



Лекция 3: Физиология пищеварения.

Название дисциплины: Нормальная физиология

для специальности 31.05.02 Педиатрия 2 курс

Учебный год 2020 -2021

Кафедра нормальной и патологической физиологии

Лектор: доцент Климкина Татьяна Николаевна



Содержание:

- Пищеварительная система, функции.
- Пищеварение в ротовой полости
- Состав и свойства слюны
- Пищеварение в желудке
- Состав и свойства желудочного сока
- Пищеварение в 12-перстной кишке
- Состав и свойства панкреатического сока
- Роль желчи в пищеварении
- Состав и свойства кишечного сока



Пищеварительная система – представляет собой извитую трубку, начинающуюся ротовым и заканчивающуюся анальным отверстием, с примыкающими к ней слюнными железами, печенью и поджелудочной железой.

- Стенка пищеварительного тракта имеет однотипное строение и включает в себя слизистую, подслизистую, мышечную и серозную оболочки.
- Пищеварение – это совокупность процессов , обеспечивающих расщепление белков, жиров и углеводов пищи в пищеварительном тракте до сравнительно простых соединений – **питательных веществ**.
- **Питательные вещества** -это вода, минеральные вещества, соли, витамины, продукты расщепления белков, жиров , углеводов , на соединения , лишённые видоспецифичности, но сохраняющие энергетическую и пластическую ценность , способные всасываться в кровь.





Значение пищеварительной системы –

обеспечение клеток и тканей организма исходными пластическим и энергетическим материалами, используемыми в процессе метаболизма.

Чтобы питательные вещества попали в организм, пища должна быть подвергнута **физической** (размельчение, перемешивание, набухание и растворение) обработке, **химической** обработке (гидролизу).

Гидролиз – это процесс расщепления полимеров (деполимеризация) - белков, жиров и углеводов под влиянием гидролитических ферментов пищеварительных желёз до мономеров. Железы пищеварительного тракта продуцируют три группы гидролитических ферментов: **протеазы** (расщепляют до аминокислот), **липазы** (расщепляют жиры и липиды до моноглицеридов и жирных кислот) и **карбогидразы**



Типы пищеварения

- ✓ **Собственное** (осуществляется ферментами, синтезированными данным макроорганизмом, его железами, клетками);
- ✓ **Симбионтное** (гидролиз питательных веществ за счет ферментов, синтезированных симбионтами – бактериями, простейшими пищеварительного тракта);
- ✓ **Аутолитическое** (за счет экзогенных гидролаз, которые вводятся в организм в составе пищи).
- ✓ **Внутриклеточное** (транспортированные в клетке вещества гидролизуются клеточными ферментами);
 - **Внеклеточное : Дистанное** (совершается в среде, удаленной от места продукции гидролаз);
 - **Полостное** (в специальных полостях организма);
 - **Пристеночное** (гидролиз с помощью ферментов, «встроенных» в мембраны микроворсинок тонкой кишки).





Функции пищеварительной системы: пищеварительные функции

Моторная (двигательная) функция- это сократительная деятельность пищеварительного тракта, обеспечивающая измельчение пищи, перемешивание с пищеварительными секретами и перемещение пищевого содержимого в дистальном направлении.

Секреция – синтез секреторной клеткой специфического продукта – секрета и выделение его из клетки.

Всасывание – транспорт питательных веществ во внутреннюю среду организма.





НЕпищеварительные функции пищеварительной системы:

Защитная функция осуществляется:

- барьерная (слизистые оболочки)
- пищеварительные соки
- местная иммунная система (миндалины глоточного кольца, лимфатические фолликулы в стенке кишки)
- пищеварительный тракт вырабатывает антитела при контакте с облигатной кишечной микрофлорой.

Метаболическая функция заключается в кругообороте эндогенных веществ между кровью и пищеварительным трактом, обеспечивающим возможность их повторного использования в процессах обмена веществ или пищеварительной деятельности.

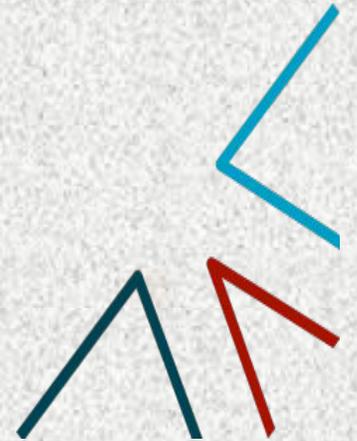




НЕпищеварительные функции пищеварительной системы:

Экскреторная (выделительная) функция – заключается в выведении из крови с секретами желёз в полость пищеварительного тракта продуктов обмена (мочевины, аммиака) и различных чужеродных веществ (соли тяжёлых металлов, красители, лекарственные вещества)

Эндокринная функция заключается в секреции гормонов пищеварительной системы (инсулин, глюкагон, гастрин, серотонин, холецистокинин, мотилин, секретин.)





Физиологические основы голода и насыщения

Пищевой центр – гипоталамо-лимбико-кортикальный
комплекс

Центр голода –

латеральные ядра гипоталамуса

Центр насыщения –

вентромедиальные ядра гипоталамуса

Раздражение гипоталамического центра голода (у животных) – вызывает **гиперфагию** – непрерывное поедание пищи, а его разрушение – **афагию** (полный отказ).

При стимуляции центра насыщения – наблюдается **афагия**, при разрушении – **гиперфагия**.



Физиологические основы голода и насыщения

Ощущение голода возникает после эвакуации химуса из желудка и 12-типерстной кишки, мышечная стенка которых приобретает повышенный тонус и усиливается импульсация от механорецепторов пустых органов – **сенсорная стадия** состояния голода.

При снижении питательных веществ в крови начинается **метаболическая стадия** – состояние голода. Недостаток питательных веществ в крови («**Голодная кровь**») – воспринимается хеморецепторами сосудистого русла и непосредственно – гипоталамусом, избирательно чувствительными к недостатку в крови определённых веществ. При этом формируется – **пищевое поведение**.





Пищеварение в полости рта.

Функции ротовой полости

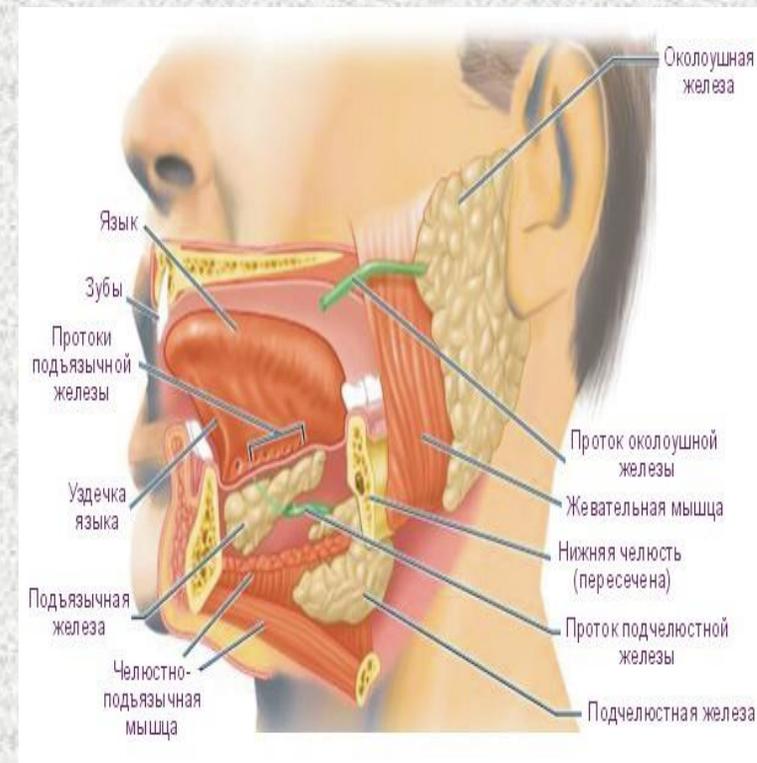
- **Защитная** (барьерная, защитные свойства слюны: **ЛИЗОЦИМ** – обладает бактерицидным действием, нуклеазы слюны участвуют в деградации нуклеиновых кислот вирусов; наличие лимфоидной ткани)
- **Сенсорная** – наличие большого количества рецепторов различных сенсорных систем; обеспечивает первичную апробацию пищи (растворение веществ, без которого вкусовая рецепция невозможна)
- **Коммуникативная** (речеобразовательная)
- **Пищеварительная** – механическая обработка пищи, формирование пищевого комка; начало химической переработки пищи (переваривание углеводов ферментами слюны = α -амилазой)



Смешанная слюна – секрет крупных и мелких слюнных желез

За сутки выделяется 0,5 – 2,0 л слюны. Слюна различных желёз несколько различается. Вязкость и ослизняющие свойства слюны обусловлены наличием мукополисахаридов (муцина).

- **Околоушная железа**- серозный (белковый) секрет, богатый ферментами
- **Подчелюстная** – смешанный белково-слизистый секрет
- **Подъязычная** – смешанный слизисто-белковый секрет
- **Мелкие слюнные железы** – слизистый секрет





Пищеварительные функции слюны

- Физическая обработка пищи и формирование пищевого комка- смачивание и ослизнение пищи в процессе жевания
- Участие в апробации пищи
- Химическая обработка пищи – гидролиз углеводов

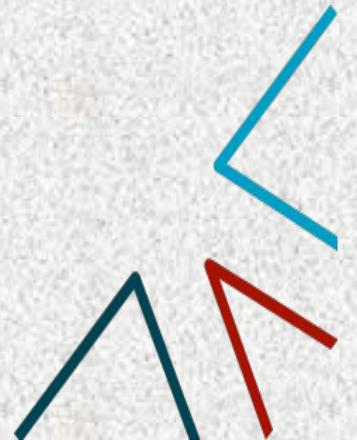


- Пищевые ферменты слюны:**
- **Альфа-амилаза** – гидролизует углеводы (крахмал) до дисахаров (мальтазы)
 - **Альфа- глюкозидаза** (мальтаза) – завершает гидролиз дисахаров до моносахаров (глюкозы)



Не пищеварительные функции слюны:

- **Защитная** – поддержание целостности слизистой полости рта, механическое очищение от остатков пищи, налёта и бактерий, противомикробное и противовирусное действие
- **Буферные свойства** (поддержание Ph)
- **Обеспечивает поступление ионов** для минерализации зубов
- **Экскреторная** (выделение азотистых продуктов, солей тяжелых металлов)
- **Инкреторная** – выработка гормоноподобных веществ, регулирующих регенерацию слизистой и фосфорно-кальциевый обмен костей и зубов (**паратин, калликреин, кинины**)



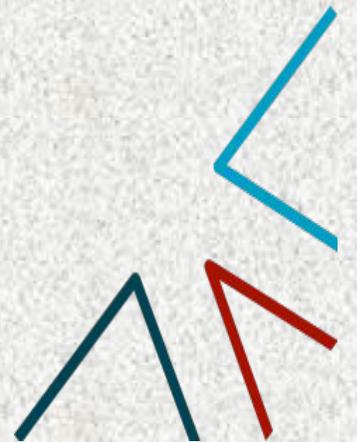


Регуляция слюноотделения

Осуществляется по рефлекторному принципу – условные (до приема пищи) и безусловные рефлексы (с рецепторов ротовой полости)

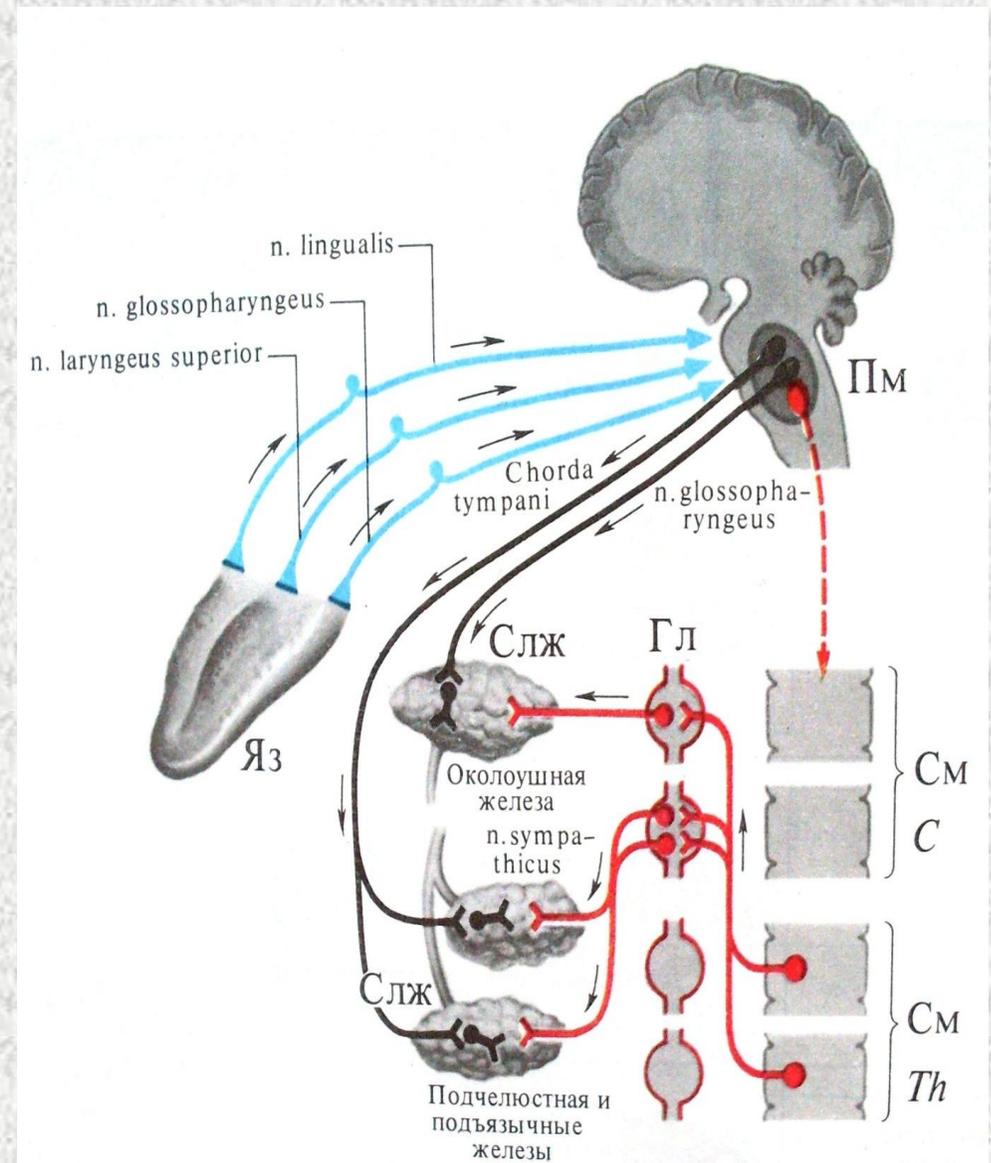
Центры слюноотделения:

- **Парасимпатический отдел** – продолговатый мозг (вегетативные ядра лицевого и языкоглоточного нервов)
- **Симпатический отдел** – боковые рога 2-4 грудных сегментов спинного мозга



Иннервация слюнных желез

- **Околоушная:** парасимпатика - IX пара,
- Симпатика - постганглионарные волокна от нейронов верхнего шейного узла сегментов спинного мозга ;
 - **Поднижнечелюстная:**
 - Парасимпатика - VII пара,
- Симпатика - постганглионарные волокна от нейронов верхнего шейного узла ;
 - **Подъязычная:**
 - парасимпатика - VII пара,
- Симпатика - постганглионарные волокна от нейронов верхнего шейного узла





Влияние парасимпатического отдела

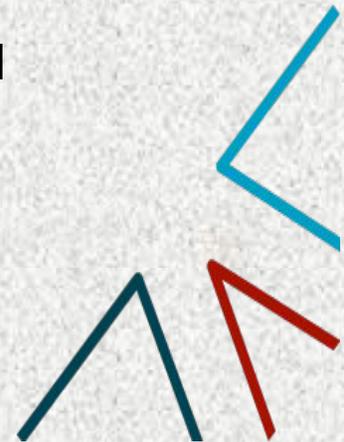
Медиатор – **ацетилхолин** ;

Рецепторы секреторных клеток –

M-холинорецепторы.

Под влиянием парасимпатических нервов (барабанная струна и языкоглоточный) выделяется большое количество жидкой слюны – **отмывная слюна**

Избыточное слюноотделение – **сиалорея**, сопровождается многие патологические состояния (поражения и раздражения слизистой оболочки полости рта, интоксикации, поражения ЦНС).





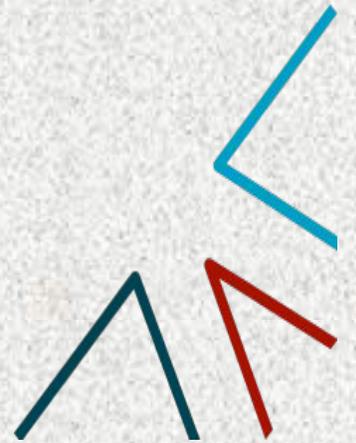
Влияние симпатического отдела

Медиатор – **норадреналин**

Рецепторы секреторных клеток – **альфа-адренорецепторы**

Под влиянием симпатических нервов выделяется малое количество густой слюны.

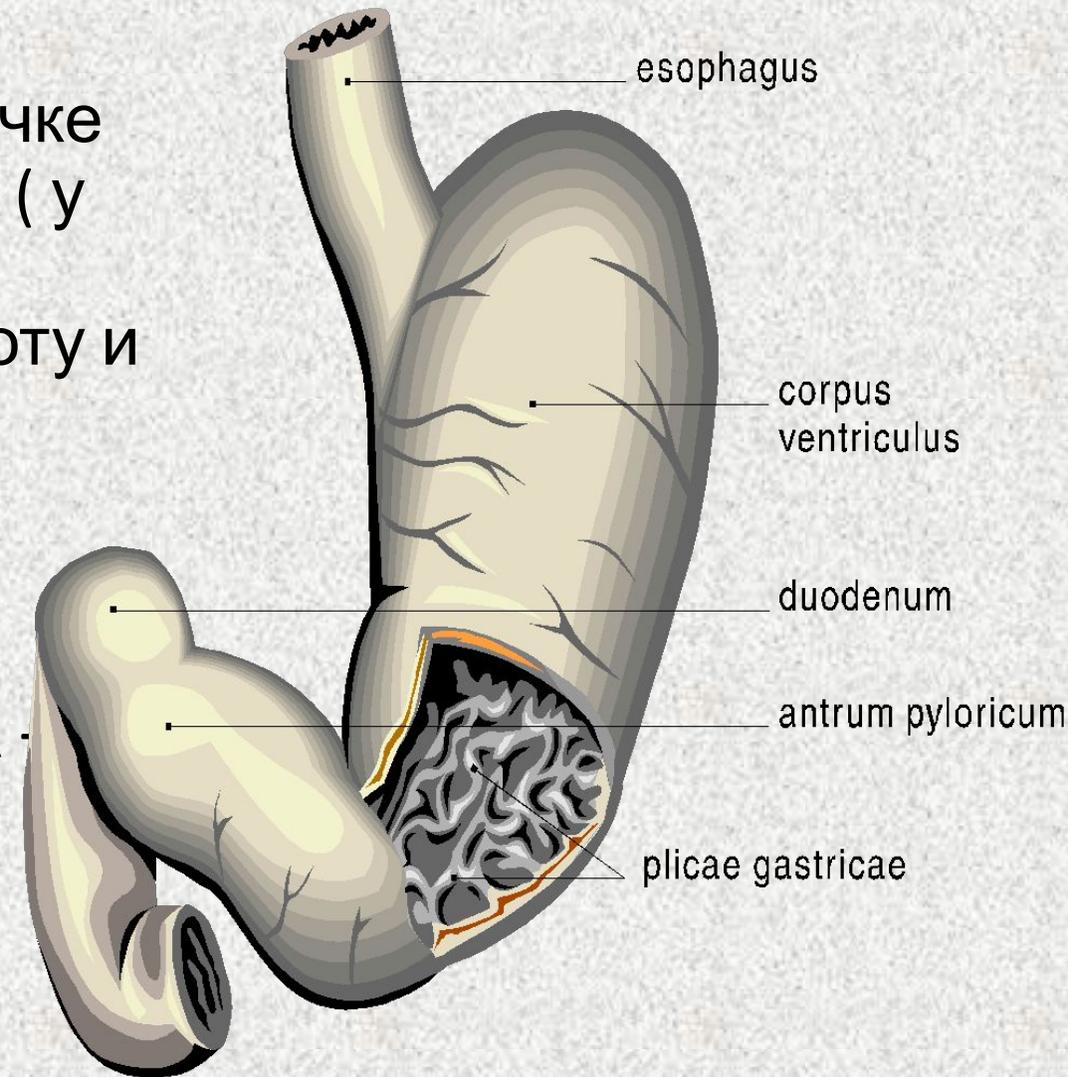
Снижение секреции слюнных желез – называется **гипосиалгией**. Она вызывает нарушение микроциркуляции, способствует развитию патогенной микрофлоры и появлению дурного запаха изо рта. Длительное отсутствие слюноотделения ведет к трофическим нарушениям слизистой, дёсен, зубов.



Роль желудка в пищеварении

Емкость желудка -1-2 л. В слизистой оболочке желудка находятся многочисленные желёзки (у взрослого человека достигает 40 млн). Эти желёзки выделяют ферменты, соляную кислоту и слизь – **образующие желудочный сок.**

- Депонирование пищевого содержимого (в среднем 2-3 часа)
- Дальнейшая механическая переработка - формирования химуса
- Химическая переработка – начало гидролиза белков



Состав желудочного сока:

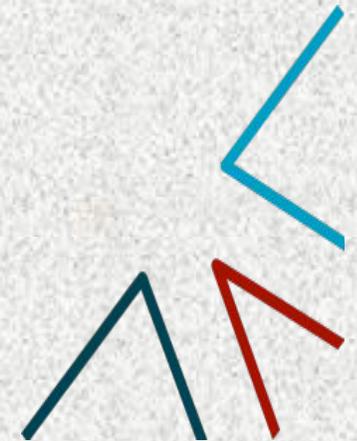
**pH 1,5 - 2 желудок выделяет 2 – 2,5 л
желудочного сока в сутки.**

Неорганические вещества:

- Вода;
- Хлориды;
- Сульфаты;
- Фосфаты;
- Гидрокарбонаты
Na, K, Ca, Mg;
- Аммиак.

Органические КОМПОНЕНТЫ:

- Азотсодержащие
вещества;
- Белки;
- Мукопротеиды;
- Мукопротеазы;
- Ферменты (пепсиногены,
мукоиды).





КЛЕТКИ ЖЕЛЕЗ ЖЕЛУДКА И ИХ СЕКРЕТЫ

ЗОНА

КЛЕТКИ

СЕКРЕТЫ

КАРДИЯ

МУКОЦИТЫ
ЭНДОКРИННЫЕ –

СЛИЗЬ, HCO_3^-
ГИСТАМИН

ТЕЛО

–
ПАРИЕТАЛЬНЫЕ
ГЛАВНЫЕ
МУКОЦИТЫ
ЭНДОКРИННЫЕ

НСЛ, ВНУТ.ФАКТ.
ПЕПСИНОГЕНЫ
СЛИЗЬ, HCO_3^-
СОМАТОСТАТИН
ГЛЮКАГОН
ГИСТАМИН

ПИЛОРУС

МУКОЦИТЫ
G-
ЭНДОКРИННЫЕ

СЛИЗЬ, HCO_3^-
ПЕПСИНОГЕНЫ
ГАСТРИН
СОМАТОСТАТИН



Главные компоненты желудочного сока

- **Слизь** (вырабатывается добавочными клетками) - защищает слизистую оболочку от механических и химических повреждений. **Гастромукопротеид (внутренний фактор Кастла) способствует всасыванию витамина B12; отсутствие этого фактора приводит к анемии.**
- **Соляная кислота**- вырабатывается париетальными (обкладочными) клетками
- **Протеолитические ферменты** (протеазы)- вырабатываются главными клетками желёз желудка



Значение соляной кислоты

- Создание оптимальных условий (РН) для действия ферментов
- Активация неактивной формы ферментов (способствует образованию гастрина и секретина)
- Бактерицидное действие
- Денатурация и набухание белка- подготовка к перевариванию
- Створаживание молока
- Участвует в регуляции перехода желудочного химуса в 12-типерстную кишку



Главные ферменты желудочного сока

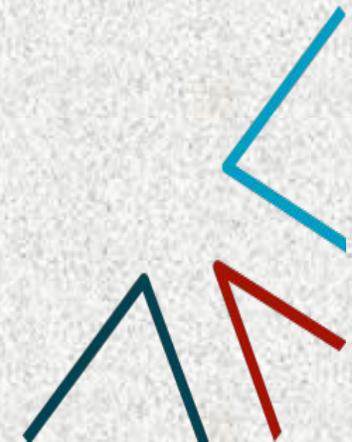
- **Пепсиноген** – неактивная форма
- **Пепсин** – активная форма – гидролизует белки до поли- и олигопептидов:

Собственно пепсин- действует при **РН = 1,5 – 2,0**

Гастрин – гидролизует животные белки при **РН= 3,2-3,5**

Парапепсины (в пилорическом отделе) – действуют при **РН= 5-6**, участвуют в створаживании молока (химозин)

- Малоактивная **липаза** – действует на эмульгированные жиры молока



ВИДЫ ПЕПСИНОВ

Протеазы синтезируются главными клетками желудочных желёз в виде нескольких пепсиногенов, активация которых запускается соляной кислотой.

- **Пепсин А** - оптимум рН = 1,5-2
- **Пепсин В (желатиназа)** - оптимум рН = 3-4
- **Пепсин С (гастриксин)** - оптимум рН=3,2-3,5
- **Пепсин Д (реннин, казеиназа)** - опт. рН = 4- 5





Регуляция желудочной секреции

Регуляция желудочного сока начинается через несколько минут после начала приёма пищи, продолжается в течение нескольких часов после прекращения акта еды и зависит от вида и количества принятой пищи.

Во время еды вследствие раздражения пищей тактильных, вкусовых, температурных рецепторов слизистой оболочки рта возникает поток афферентных импульсов, которые по волокнам V, VII, IX и X пар черепных нервов поступают в продолговатый мозг, затем в таламус и в кору большого мозга.

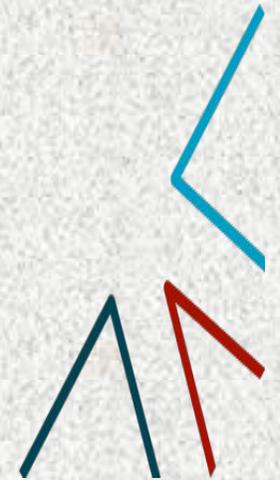
Эфферентные импульсы из ЦНС к желудку приходят по блуждающему и симпатическим нервам; **блуждающий нерв стимулирует** секреторную деятельность желудка, **симпатический нерв** оказывает преимущественно **тормозное** влияние, но усиливает синтез пепсиногенов и мукоидов.



Фазы желудочной секреции

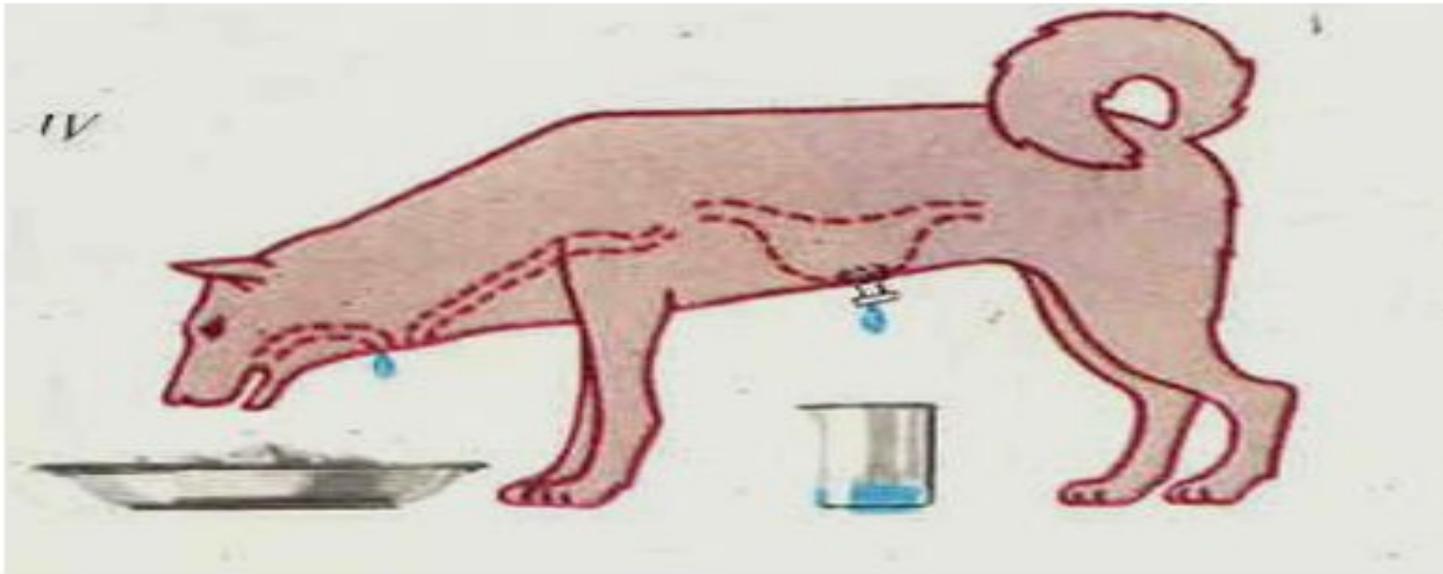
Отделение желудочного сока происходит в 2 фазы:

1. **сложнорефлекторная**
 2. **нейрогуморальная**
- **Сложнорефлекторная** (мозговая) - фаза секреции осуществляется с помощью условных рефлексов на вид пищи, обстановку и посредством безусловных рефлексов (действием пищи) на рецепторы рта, глотки, пищевода. Через 5 -10 мин отмечается обильное отделение сока, богатого ферментами (запальный). Его отделение сопровождается ощущением аппетита и создаёт условия для нормального пищеварения. Отрицательные эмоции во время приёма пищи тормозят сокоотделение.



Мозговая (сложнорефлекторная)

«Мнимое кормление» по И.П.
Павлову





Фазы желудочной секреции

Нейрогуморальная фаза – подразделяется: на
желудочную и кишечную.

- Отделение желудочного сока в **желудочную** фазу возникает в результате воздействия пищевого содержимого и гуморальных веществ (гастрин, продукты гидролиза белков, экстраактивных веществ мяса и овощей, гистамин пептиды)
- В **кишечную фазу** действуют те же факторы, но добавляется стимуляция желудочных желёз поступившим в двенадцатиперстную кишку недостаточно обработанным содержимым желудка слабокислой реакции. Торможение желудочной секреции в кишечную фазу вызывается продуктами гидролиза жиров и крахмала, полипептидами и аминокислотами.





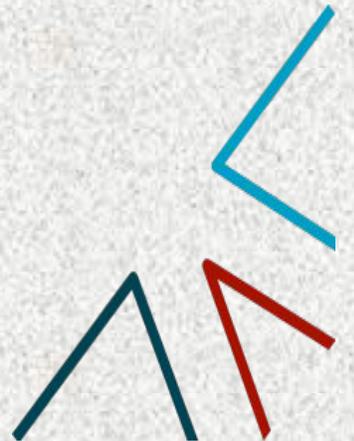
Моторная функция желудка

Длительность механической обработки пищевого содержимого в желудке может варьировать от 3 до 10 часов, в зависимости от химического состава, физических свойств и количества принятой пищи.

Через 5 - 30 мин после приёма пищи происходит рефлекторное расслабление мышц желудка (рецептивная релаксация), которое обеспечивает приём пищи желудком.

Растяжение стенок желудка поступающей пищей вызывает раздражение механорецепторов, поток афферентных импульсов по волокнам блуждающих нервов поступает в продолговатый мозг, а по эфферентным его волокнам импульсы поступают к пуринергическим (тормозным) нейронам. Затем моторика желудка активируется.

Пейсмекер (водитель ритма) желудка локализуется в области малой кривизны вблизи кардии. В дне желудка также имеется зона активности, но ритм в 2- 4 раза реже.



Механизм перехода пищи из желудка в двенадцатиперстную кишку

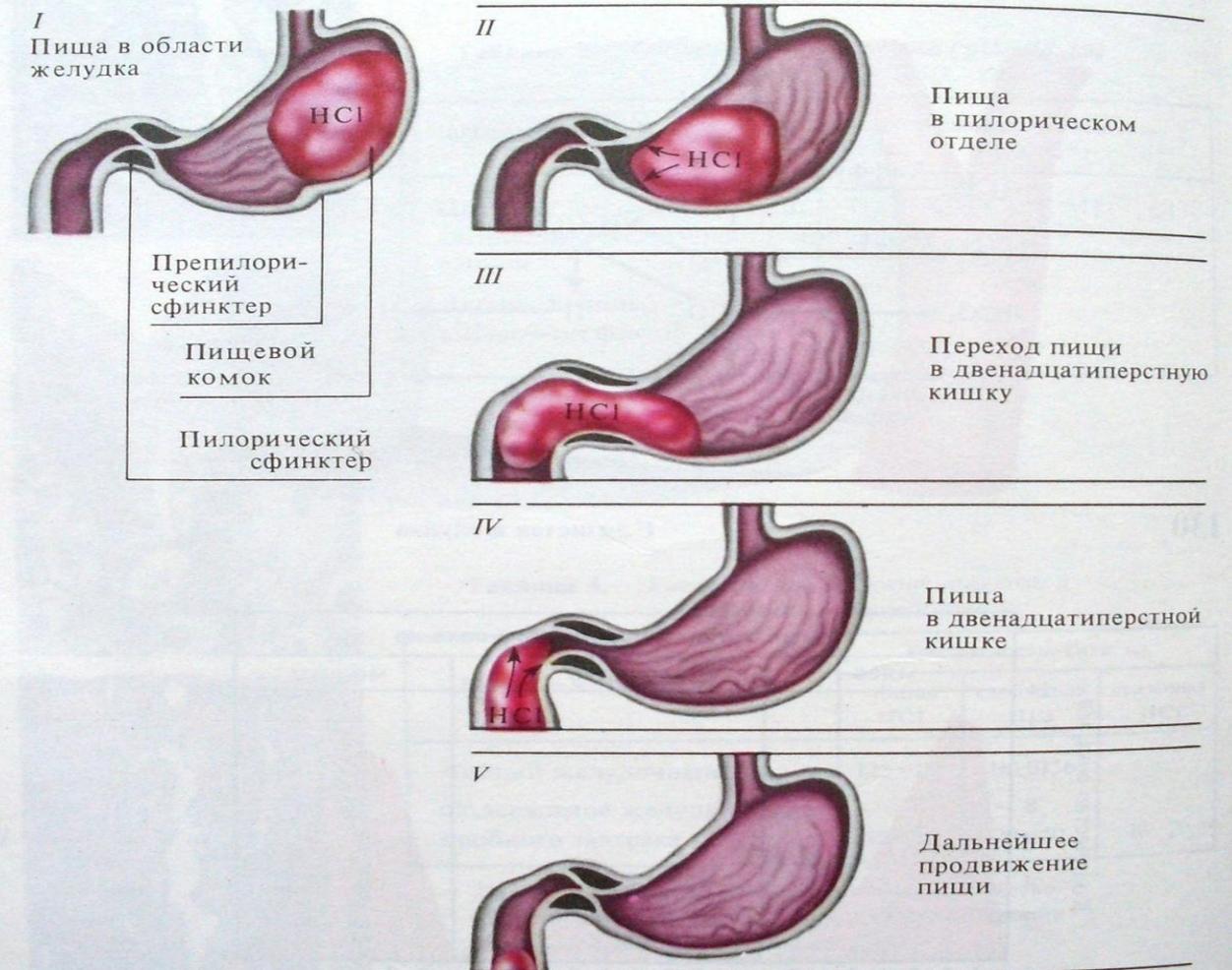
I-сокращение препилорического сфинктера;

II-действие HCl на пилорическую часть желудка;

III-открытие пилорического сфинктера;

IV-действие HCl на пилорический сфинктер со стороны двенадцати-перстной кишки;

V-закрытие пилорического сфинктера



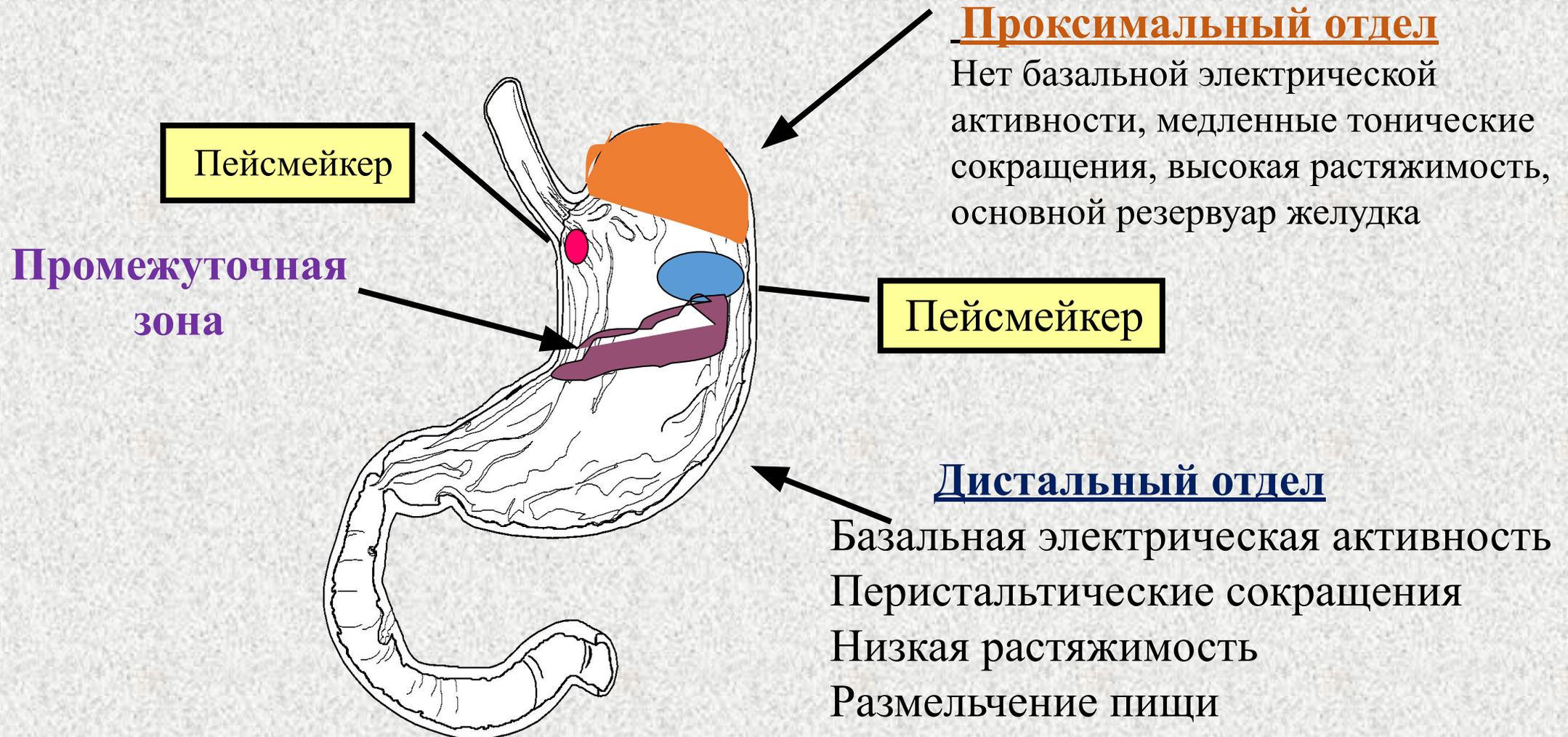


Механизм эвакуации химуса из желудка

- Градиент давлений
- Моторная деятельность желудка
- Складки слизистой оболочки
- РН отделов желудка («закисление» пилорического отдела)
- Объем и консистенция пищи. Быстрее эвакуируется теплая, измельченная пища, жидкости, молоко, углеводы; медленно - жиры



МОТОРИКА РАЗНЫХ ОТДЕЛОВ ЖЕЛУДКА



Регуляция моторики желудка

Нервная (рефлекторная). Рефлекторная регуляция :
центральная (условные и безусловные рефлексы), **местная**
(внутриорганные рефлексы)

Стимулятором пищеварения является **парасимпатический отдел ВНС** (медиатор **ацетилхолин**, рецепторы исполнительных органов – М-холинорецепторы)

Возбуждение **симпатических нервных волокон** оказывает с помощью **норадреналина- тормозящее действие на моторику желудка.**

Гуморальная регуляция сократительной деятельности желудка осуществляется гастроинтестинальными гормонами (серотонин, гастрин, мотилин, гистамин, инсулин – **стимулируют моторику кишечника**; холецистокинин, глюкагон, гастрингибирующий пептид – **тормозят моторику**

Нутриентный – влияние параметров пищевого содержимого (объем, консистенция, температура, рН, осмотическое давление, продукты гидролиза) на пищеварение





Пищеварение в **12**-перстной кишке - является центральным звеном пищеварительного конвейера.

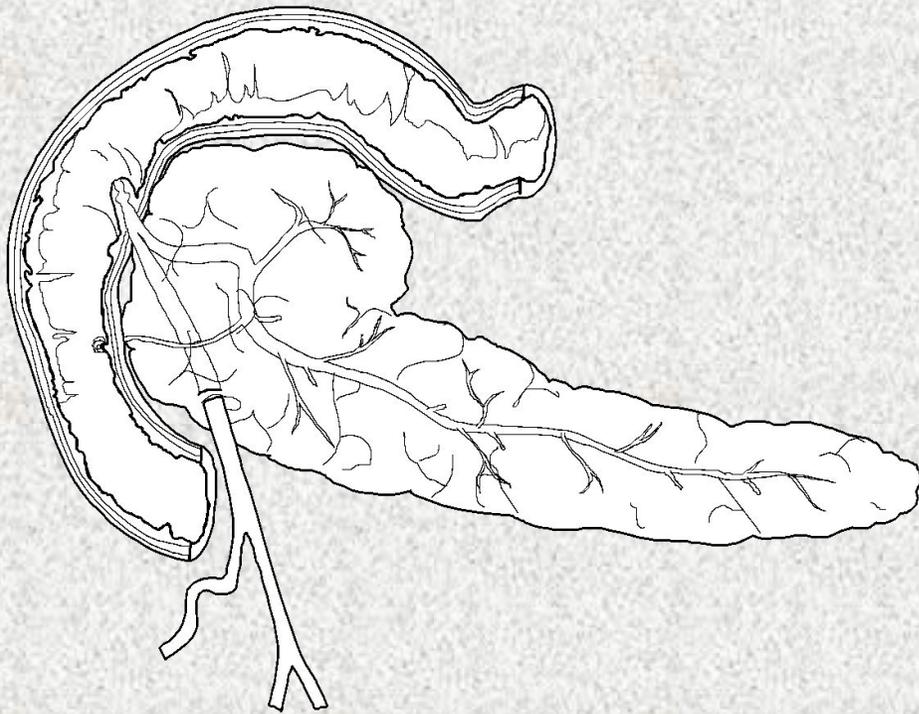
Данный участок пищеварительного конвейера обеспечивает наиболее активное полостное пищеварение; преемственность полостного и пристеночного пищеварения; Гидролиз всех питательных веществ до мономеров осуществляют 3 пищеварительных сока: **поджелудочный, кишечный, желчь**, собственные ферменты, что формирует все условия для дальнейшего переваривания поступающего сюда содержимого желудка. По мере продвижения кислого химуса происходит его нейтрализация щелочными секретами поджелудочной железы, бруннеровых и либеркюновых желёз и печени.

Однако, ведущая роль в пищеварении в тонкой кишке принадлежит ферментам поджелудочной железы.





Роль поджелудочной железы в пищеварении



Панкреатический сок натошак выделяется в небольшом количестве. При поступлении в 12-типерстную кишку желудочного содержимого отделение сока возрастает. За сутки выделяется **1,5 – 2,5 л.** Он содержит ферменты для переваривания **белков, жиров, углеводов.**

Состав сока поджелудочной железы:

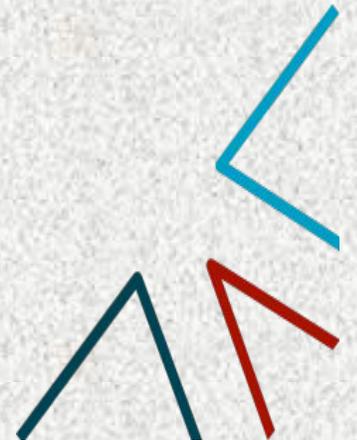
98,7% ВОДЫ



2,3% сухого остатка

pH 7,5-8,8

- Азотсодержащие вещества;
- Белки;
- Глюкоза;
- Ферменты;
- Гидрокарбонаты;
- Хлориды;
- Соли К, Са, Na.



Гидролиз белков

Основными протеолитическими ферментами панкреатического сока является: **трипсин, химотрипсин, эластаза, карбоксипептидазы А и В**. Секретируются они в неактивном состоянии. Активатором трипсиногена является фермент- **энтерокиназа**, вырабатываемая слизистой 12-типерстной кишки. Конечными продуктами их действия являются **олигопептиды (70%)** и **аминокислоты (30%)**.

Гидролиз углеводов

Сок поджелудочной железы богат α -амилазой, которая продуцируется в активном состоянии. Продуктами гидролиза крахмала при действии панкреатической α -амилазы являются декстрины, мальтоза и мальтотриоза. Дисахаридазная активность поджелудочного сока выражена слабо.





Гидролиз жиров

Начинается только в полости 12-типерстной кишки под действием липолитических ферментов поджелудочного сока. Примерно 90% жиров пищи приходится на триглицериды, а остальные 10% - на фосфолипиды, эфиры холестерина и жирорастворимые витамины. Нерастворимые в воде триглицериды способна расщеплять только панкреатическая липаза.

Панкреатическая липаза секретируется в активной форме, она гидролизует триглицериды до моноглицеридов и свободных жирных кислот.

Панкретическая фосфолипаза секретируется в неактивной форме, активируется **трипсином**, гидролизует фосфолипиды.



Фазы панкреатической секреции и их регуляция

Отделение поджелудочного сока протекает, как и желудка **в две фазы: сложно-рефлекторную и нейрогуморальную.**

Секреторная деятельность в первую фазу начинается через 2-3 мин после начала приёма пищи. Так же действуют вид и запах пищи или разговор о ней. Стимулируется условно и безусловнорефлекторным путём и реализуется посредством блуждающих нервов.

Вторая - **нейрогуморальная фаза** делится на **желудочную** и **кишечную**

В желудочную фазу стимулирующее влияние оказывает – **гастрин**, освобождающийся под влиянием блуждающего нерва. В кишечную фазу секрецию поджелудочной железы **усиливают овощные соки и жиры, инсулин, соли желчных кислот.** В регуляции панкреатической секреции имеют поступление в кровь секретина и холецистокинина.

Тормозят выделение сока глюкагон, соматостатин, АКТГ.



Состав желчи:

pH **7,3-8,0**

- **Желчные кислоты** (гликохолевая – 80%, таурохолевая – 20%);
- **Желчные пигменты** (билирубин и биливердин);
- **Комплексное липопротеиновое соединение** (фосфолипиды+желчные кислоты+холестерин +белок+билирубин);
- **Вода, глюкоза, электролиты, креатинин, витамины, гормоны и др.**



Роль желчи в пищеварении

- Обеспечивает смену желудочного пищеварения на кишечное – нейтрализует соляную кислоту
- Активирует липазу панкреатического сока
- Усиливает активность ферментов поджелудочной железы (трипсина, амилазы)
- Эмульгирует жиры, что облегчает их расщепление и облегчает всасывание
- Стимулирует секреторную и моторную деятельность кишечника и движения кишечных ворсинок
- Способствует всасыванию жирорастворимых витаминов (К, Е, D)
- Оказывает бактерицидное действие
- Стимулирует образование кишечного сока посредством ускорения пролиферации и сплющивания энтероцитов





Состав кишечного сока:

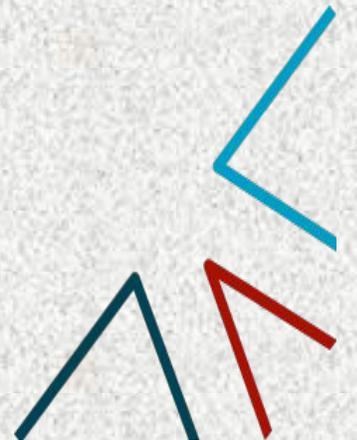
рН **7,2-7,5** за сутки выделяется **2,5** литра

Жидкая часть:

- Секрет растворов органических и неорганических веществ;
- Сухой остаток:
 - Неорганические (хлориды, гидрокарбонаты и фосфаты Na, K, Ca);
 - Органические (слизь, белки, аминокислоты, мочевины и др.)

Плотная часть :

желтовато-серая масса, имеющая вид слизистых комков и включающая в себя неразрушенные эпителиальные клетки, их фрагменты и слизь – секрет бокаловидных клеток.



Ферменты кишечного сока

В проксимальной части 12-типерстной кишки, в её подслизистом слое, находятся бруннеровы железы, которые по строению и функции во многом похожи на пилорические железы желудка. Главным его компонентом является **муцин**, покрывающий слизистую оболочку – **защитная функция**.

Кишечный сок содержит более **20 ферментов**, завершающих гидролиз белков (дипептидазы), углеводов (глюкозидазы, галактозидазы и др. дисахаридазы) на мембране микроворсинок тонкой кишки. По мере удаления от 12-перстной кишки количество и активность собственных ферментов кишечного сока постепенно снижается.

Приём пищи тормозит отделение кишечного сока до поступления химуса в данный участок кишки.

Усиливают моторику кишечника: серотонин, мотилин, гастрин,



Всасывание

Всасывание происходит на всём протяжении пищеварительного тракта, но с разной интенсивностью в различных его отделах.

В ротовой полости – могут всасываться лекарства.

В желудке – всасывается вода и растворённые в ней соли, алкоголь, глюкоза.

Основным отделом всасывания является – тонкая кишка. Уже через 1-2 мин после поступления питательных веществ в кишку они появляются в крови.

Частично всасывание осуществляется в толстой кишке.





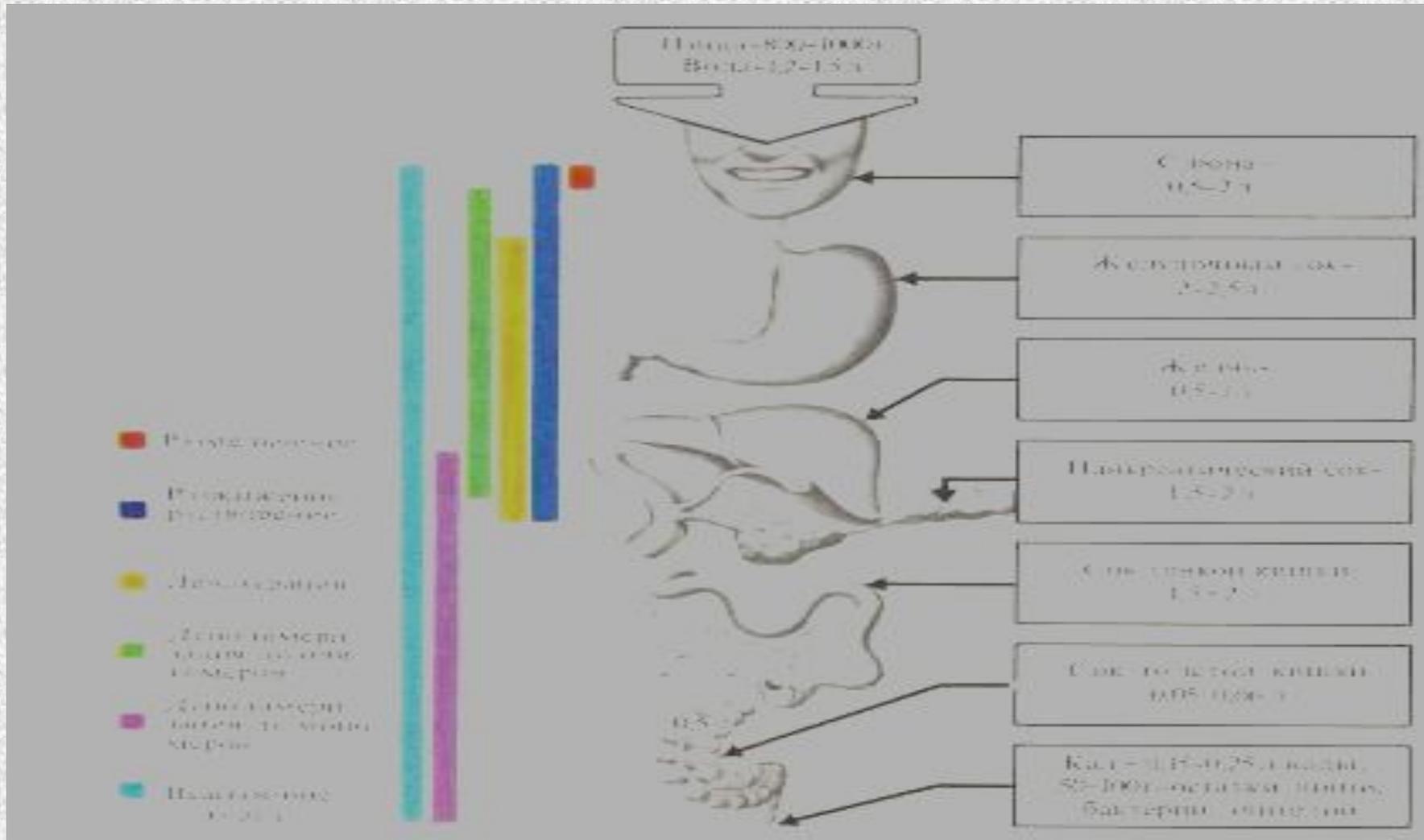
Пищеварение в толстой кишке

Содержит большое количество слизи и не содержит собственных ферментов. Состав сока определяется действием микрофлоры и её ферментами, под действием которых происходит расщепление клетчатки, гниение и брожение непереваренных белков и углеводов; синтез витаминов.

В толстой кишке пищеварительные процессы завершаются под действием ферментов тонкой кишки. Интенсивно всасывается вода, заканчивается всасывание других питательных веществ, формируется кал.



Последовательность процессов пищеварительного конвейера



Спасибо за
внимание

