммунной системы организма.

Время пребывания пищи в отдельных органах ЖКТ

- * Ротовая полость – 1 мин
- * Пищевод – 2-3 с.
- * Желудок – 2-4 часа.
- * Тонкий кишечник – 1-4 часа.
- * Толстый кишечник – от 10 часов до нескольких суток.



МОТОРИКА ЖКТ

По ходу ЖКТ имеется три узла, выполняющих пейсмекерную функцию:

1 – на большой кривизне желудка;

2 – сразу за привратником в 12-ти перстной кишке;

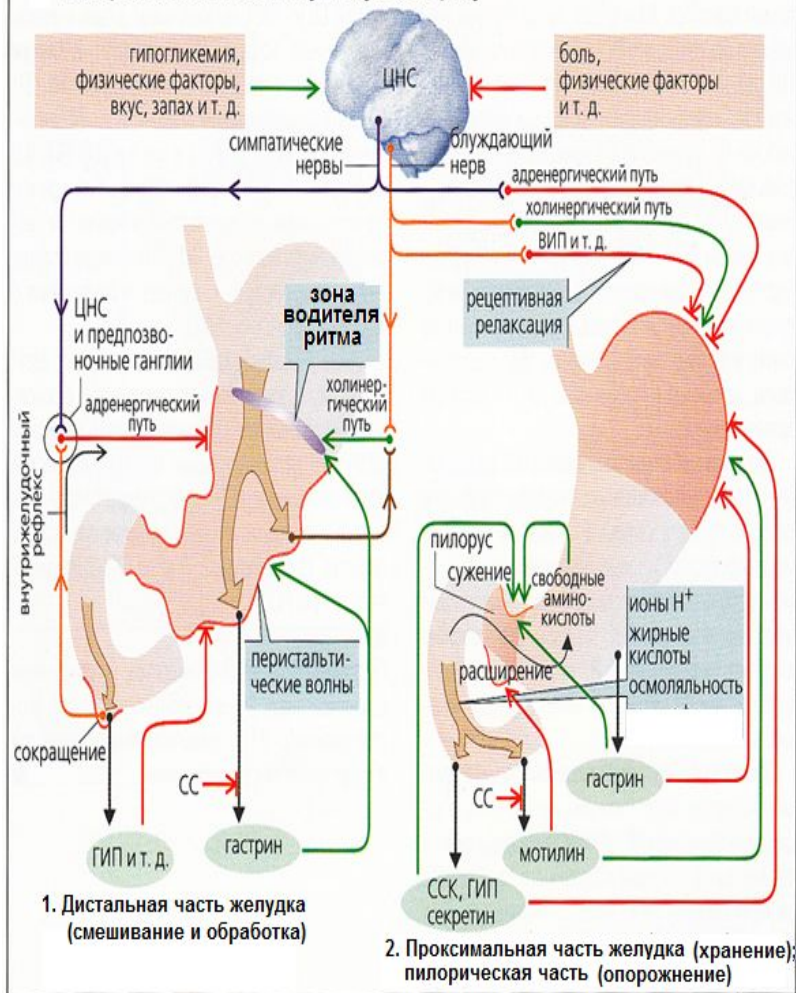
3 – в начальном отделе подвздошной кишки.

Часть мышечных волокон ЖКТ образует тонкие сети проводящей системы, по которым передается ПД.

- * **В желудке** ритмика **спонтанной деполяризации** около 10 имп./мин.
- * Она обусловлена ритмическим изменением активности Na^+ , K^+ -насоса, приводящим к поступлению в клетки Ca^{2+} .
- * Уровень ПД в гладких мышцах = -50 - -60 мВ. Пороговый уровень = -40 мВ.

Моторика желудка

Факторы, влияющие на желудочную моторику



Моторика желудка осуществляет:

1 - перемешивание пищевого комка, его дробление до частиц менее 1 мм и превращение в химус;

2 – порционное поступление химуса в 12-перстную кишку.

Зарождающаяся в **пейсмекерных клетках** волна возбуждения (ПД) прокатывается по дистальной части, сдвигая прилежащую к слизистой часть пищи к привратнику.

Эвакуация пищи из желудка

* Волны пропульсивной перистальтики постепенно усиливаются спустя 1 час после поступления пищи. При этом они сдвигают жидкую часть к привратнику, который после поступления части пищи в 12-перстную кишку закрывается.

* Стимуляция:

- 1) Vagus (АХ),
- 2) пустая 12-перстная кишка,
- 3) гастрин, ХЦК-ПЗ, мотилин, соматостатин и др..

Торможение:

наличие в 12-перстной кишке жиров, соляной кислоты, секретин, ХЦК-ПЗ, ЖИП. При этом проявляется еще и ваговагальный тормозной рефлекс (медиатором является – аденозин, обеспечивающий базальную релаксацию). Симпатический нерв так же тормозит эвакуацию.

Моторика тонкого кишечника

Медленные волны и пики

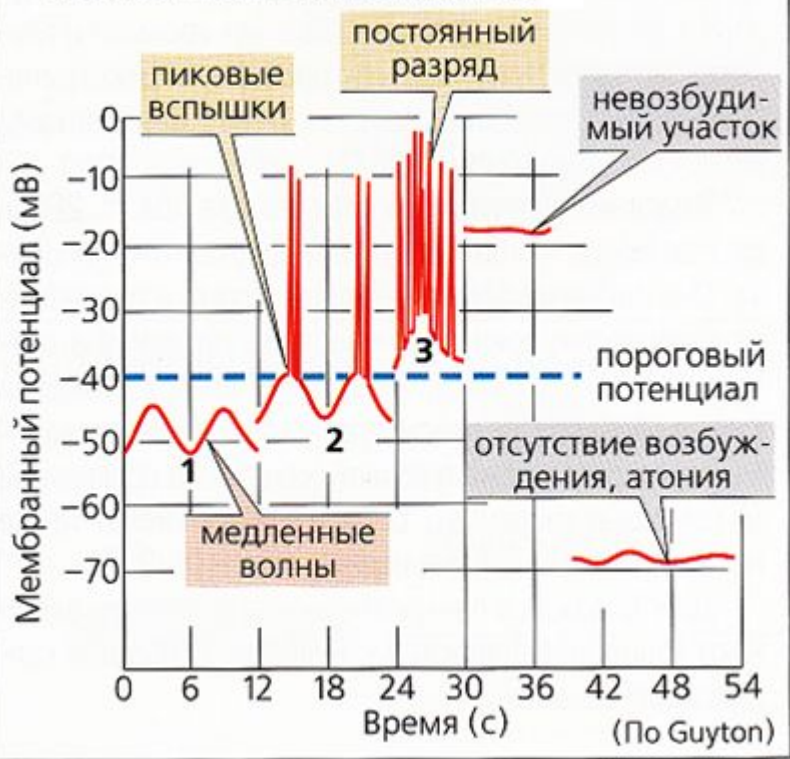
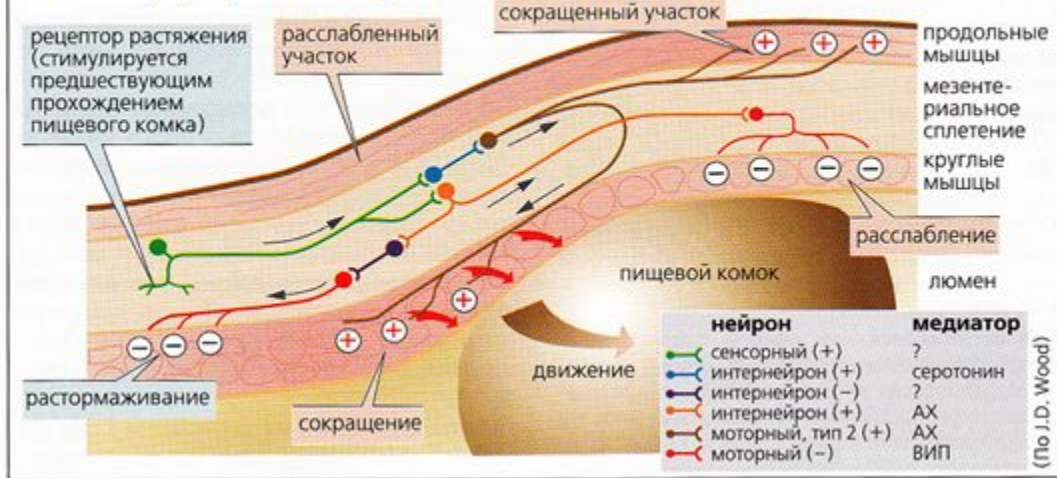
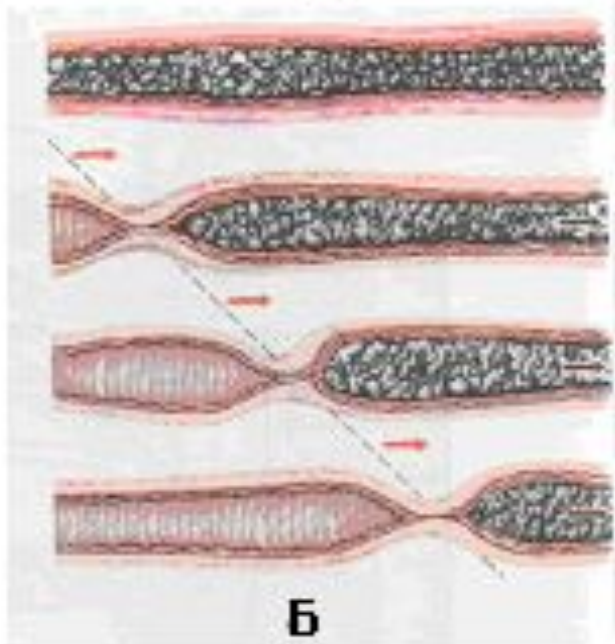
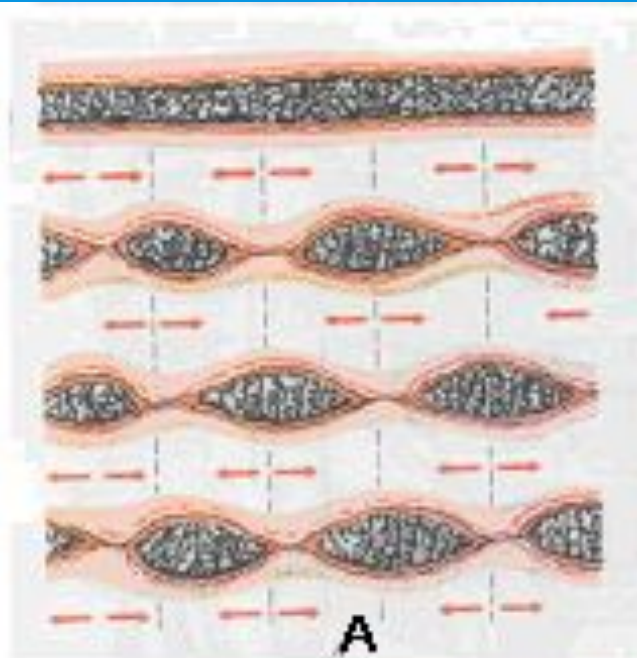


Схема формирования перистальтического рефлекса

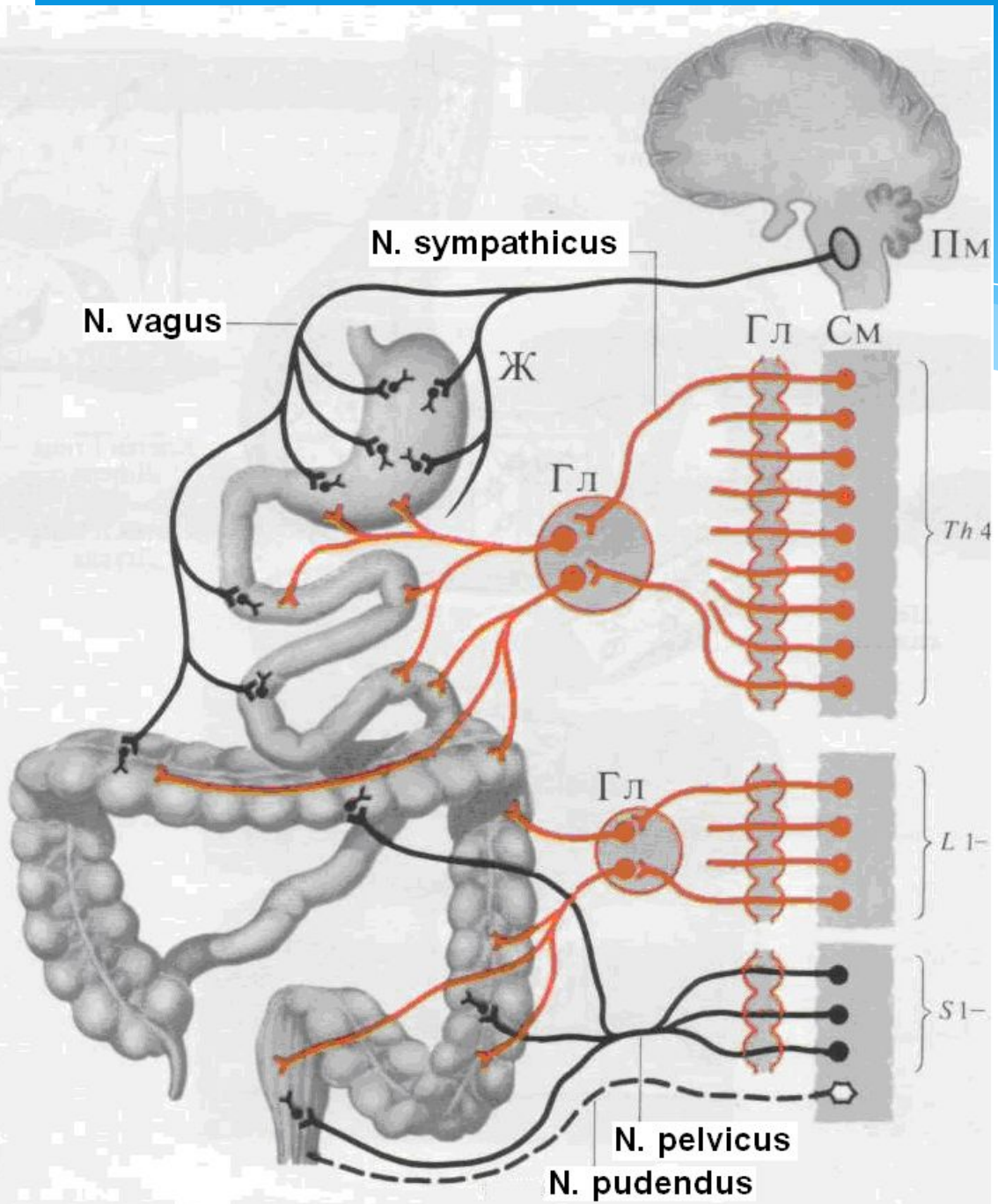


Моторика тонкого кишечника

- * А. Сегментация (перемешивание пищевого химуса).
- * Б. Перистальтика (продвижение пищевого комка).
- * Окончание гидролиза и всасывания завершается мощными волнами пропульсивной перистальтики (Б) и поступлением химуса в толстый кишечник.
- * «Узлы» автоматии находятся в месте впадения желчного протока и в подвздошной кишке.
- * Местные рефлексy межмышечного сплетения, дополняются и влиянием ВН.

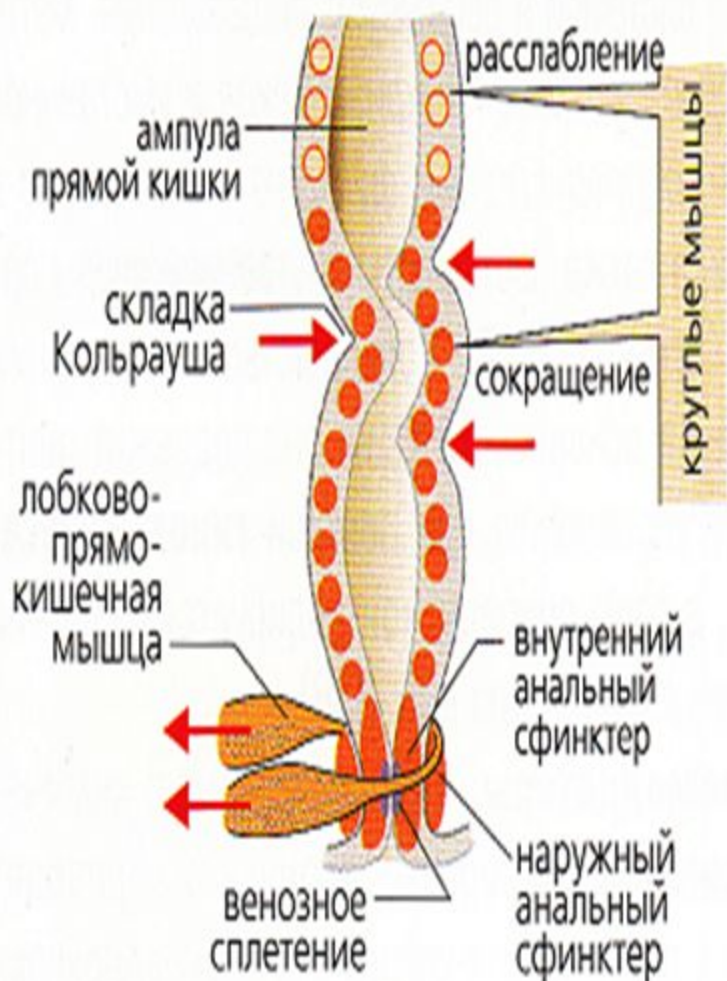


Иннервация ЖКТ



- * Черная – парасимпатическая
- * (стимуляция секреции и перистальтики)
- * Красная – симпатическая
- * (угнетение секреции и перистальтики)

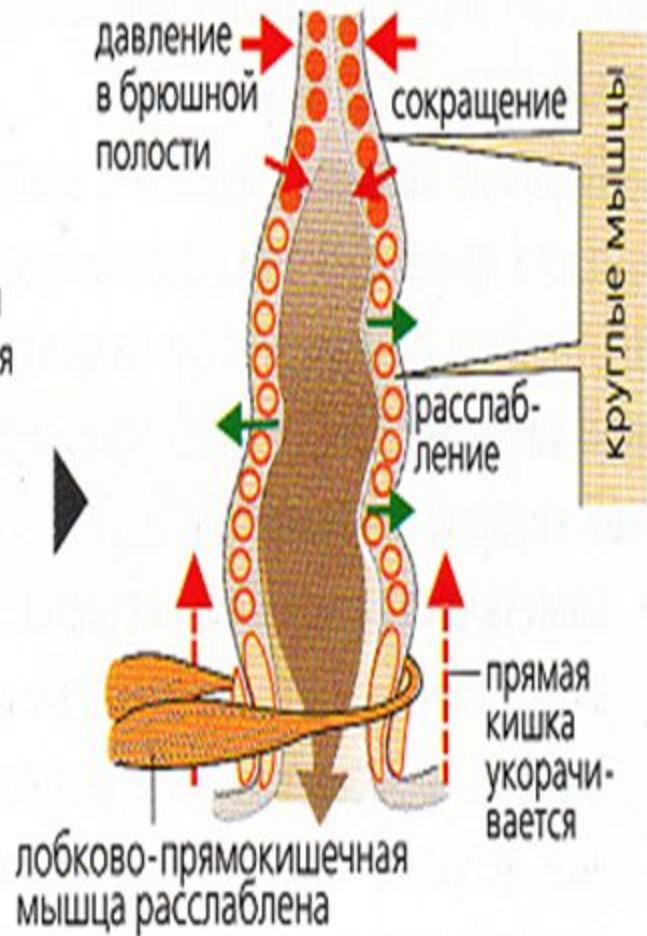
Закрывание анального отверстия и дефекация



1. Анус закрыт



2. Позывы к дефекации



3. Дефекация