

Пищеварительная система

Мартусевич Андрей Кимович

План лекции:

- Общая характеристика системы пищеварения.
Типы пищеварения
- Пищеварение в ротовой полости
- Физиология желудка, его особенности у жвачных животных
- Пищеварение в кишечнике
- Особенности физиологии желудочно-кишечного тракта у птиц

Понятие о пищеварении

- **Пищеварение** – (начальный этап обмена веществ) совокупность механических, химических и биологических процессов, обеспечивающих обработку и превращение пищевых продуктов в простые химические соединения, способные усваиваться клетками организма и использоваться как пластический и энергетический материал.

Последовательная цепь процессов, приводящая к расщеплению пищевых веществ до мономеров, способных всасываться, носит название **пищеварительного конвейера**.

- **Механическая обработка** корма состоит в измельчении, перетирании, увлажнении и превращении в кашицеобразную массу как жевательным аппаратом, так и при помощи мускулатуры пищеварительного тракта.

- **Химическая обработка** корма происходит при помощи ферментов пищеварительных соков, вырабатываемых железами пищеварительного тракта: слюнными, желудочными, кишечными, поджелудочной.

Различают *три группы пищеварительных ферментов*: **протеолитические** - расщепляющие белки до аминокислот, **глюкозидные (амилолитические)**-гидролизующие углеводы до глюкозы и **липолитические**- расщепляющие жиры на глицерин и жирные кислоты.

- **Биологическая обработка** корма осуществляется под влиянием микроорганизмов, населяющих пищеварительный тракт. Микроорганизмы действуют на кормовые вещества при помощи вырабатываемых ими ферментов.

ПИЩЕВАРЕНИЯ

Рост, развитие и деятельность организма сопровождается использованием энергии, пластических и биологически активных веществ. Источником энергии, пластических веществ и большого ряда биологически активных элементов служат питательные (белки, жиры, углеводы) и минеральные вещества, витамины, вода, поступающие с кормом. Питательные вещества (нутриенты) - сложные органические соединения и в таком виде не могут усваиваться в организме. Они должны быть переведены в более простые и низкомолекулярные растворимые соединения, что и обеспечивается системой пищеварения.

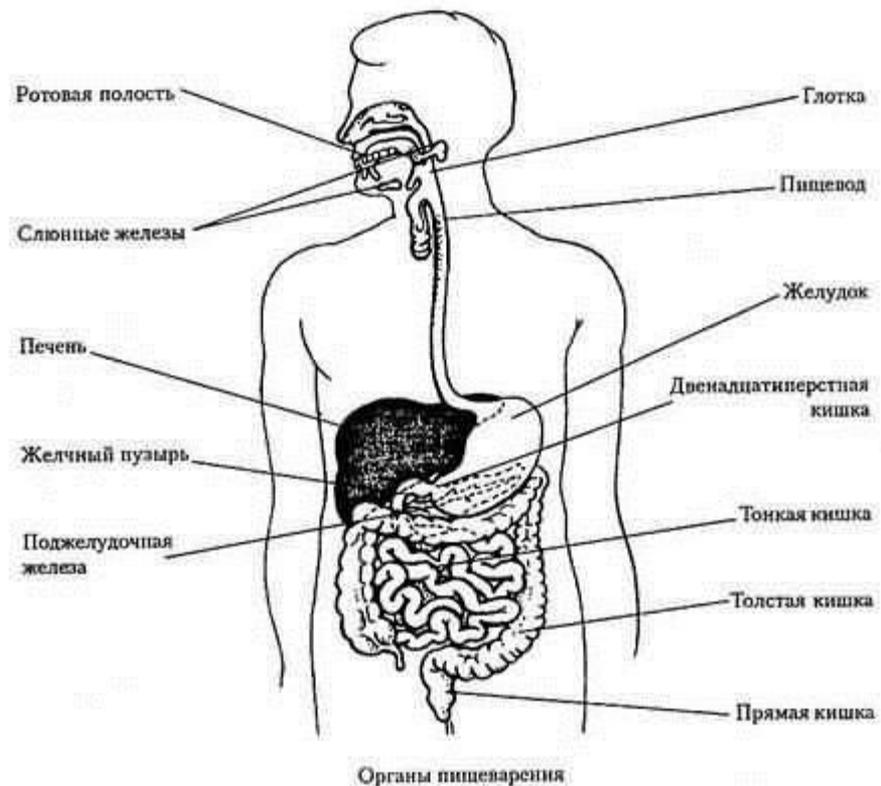
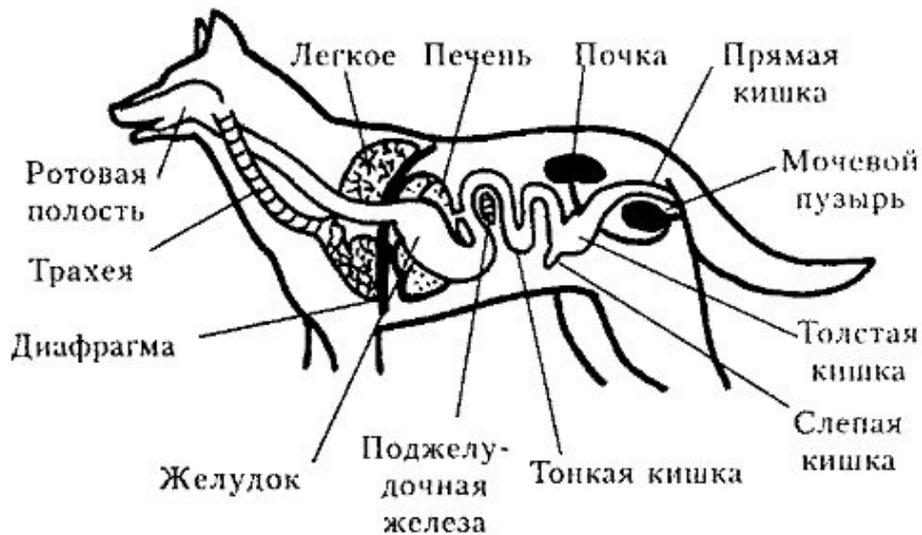
Система пищеварения включает в себя следующие структуры:

1. Рецепторы прикосновения и давления (тактильные) губ и слизистой ротовой полости, вкусовые, зрительные, слуховые и обонятельные рецепторы, механо- и хеморецепторы желудка и кишечника, рецепторы сосудов. Аfferентные проводники от рецепторов идут в составе ветвей тройничного, лицевого, языкоглоточного, подъязычного, добавочного, блуждающего, чревного, внутренностных и соматических нервов.

2. Обширный нервный центр – совокупность нейронов продолговатого, спинного, среднего мозга, гипоталамуса (медиальных и латеральных ядер), таламуса, мозжечка, ретикулярной формации, лимбической системы, стриопаллидума и премоторной зоны коры головного мозга.

3. Эfferентные нервные волокна - представлены волокнами тройничного, лицевого, языкоглоточного, подъязычного, добавочного, блуждающего, чревного, тазового, внутренностных и соматических нервов.

4. Исполнительные органы: губы, язык, жевательные мышцы, челюсти, зубы, слюнные железы, глотка, пищевод, желудок с желудочными железами, тонкий и толстый кишечник с кишечными железами, поджелудочная железа, печень.



- Процесс пищеварения происходит в пищеварительном тракте, который делится **на три отдела**: передний, средний и задний. **К переднему отделу** относят ротовую полость с вспомогательными органами, глотку и пищевод, **к среднему** – желудок и отдел тонких кишок, **к заднему** – отдел толстых кишок.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМА В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ

С момента пережевывания захваченной порции корма начинается физико-химическое превращение корма в пищеварительном аппарате.

Физико-химическое превращение веществ корма и всасывание продуктов превращения и освободившихся веществ обеспечивается: сократительной деятельностью жевательных мышц, желудка и кишечника, секреторной деятельностью слюнных желез, желудочных желез, кишечных желез, поджелудочной железы и секреторного аппарата печени, всасывательной деятельностью всасывательного аппарата желудка и кишечника.

Деятельность их регулируется рефлекторно-гормонально с вкусовых, зрительных, слуховых, обонятельных рецепторов, механо- и хеморецепторов желудка и кишечника. Нервный центр представлен совокупностью нейронов продолговатого мозга, спинного мозга, гипоталамуса, таламуса, ретикулярной формации, лимбической системы, стриопаллидума и премоторной зоны коры головного мозга. Эфферентными проводниками являются парасимпатические нервные волокна языкоглоточного нерва для околоушной железы, лицевого нерва и барабанной струны для подчелюстной и подъязычной желез, блуждающего и тазового нервов для структур желудка и кишечника, поджелудочной железы и печени, а также симпатические нервные волокна чревных нервов и симпатических ганглиев для всех периферических исполнительных органов.

Секреторная деятельность пищеварительных желез проявляется процессами: образованием и выделением пищеварительных соков, сократительная деятельность - движениями желудка и кишечника, всасывательная деятельность - всасыванием образующихся продуктов превращения белков, углеводов, жиров, а также воды и освобождающихся в процессе превращения витаминов и минеральных веществ.

Виды пищеварения

- **Внеклеточное пищеварение** характерно для всех гетеротрофных организмов, клетки которых имеют клеточную стенку — бактерий, архей, грибов, хищных растений и др. Переваривание пищи происходит вне клетки, образовавшиеся мономеры всасываются с помощью белков-транспортеров клеточной мембраны.
- **Внутриклеточное пищеварение** — процесс, тесно связанный с эндоцитозом и характерен для групп эукариотных организмов и лейкоцитов (фагоцитоз, пиноцитоз). При этом способе пищеварительные ферменты освобождаются из лизосом и осуществляют гидролиз питательных веществ.
- **Полостное (внутрикишечное) пищеварение** — характерно для многоклеточных животных, имеющих желудочно-кишечный тракт, в полость которых и выделяются пищеварительные секреты.
- **Внекишечное пищеварение** — характерно для некоторых животных, которые обладают кишечником, но вводят пищеварительные ферменты в тело добычи, всасывая затем полупереваренную пищу (наиболее известные из таких животных — пауки и личинки жуков-плавунцов).
- **Пристеночное или мембранное пищеварение** — происходит в слое слизи между микроворсинками тонкого кишечника и непосредственно на их поверхности (в гликокаликсе) у позвоночных и некоторых других животных

Голод и жажда

- Прием корма определяет *чувство голода*, связанное с повышением возбудимости пищевого центра, который и регулирует пищевое поведение животных. *Пищевой центр* — это очень сложный гипоталамо-лимбико-ретикуло-кортикальный комплекс.

Ведущим его отделом являются латеральные ядра гипоталамуса. При их разрушении наблюдается отказ от пищи (*афагия*), а при раздражении — усиленное потребление пищи (*гиперфагия*). Функциональное состояние пищевого центра определяется химическим составом крови; наличием в ней глюкозы, аминокислот, жирных кислот и других метаболитов, а также гормонов поджелудочной железы и энтерининовой системы. Наряду с гуморальными факторами на возбудимость пищевого центра влияют и рефлекторные реакции, исходящие от раздражения разнообразных рецепторов пищеварительного тракта.

- *Ощущение жажды*, связанное с уменьшением поступления воды в организм или с большой ее потерей вследствие усиленного потоотделения или избыточного приема минеральных веществ. При этом наблюдается сухость в ротовой полости, снижение уровня саливации, диуреза, потоотделения. При более значительном дефиците воды в организме наступают нарушения многих жизненно-важных функций. Механизм возникновения чувства жажды многообразен. Он связан с возбуждением осморцепторных клеток гипоталамуса, где располагается центр, регулирующий водный обмен, а также возбуждением разнообразных рецепторов пищеварительной и других систем организма. С приемом воды ощущение жажды проходит.

Пищеварение в ротовой полости

Пищеварение в ротовой полости состоит из приема корма и воды, жевания, слюноотделения и глотания.

Прием корма. В отыскивании, оценке качества и в самом механизме приема корма у животных много общего, но имеются и некоторые видовые особенности. Животные отыскивают корм и определяют его пищевую пригодность с участием органов зрения, обоняния, осязания, вкуса. Лошади, мелкий рогатый скот принимают корм хорошо подвижными губами и отрывают его резцами; крупный рогатый скот, свиньи — языком, губами; плотоядные — резцами и клыками; птицы — клювом. Питье воды происходит путем погружения в нее губной щели с последующим насасыванием движениями щек и языка. Плотоядные воду и жидкий корм лакают, птицы захватывают воду клювом, запрокидывают голову, чем облегчают ее заглатывание.

Жевание осуществляется разнообразными движениями нижней челюсти, благодаря чему корм измельчается, дробится, перетирается. В результате этого увеличивается его поверхность, он хорошо увлажняется слюной и становится доступным для проглатывания. Лошади и свиньи тщательно жуют корм, жвачные животные — поверхностно, поэтому они могут заглатывать разнообразные посторонние предметы. Этому способствует также низкая тактильная чувствительность слизистой оболочки ротовой полости. Количество жевательных движений у животных зависит от вида корма и технологии его приготовления.

Жевание — акт рефлекторный, но произвольный. Возникшее от раздражения кормом рецепторов ротовой полости возбуждение по афферентным нервам (язычная ветвь тройничного нерва, языкоглоточный нерв, верхнегортанная веточка блуждающего нерва) передается в центр жевания продолговатого мозга. От него возбуждение по эфферентным волокнам тройничного, лицевого и подъязычного нервов поступает к жевательным мышцам и за счет их сокращения происходит акт жевания.

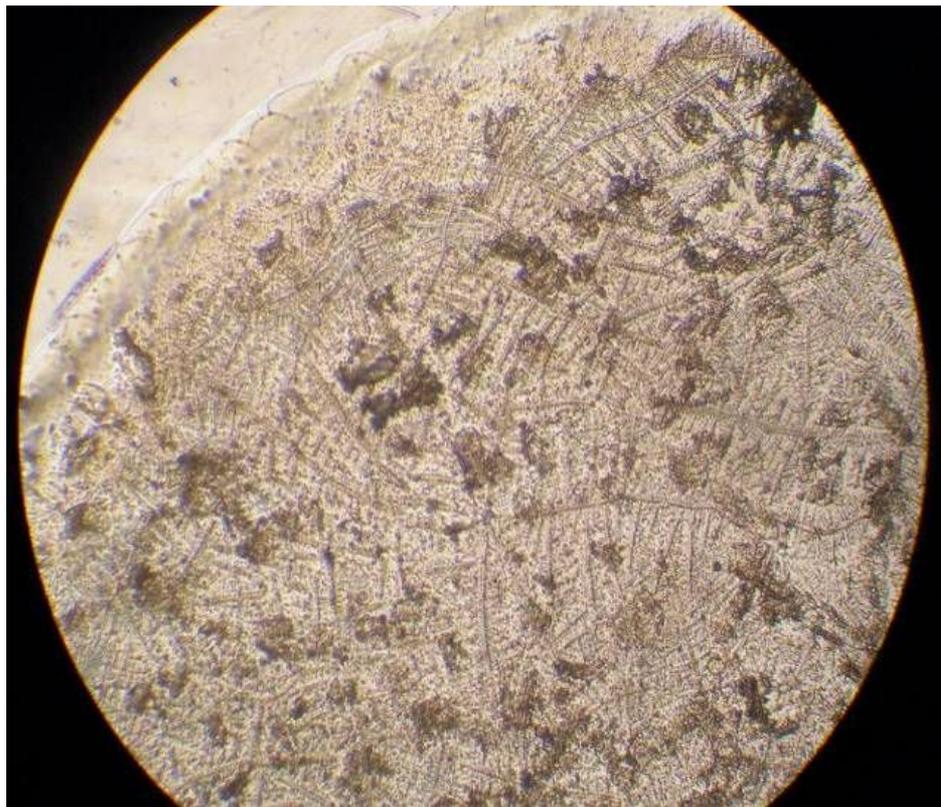
Слюна

Слюна — продукт секреторной деятельности слюнных желез. По характеру выделяемого секрета слюнные железы делят на серозные, слизистые и смешанные. **Слизистые железы** (мелкие слюнные железы и отдельные бокаловидные клетки) выделяют слюну, содержащую слизистое вещество — муцин. В состав **секрета серозных желез** (околоушные и некоторые мелкие железы языка) входят белки. Подчелюстная, подъязычная и щечные железы выделяют **серозно-слизистый секрет**.

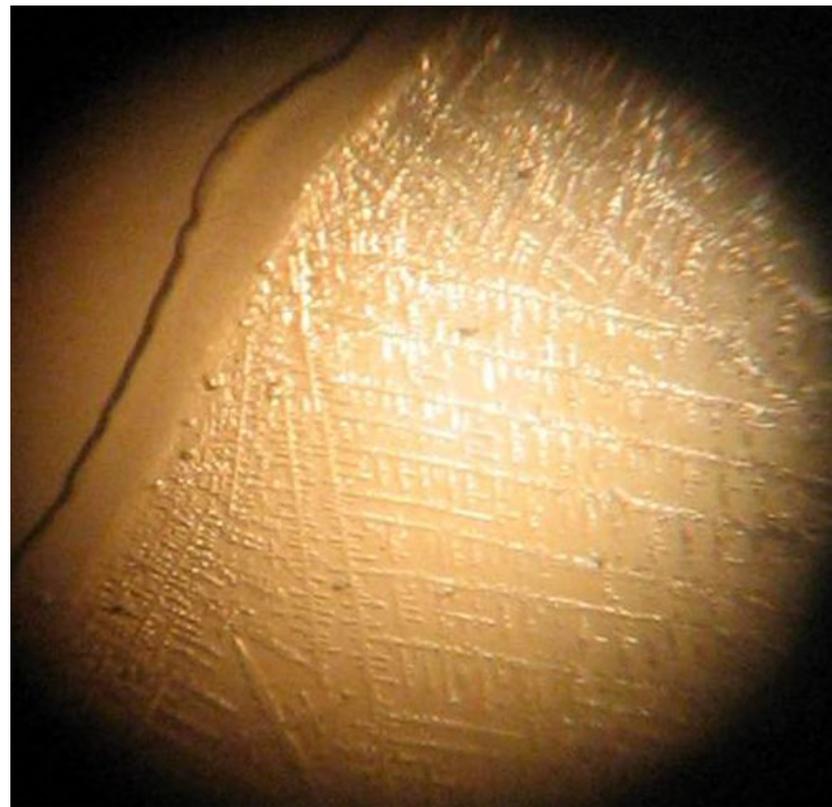
Слюна - бесцветная, слегка опалесцирующая жидкость слабощелочной реакции: рН слюны у жвачных животных - около 8,0, у свиней - 7,32, у лошади - 7,5. Плотность слюны колеблется 1,002 – 1,012. Она состоит из 99-99,4% воды и 0,6-1% сухих веществ. Из минеральных веществ в слюне имеются хлориды, сульфаты, карбонаты кальция, натрия, калия, магния, а также продукты обмена: мочевины, мочевины, мочевины, аммиак, CO_2 . Слюна содержит муцин, который обуславливает ее вязкость и принимает участие в формировании пищевого кома, смазке глотки и пищевода. Вещества, обладающие антимикробным действием - лизоцим и ингибан. Два фермента - амилаза, расщепляющая крахмал до мальтозы и декстринов, и глюкозидаза (мальтазу), превращающая мальтозу в глюкозу.

Слюноотделение у животных разных видов несколько отличается. У лошадей слюна выделяется только при приеме корма. В сутки ее бывает до 40 л. При сухом и грубом корме больше, чем при влажном. Ферментов в слюне лошадей мало. У жвачных животных околоушные железы секретируют непрерывно, а подчелюстные и подъязычные - во время приема корма и при жвачке. У крупного рогатого скота за сутки выделяется от 90 до 190 л слюны. У свиней слюна отделяется при приеме корма, за сутки - до 15 л. Обладает выраженной ферментативной активностью.

Кристаллогенная активность СЛЮНЫ



Собственная
кристаллизация слюны



Тезиграфия слюны
с 0,9% раствором NaCl

Регуляция слюноотделения

- **Регуляция слюноотделения происходит сложнорефлекторным путем (безусловный и условный рефлекс).** При поступлении пищи в ротовую полость происходит раздражение механо-, термо- и хеморецепторов слизистой оболочки. Возбуждение от этих рецепторов по чувствительным волокнам язычной ветви тройничного нерва, языкоглоточного нерва, и верхнегортанного нерва поступает в центр слюноотделения в продолговатом мозге. Эфферентный путь представлен парасимпатическими и симпатическими волокнами. Парасимпатическая иннервация слюнных желез осуществляется волокнами языкоглоточного нерва, барабанной струны и лицевого нерва, при этом выделяется большое количество жидкой слюны с малым содержанием органических веществ. Симпатическая иннервация – нервные волокна отходят от верхнего шейного симпатического узла, а тела преганглионарных нейронов находятся в боковых рогах спинного мозга на уровне II-IV грудных сегментов. Раздражению симпатических волокон, вызывает отделение небольшого количества густой, вязкой слюны, которая содержит мало солей и много органических веществ.
- **Гуморальная регуляция деятельности слюнных желез имеет второстепенное значение.** Установлено, что при раздражении парасимпатических нервов слюнной железы в ней образуется тканевый гормон *калликреин*, который вызывает расширение кровеносных сосудов, влияет на проницаемость мембран и может изменять секрецию денервированной слюнной железы.
- **Слюноотделение осуществляется не только с помощью безусловных, но и условных рефлексов.** Вид и запах пищи, звуки, связанные с приготовлением пищи, а также другие раздражители, если они раньше совпадали с приемом пищи, разговор и воспоминание о пище вызывают условно-рефлекторное слюноотделение.

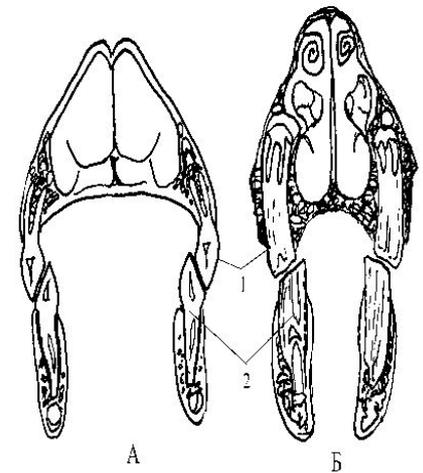
Функции слюны

- **Пищеварительная:** действие амиолитических ферментов; формирование пищевого комка; обеспечение вкусовых ощущений (при растворении пищевых продуктов); способствует глотанию; стимулирует деятельность других отделов ЖКТ.
- **Экскреторная:** выделяет продукты обмена белков, минеральные вещества, некоторые лекарства, спирты.
- **Защитная:** бактерицидная функция (лизоцим), и принимает участие в процессах регенерации эпителия слизистой оболочки полости рта; омывательная функция уменьшает концентрацию отвергаемых веществ, способствует их выведению из организма; наличие тромбогенных белков - остановка кровотечения; белковое вещество слюны муцин способен нейтрализовать кислоты и щелочи.
- **Регуляция водного обмена:** при подсыхании слизистой рта - ощущение жажды.
- **Трофическая функция.** Слюна является источником кальция, фосфора, цинка для формирования эмали зуба.

Поедание корма связано с захватыванием его языком, губами и зубами, пережевыванием, увлажнением слюной, формированием пищевого кома, проглатыванием и продвижением его по пищеводу. Захват корма осуществляется зубами и губами с участием языка. Захваченная порция корма направляется на поверхность зубов и пережевывается, животное делает 22-60 жевательных движений. Жевание проявляется в движении нижней челюсти вверх, вниз, у жвачных животных и попеременно то в правую, то в левую сторону относительно верхней челюсти.

Число жевательных движений при пережевывании грубых кормов составляет у коров более 15 тыс., у овец – 12 тыс. Тщательно пережевывают корм свиньи. Лошади пережевывают корм длительно и тщательно. У них отмечают функциональную асимметрию жевания, жуют на одной стороне челюстей, через 30-60 минут меняют сторону жевания. 1 кг овса лошадь пережевывает за 8-9 минут, для формирования пищевого кома затрачивает около 50 жевательных движений.

При этом компоненты корма между поверхностями коренных зубов расплющиваются и размалываются. В процессе жевания происходит увлажнение частиц корма слюной, одновременно измельченные и расплющенные частицы корма набухают. Жевание завершается формированием пищевого кома, который проглатывается, поступает через глотку и по пищеводу в желудок (рубец у жвачных). Глотание протекает в две последовательные фазы: произвольную и непроизвольную.



Зубные поверхности и смыкание их

А – у мясоядных животных (собака), действуют как ножницы; Б – у растительноядных животных (лошадь) на уровне 5-го коренного зуба, благодаря боковому движению прижатых зубов нижней челюсти корм раздавливается и растирается.

1 – верхний зуб;
2 – нижний зуб.

Пищеварение в однокамерном желудке

- Желудок (gaster, s. ventriculus) расширенный отдел пищеварительного тракта мешковидной формы располагается в верхней левой части брюшной полости за диафрагмой — орган, перерабатывающий пищу при помощи пищеварительных соков.
- Пищеварительными функциями желудка являются депонирование, механическая и химическая обработка пищи и постепенная порционная эвакуация содержимого желудка в кишечник. Пища, находясь в течение нескольких часов в желудке, набухает, разжижается, многие ее компоненты растворяются и подвергаются гидролизу ферментами слюны и желудочного сока.

Функции желудка

- **Депонирующая.** Пища находится в желудке несколько часов.
- **Секреторная.** Клетки его слизистой вырабатывают желудочный сок.
- **Моторная.** Обеспечивает перемешивание и перемещение пищевых масс в кишечник.
- **Всасывательная.** В нем всасывается небольшое количество воды, глюкозы, аминокислот, спиртов.
- **Экскреторная.** С желудочным соком в пищеварительный канал выводятся некоторые продукты обмена (мочевина, креатинин и соли тяжелых металлов).
- **Инкреторная (гормональная).** В слизистой желудка имеются клетки желудочно-кишечные гормоны - гастрин, гистамин, мотилин
- **Защитная.** Желудок является барьером для патогенной микрофлоры, а также вредных пищевых веществ (рвота).
- **Участие в гемопоэзе** (выработка внутреннего фактора Кастла – обеспечивает всасывание витамина В12).

Типы желудков

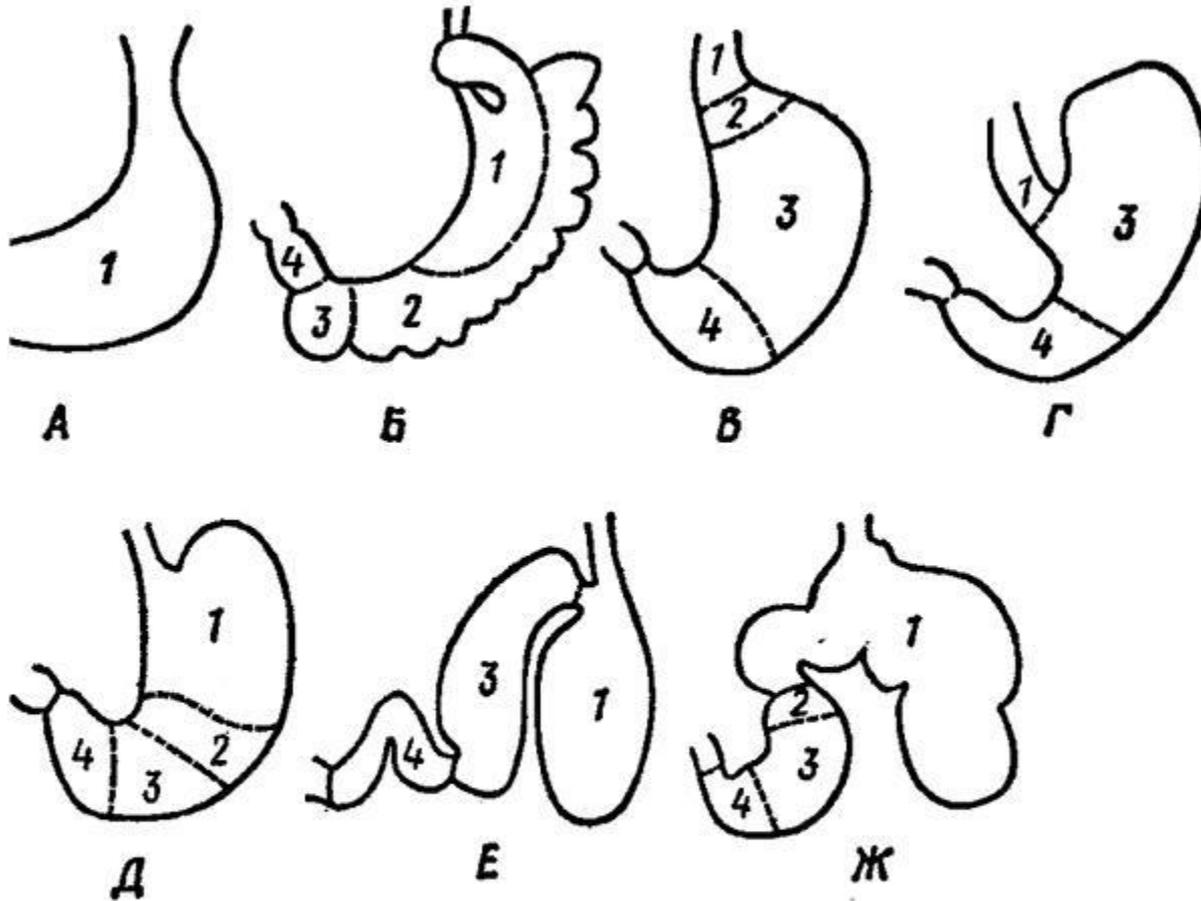


Схема строения желудков млекопитающих (по Голлей). А — ехидна; Б — кенгуру; В — человек; Г — заяц; Д — даман; Е — дельфин; Ж — бык: 1 — многослойный эпителий пищевода, 2 — однослойный эпителий с кардиальными железами, 3 — то же, с фундальными железами, 4 — то же, с пилорическими железами

- **Однокамерные простые желудки** – собака, человек.
- **Однокамерные сложные желудки** – лошадь, свинья (имеется слепой мешок, дивертикул, слизистая оболочка которого пищевода типа).
- **Многокамерные желудки** у жвачных животных (крупный рогатый скот, овцы, козы, буйволы, верблюды, северные олени и др.). У них преобладает желудочное пищеварение, и значительная часть корма переваривается без участия ферментов пищеварительных соков под влиянием ферментов микроорганизмов, населяющих пищеварительный тракт.

Стенка желудка состоит из трех слоев:

- **внутренний** - слизистая с подслизистым слоем
- **средний** - мышечный слой
- **наружный** - серозная оболочка.

Секреторные зоны желудка.

- **Кардиальная зона**, примыкающая к пищеводу с расположенными в ней кардиальными железами пищеводного типа, вырабатывающими слизистый секрет;
- **Донная (фундальная зона)**, включающая дно, тело и часть малой кривизны желудка с наличием в ней фундальных желез трех видов секреторирующих клеток: главные, пепсиновые клетки вырабатывают ферменты, обкладочные — соляную кислоту и слизистый секрет, добавочные — слизь.
- **Пилорическая зона**, прилегающая к пилорусу, содержит пилорические железы, вырабатывающие ферменты и слизь. Соляная кислота в пилорической части желудка не вырабатывается.

Ферменты желудочного сока

В желудочном соке выделено *семь видов неактивных предшественников (проферментов), находящихся в клетках желудочных желез в виде гранул пепсиногенов, объединенных под общим названием пепсины*. В полости желудка пепсиноген активируется HCl путем отщепления от него ингибирующего белкового комплекса. Пепсин действует на пептидные связи белковой молекулы и она распадается на пептоны, протеазы и пептиды.

Различают следующие основные пепсины:

пепсин А — группа ферментов, гидролизующих белки при pH 1,5–2,0;

пепсин С (желудочный катепсин) реализует свое действие при pH 3,2–3,5;

пепсин В (парапепсин, желатиназа) разжижает желатин, действует на белки соединительной ткани при pH менее 5,6;

пепсин Д (реннин, химозин) действует в присутствии ионов кальция на казеиноген молока и переводит его в казеин с образованием творожистой части и сыворотки молока.

К другим ферментам желудочного сока относятся **желудочная липаза**, расщепляющая эмульгированные жиры (жир молока) на глицерин и жирные кислоты при pH 5,9–7,9; **уреаза** расщепляет мочевины при pH 8,0 до аммиака, который нейтрализует HCl; **лизоцим (мурамидаза)** обладает антибактериальным свойством.

В желудочном пищеварении существенную роль выполняют **ферменты растительных кормов (фитоферменты)**, которые особенно большое значение имеют при гидролизе питательных веществ в желудке жвачных, лошадей и свиней

Значение соляной кислоты в пищеварении

Находясь в свободном и связанном состоянии, она выполняет большую роль в пищеварении:

- активирует пепсиноген в пепсин и создает для его действия кислую среду;
- гормон просекретин переводит в активную форму секретин, влияющий на секрецию панкреатического сока;
- декальцинирует и этим разрыхляет кости;
- денатурирует белки, в результате чего они набухают, что облегчает их гидролиз;
- действует бактерицидно на гнилостную и бродильную микрофлору;
- участвует в механизме перехода содержимого из желудка в кишечник;
- способствует створаживанию молока в желудке;
- активирует моторику желудка;
- активирует гормон прогастрин в гастрин, участвующий в регуляции желудочного соковыделения.

Желудочный сок

● **Состав желудочного сока.** Чистый желудочный сок представляет собой бесцветную, прозрачную жидкость кислой реакции (рН 0,8–1,2) с наличием небольшого количества слизи и клеток отторгнутого эпителия. Кислая реакция сока обусловлена наличием в нем соляной кислоты и других кислореагирующих соединений. В состав неорганической части сока входят минеральные вещества: неорганические ионы — катионы калия, натрия, аммония, магния, кальция, анионы хлора, небольшое количество сульфатов, фосфатов и бикарбонатов, имеющиеся в слюне. Органические вещества представлены белковыми соединениями, молочной кислотой, глюкозой, креатинфосфорной кислотой, мочевиной, мочевой кислотой. Белковые соединения — это в основном протеолитические и липолитические ферменты, из которых наиболее важную роль в желудочном пищеварении играют пепсины.

Регуляция секреции желудочного сока.

В желудочной секреции выделяют *три основные фазы:*

- *сложнорефлекторную;*
- *желудочную нервно-гуморальную;*
- *кишечную гуморальную.*

Моторная активность желудка

- Прием пищи приводит к рефлекторному расслаблению стенок желудка, что способствует депонированию пищевого кома в полости желудка и транспорту желудочного сока.
- Гладкие мышцы стенок желудка способны к спонтанной активности (автоматии). В наполненном желудке возникают два основных типа сокращений: тонические и перистальтические.
- **Тонические сокращения** появляются в виде волнообразно распространяющегося сжатия продольного и косоугольных мышечных слоев, происходит перемешивание содержимого.
- **Перистальтические сокращения** совершаются на фоне тонических в форме волнообразного перемещения кольца сужения вдоль желудка, что обеспечивает передвижение химуса.
- **Моторная активность желудка регулируется** парасимпатическими (блуждающим) и симпатическими (чревным) нервами. Блуждающий нерв, как правило, активирует ее, а чревной подавляет. Особенностью иннервации желудка (и всего желудочнокишечного тракта) является наличие в его стенке метасимпатической нервной системы (интрамуральных сплетений): межмышечного (или Ауэрбахова) сплетения, локализованного между кольцевым и продольным слоями мышц, и подслизистого (или Мейснерова) сплетения, расположенного между слизистой и серозной оболочками. Ганглии подобных интрамуральных сплетений представляют собой полностью автономные образования, имеющие собственные рефлекторные дуги и способные функционировать даже при полной децентрализации.

ЖИВОТНЫХ

У жвачных желудок сложный многокамерный, включает четыре отдела — рубец, сетку, книжку и сычуг. Первые три отдела называют преджелудками, а сычуг выполняет функцию однокамерного железистого желудка. Слизистая оболочка преджелудков покрыта плоским многослойным ороговевающим эпителием и не содержит секреторных пищеварительных желез.

В преджелудках жвачных животных созданы идеальные условия для роста, развития микроорганизмов и гидролиза питательных веществ корма под действием бактериальных энзимов:

- Регулярное поступление корма (5 – 9 раз в сутки).
- Достаточное количество жидкости (питьевая вода, слюна).
- Повторное пережевывание (жвачка) корма – это увеличивает поверхность и доступность питательных веществ корма для микроорганизмов.
- Растворимые продукты жизнедеятельности микроорганизмов легко всасываются в кровь или переводятся в другие отделы желудка, не накапливаясь в рубце.
- Слюна жвачных богата бикарбонатом; за счет нее в основном поддерживается объем жидкости, постоянство pH и ионного состава. За сутки в рубец поступает около 300 г NaHCO_3 . В ней содержится также значительное количество мочевины и аскорбиновой кислоты, имеющих важную роль для жизнедеятельности симбионтной микрофлоры.
- Постоянный газовый состав с низким содержанием кислорода.
- Температура в рубце поддерживается в пределах 38° - 42°C ; ночью она выше, чем днем.

Отделы желудка жвачных

- **Рубец - Rumen** — самая большая по объему бродильная камера преджелудков. У крупного рогатого скота емкость рубца — до 200 л, овец и коз — около 20 л. Наибольшее развитие рубца начинается после перехода молодняка к смешанному питанию с использованием грубых кормов. На слизистой оболочке рубца формируются разной величины сосочки, увеличивающие его всасывательную поверхность. Имеющиеся в рубце мощные складки разделяют его на дорзальный и вентральный мешки и слепые выступы. Эти складки и мышечные тяжи при сокращениях рубца обеспечивают сортировку и эвакуацию содержимого в ниже лежащие отделы.
- **Сетка - Reticulum** — небольшой округлой формы отдел емкостью 5 – 10 л у коров и 1,5 – 2 л у овец и коз. Сетка от преддверия рубца отделена серповидной складкой, через которую проходит только измельченное и частично обработанное содержимое рубца. На слизистой оболочке сетки расположены выступающие над ее поверхностью ячейки, сортирующие имеющееся там содержимое. Поэтому сетку следует рассматривать как сортировочный орган. Мелкие, обработанные частицы сокращениями сетки поступают в следующие отделы желудка, а более крупные переходят в рубец для их дальнейшей обработки.
- **Книжка - Omasum** - слизистая оболочка образует разной величины (большие, средние, малые) листки, между которыми задерживаются более крупные частицы корма для дополнительного измельчения, а разжиженная часть содержимого переходит в сычуг. Таким образом, книжка является своеобразным фильтром. В книжке, хотя и в меньшей степени, чем в рубце и сетке продолжаются процессы гидролиза питательных веществ ферментами микроорганизмов. В ней активно всасываются 50% поступившей воды и минеральных веществ, аммиак и 80 – 90% ЛЖК.
- **Сычуг - Abomasum** - Слизистая оболочка сычуга содержит железы, вырабатывающие сычужный сок. За сутки образуется: у коров — 40 - 80 л, у телок и бычков — 30 - 40, у взрослых овец — 4 - 11 л. сычужного сока рН которого колеблется от 0,97 до 2,2. Как и у животных с однокамерным желудком, наиболее важные составляющие сычужного сока — это ферменты (пепсин, химозин, липаза) и соляная кислота. Одна из существенных особенностей сычужного пищеварения — непрерывная секреция сычужного сока в связи с постоянным поступлением в сычуг однородной массы из преджелудков.

Значение микроорганизмов в пищеварении жвачных животных

1. Возможность получения энергии из сложных углеводов, содержащихся в клетчатке и в волокнистых структурах растений.

2. Возможность компенсации белковой и азотной недостаточности. Микроорганизмы рубца обладают способностью использовать небелковый азот для образования белка собственных клеток, который затем используется для образования животного белка.

3. Синтез витаминов группы В и витамина К.

● **Микрофлора** представлена грамположительными и грамотрицательными бактериями, по типу дыхания - анаэробы (около 150 видов). По участию в процессах пищеварения и по используемому субстрату можно выделить группы целлюлозолитических, протеолитических и липолитических бактерий. Симбионтные взаимоотношения разных видов бактерий позволяют им кооперироваться в использовании метаболитов одних видов бактериями другого вида. По образу и месту жительства различают бактерии, связанные со стенкой рубца, располагающиеся на поверхности ее слизистой оболочки, бактерии, фиксирующиеся на поверхности твердых частиц корма и бактерии, свободноживущие в рубцовом содержимом.

● **Микрофауна (простейшие)** представлены разнообразными (около 50 видов) инфузориями (класс реснитчатых). Некоторые авторы выделяют до 120 видов рубцовых простейших, в том числе у крупного рогатого скота — 60, у овец и коз — до 30 видов. Но у одного животного одновременно может быть 14–16 видов. Инфузории быстро размножаются и за сутки могут давать до пяти поколений. Видовой состав и количество инфузорий так же, как и бактерий, зависит от состава рациона и реакции среды содержимого рубца.

Пищеварение в кишечнике

- Поступающее небольшими порциями из желудка в кишечник содержимое подвергается в нем дальнейшим процессам гидролиза под действием секретов поджелудочной железы, кишечника и желчи.
- Наибольшее значение в кишечном пищеварении имеет сок поджелудочной железы.
- Химус – жидкая гомогенная кишечная масса корма, разбавленная пищеварительными соками, составляющими основную массу (около 75 %) химуса.

железы

- Внешнесекреторная (экзокринная) функция поджелудочной железы заключается в выработке поджелудочного сока, который через 1–2 протока поступает в просвет двенадцатиперстной кишки.
- *Поджелудочный сок* — бесцветная прозрачная жидкость щелочной реакции (рН 7,5–8,5), плотность 1,008 – 1,010. Неорганическая часть сока представлена солями натрия, кальция, калия, карбонатами, хлоридами и др. (0,8 – 0,9%). В состав органических веществ входят ферменты для гидролиза белков, жиров и углеводов и многообразные другие вещества. Количество выделяемого за сутки поджелудочного сока в среднем составляет у жвачных 6 - 7 л, у свиней 8 л, у лошади 7,5 – 8,5 л, у овцы 0,5 – 0,6 л, у собаки 200 - 300 мл, у человека около 1 л.
- В поджелудочном соке содержатся ферменты, действующие на все группы питательных веществ: протеолитические, амилалитические и липолитические.

ЖЕЛЕЗЫ

- *Трипсин* — основной протеолитический фермент поджелудочного сока. Первоначально выделяется в виде неактивного профермента трипсиногена, который активируется ферментом, вырабатываемым слизистой оболочкой двенадцатиперстной кишки, — энтеропептидазой (энтерокиназой). Трипсин активен в щелочной среде, гидролизует белки и их промежуточные соединения — альбумозы и пептоны — до полипептидов, дипептидов и даже аминокислот.
- *Химотрипсин* выделяется также в неактивном состоянии в виде химотрипсиногена и активируется трипсином; расщепляет белки преимущественно после их обработки пепсином и трипсином.
- *Панкреатопептидаза (эластаза)* осуществляет гидролиз специфических белков соединительной ткани и мукополисахаридов, расщепляя их на пептиды и аминокислоты.
- *Карбоксипептидаза* отщепляет от пептидов свободные аминокислоты со стороны карбоксильной группы.
- *Дезоксирибонуклеаза, рибонуклеаза* осуществляют гидролиз нуклеиновых кислот.

Группа амилолитических ферментов представлена:

- 1) *амилазой*, расщепляющей крахмал и гликоген до мальтозы;
- 2) *глюкозидазой*, расщепляющей мальтозу на две молекулы глюкозы;
- 3) *галактозидазой*, расщепляющей молочный сахар на глюкозу и галактозу;
- 4) *фруктофуридазой*, расщепляющей сахарозу на глюкозу и фруктозу.

- *Липаза* — липолитический фермент поджелудочного сока. Обладает широким диапазоном действия на жиры, расщепляя их на глицерин и жирные кислоты. Растворяется в воде и действует на жиры только на границе раздела вода — жир. Липаза активируется ионами кальция и желчными кислотами.

Желчь, ее состав и значение

- Желчь является секретом и экскретом гепатоцитов (клетки печеночной паренхимы).
- У травоядных животных желчь зеленого цвета, а у плотоядных — красно-желтого. Различают *печеночную желчь*, находящуюся в желчных протоках с плотностью 1,010–1,015 и рН 7,5–8,0 и *пузырную желчь*, которая в следствие всасывания в желчном пузыре части воды приобретает более темный цвет, плотность ее достигает 1,026–1,048 и рН 6,5–5,5.
- В состав пузырной желчи входят 80–86% воды, холестерин, нейтральные жиры, мочевины, мочевая кислота, аминокислоты, витамины А, В, С, небольшое количество ферментов — амилаза, фосфатаза, протеаза и др. Минеральная часть представлена теми же элементами, что и другие пищеварительные соки. Желчные пигменты (билирубин и биливердин) являются продуктами превращений гемоглобина при распаде эритроцитов. Они и придают желчи соответствующую окраску. В желчи плотоядных больше билирубина, а травоядных — биливердина.
- Истинным секретом гепатоцитов являются желчные кислоты — холевая, дезоксихолевая, литохолевая.
- Желчь секретируется непрерывно и поступает в желчные протоки и желчный пузырь. У лошадей, верблюдов желчный пузырь отсутствует, и желчь накапливается в крупных протоках. У сельскохозяйственных животных желчь выделяется в кишечник непрерывно, но неравномерно.

Значение желчи

- Эмульгирует жиры, превращая их в мелкодисперстную систему, и этим создает благоприятные условия для их гидролиза.
- Обеспечивает всасывание жирных кислот. В кишечнике желчные кислоты соединяются с жирными кислотами, образуя так называемые мицеллы, в составе которых жиры поступают в эпителиоциты кишечника.
- Участвует в нейтрализации HCl и этим прекращает функцию пепсина, а создает условия для действия трипсина.
- Усиливает гидролиз белков и углеводов за счет активирования протео- и амилалитических ферментов.
- Активизирует моторику желудка и кишечника, секрецию поджелудочного, кишечного соков, желудочной слизи.
- Оказывает бактериостатическое действие на гнилостную микрофлору.
- Желчь способствует всасыванию жирорастворимых витаминов – А, Д, Е, К.

желез

Тонкий отдел кишечника (двенадцатиперстная, тощая, подвздошная) у травоядных животных имеет огромную протяженность. У коров его длина 40 – 49 м, у овец и коз 24 – 26 м, у лошади и свиньи до 20 м. Кишечный сок вырабатывается бруннеровыми, либеркюновыми железами и бокаловидными клетками слизистой оболочки тонкого кишечника (на 1 см² слизистой оболочки приходится 8000 – 10 000 кишечных желез). Сок представляет собой мутную, вязкую жидкость специфического запаха, состоящую из плотной и жидкой частей. Образование плотной части сока происходит морфонекротическим (голокриновым) типом секреции, связанным с отторжением, слущиванием кишечного эпителия и оседанием слизистых комочков на которых адсорбировано 70 – 80% ферментов. Жидкая часть сока образуется водными растворами органических и неорганических веществ. Плотность кишечного сока 1,005 – 1,015, рН 7,4 – 8,7.

Протеолитические ферменты.

Энтеропептидаза (энтерокиназа) продуцируется в начальной части тонкого отдела кишечника. Она гидролизует трипсиноген и прокарбоксипептидазу, превращая их в активные ферменты. Действие ее на другие белки ограничено вследствие высокой специфичности.

Аминопептидаза, аминоди- и аминотрипептидаза (эрипсины) расщепляют в основном пептиды, образующиеся после действия пепсина и трипсина. Пептидазы расщепляют пептиды до свободных аминокислот. Кишечный сок гидролизует нативные белки, за исключением казеина.

Щелочная фосфатаза принимает участие в отщеплении фосфатидов от различных соединений и фосфорилировании углеводов, аминокислот и липидов, обеспечивая их транспорт через клеточные мембраны..

В кишечном соке имеются все ферменты, действующие на углеводы. Но особенно высока активность ферментов, расщепляющих дисахариды: *глюкозидазы, фруктофуридазы, галактозидазы*. Кишечная *липаза* расщепляет жиры, но ее содержание в кишечном соке незначительно. *Фосфолипаза* действует на эфирные связи в фосфолипидах, расщепляя их на жирные кислоты, глицерин и фосфаты.

Мембранное пищеварение

● **Мембранному пищеварению** способствует структура слизистой оболочки кишечника, это складки слизистой и многочисленные ворсинки пальцевидной формы. Каждая ворсинка имеет свой сосудистый, мышечный и нервный аппарат. Во время пищеварения ворсинки ритмично сокращаются и расслабляются, что способствует всасыванию, микроциркуляции и продвижению питательных веществ. Движение ворсинок регулируют подслизистое нервное сплетение и гормон вилликинин. Поверхность кишечных ворсинок покрывают энтероциты апикальная часть которых имеет огромное количество микроворсинок (от 3000 – 4000 штук на каждую клетку), образующих своеобразную щеточную кайму. Это увеличивает рабочую поверхность слизистой кишечника более чем в 100 раз. Слизь, выделяемая бокаловидными клетками, создает на поверхности щеточной каймы мукополисахаридную сеть (скопление нитей) — гликокаликс, который выполняет роль межмолекулярного фильтра и препятствует проникновению в просвет между ворсинками крупных молекул питательных веществ, токсинов и микробов. Поэтому мембранный гидролиз происходит в стерильных условиях. Ферменты, осуществляющие мембранный гидролиз, либо адсорбируются из химуса, это ферменты поджелудочного сока (α-амилаза, липаза, трипсин), либо синтезируются в кишечных энтероцитах и фиксируются на мембранах микроворсинок, находясь с ними в структурно связанном состоянии и выполняющих роль катализатора. Таким образом, пристеночное пищеварение является заключительным этапом гидролиза питательных веществ и начальным этапом их всасывания через мембраны эпителиоцитов.

Всасывание

● **Всасывание (ресорбция)** — это физиологический процесс переноса продуктов гидролиза корма, витаминов, минеральных веществ и воды из просвета ЖКТ во внутреннюю среду организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость).

● Всасывание происходит во всех отделах пищеварительного тракта, но интенсивность этого процесса в различных отделах не одинакова.

● Так, **в ротовой полости** всасывание незначительно вследствие кратковременного пребывания здесь пищи и малого количества в ней готовых к данному процессу веществ. Однако растворенные вещества могут легко диффундировать через мембраны вкусовых луковиц, что дает ощущение вкуса принимаемого корма. Нерастворимые вещества вкуса не имеют.

● **В желудке** всасывание питательных веществ ограничено. Здесь всасывается вода, алкоголь, небольшое количество минеральных веществ и моносахаридов. Однако объем всосавшихся веществ не превышает количество образовавшегося желудочного сока.

● **В преджелудках жвачных** всасывание происходит весьма энергично. Этому способствует многослойный эпителий, многочисленные сосочки, сеточки слизистой и обильная васкуляризация стенки преджелудков. В многокамерном желудке интенсивно всасываются летучие жирные кислоты (ЛЖК), аммиак, мочевины, водорастворимые витамины и минеральные вещества. При интенсивном газообразовании за одну минуту из рубца может всасываться до 1 литра углекислого газа, который затем выделяется через легкие.

● Основным отделом пищеварительного тракта, где всасываются вода, минеральные соли, витамины и продукты гидролиза веществ, является **тонкий отдел кишечника**. Это обусловлено морфофункциональными особенностями слизистой оболочки кишечника, высокой удельной поверхностью и наличием в его содержимом большого количества конечных продуктов гидролиза и воды.

Механизмы всасывания

Различают два основных способа транспортировки (всасывания) веществ в эпителиальные клетки слизистой оболочки кишечника — через клетку (**трансцеллюлярный**) и по межклеточным пространствам (**парацеллюлярный**). Посредством последнего переносится небольшое количество веществ, макромолекул (антител, аллергенов и др.)

Основным способом переноса веществ является **трансцеллюлярный**, который осуществляется посредством двух основных механизмов — трансмембранного переноса и эндоцитоза. **Эндоцитоз (пиноцитоз)** — это транспорт с помощью образования эндоцитозных (пиноцитозных) инвагинаций апикальной мембраны микроворсинок энтероцита. В результате этого процесса в цитоплазме энтероцита образуются многочисленные везикулы — пузырьки, содержащие те или иные вещества. **Трансмембранный перенос** может осуществляться с помощью пассивного и активного транспорта. **Пассивный транспорт** осуществляется по градиенту концентрации и не требует затрат энергии (**диффузия, осмос и фильтрация**). **Активный транспорт** — это перенос веществ через мембраны против концентрационного градиента с затратой энергии и при участии специальных **транспортных систем — мембранных переносчиков и транспортных каналов**.

кишечника

- **К толстому кишечнику относятся слепая, ободочная и прямая кишки.** Химус тонкого кишечника каждые 30–60 с небольшими порциями через илеоцекальный сфинктер поступает в толстый отдел. В слизистой оболочке толстого кишечника нет ворсинок и щеточной каймы, имеется большое количество бокаловидных энтероцитов, клеток, вырабатывающих слизь. Слизистая содержит много складок и крипт, в которые открываются протоки кишечных желез. Сок выделяется непрерывно под влиянием механических и химических раздражений слизистой оболочки и имеет щелочную реакцию (рН 7,6 – 9,0). В соке толстого кишечника в небольшом количестве содержатся пептидазы, амилаза, липаза, нуклеаза. Энтеропептидаза и сахараза отсутствуют.
- Гидролиз питательных веществ осуществляется как за счет своих ферментов, так и энзимов, приносимых сюда с содержимым тонкого отдела кишечника. Особенно большое значение в пищеварительных процессах толстого кишечника принимает микрофлора, которая находит здесь благоприятные условия для своего обильного размножения. В 1г содержимого находится до 15 млрд. микроорганизмов. Основную массу микрофлоры составляют облигатные (т. е. характерные для данного вида) анаэробы и только 10 – 15% представлены кишечной палочкой, лактобациллами, энтерококками и др.

Кишечная гормональная система

Тонкий кишечник выполняет еще и роль кишечной гормональной системы. Физиологическое предназначение кишечной гормональной системы (КГС) - регулировать деятельность желудочно-кишечного тракта, обеспечивать не только более эффективную переработку пищевых веществ в желудочно-кишечном тракте, но и оптимальную ассимиляцию этих веществ в тканях и клетках внутренней среды.

Гормоны кишечной гормональной системы (КГС).

1. **Секретин** - стимулирует секрецию жидкой части панкреатического сока.
2. **Холецистокинин** (панкреозимин) - сильно стимулирует секрецию ферментов поджелудочной железы и сокращение желчного пузыря, а также моторику кишечника.
3. **Гастрин** – стимулирует желудочную секрецию и моторику желудка.
4. **Гастрон** - тормозит секрецию соляной кислоты, снижает объем желудочной секреции.
5. **Вилликинин** - стимулирует сокращение ворсинок тонкого кишечника.
6. **Дуокринин** - фактор, стимулирующий выделение секрета бруннеровыми железами 12-перстной кишки.
7. **Энтерogaстрон** – фактор образуется в процессе питания жирной пищей и тормозит секрецию соляной кислоты желудком и угнетает его двигательную активность.
8. **Мотилин** - стимулирует моторику желудка.
9. **Вазоактивный интестинальный пептид (ВИП)** – повышает кровоток в пищеварительном тракте, расслабляет сфинктеры.

(моторика)

- Моторика кишечника обеспечивает перемешивание его содержимого с пищеварительными соками и соприкосновение большей части химуса со слизистой оболочкой, благодаря чему создаются лучшие условия для полостного, мембранного гидролиза питательных веществ и их всасывания.
- Моторика кишечника, кроме того, обеспечивает передвижение содержимого в аборальном направлении, отмывание питательных веществ, дробление и разминание содержимого, отжатие газов.
- В кишечнике различают четыре основных *типа сокращений*:
- *Ритмическая сегментация* возникает вследствие ритмического чередования (8–10 раз в мин) участков сокращения кольцевых мышц с участками расслабления между ними. В следующий момент ранее сокращенные кольцевые мышцы расслабляются, а перетяжки образуются на соседних участках.
- *Перистальтические сокращения* характеризуются образованием перетяжки, расположенной выше отдельной порции химуса, и волнообразным ее распространением в аборальном направлении при одновременном перемешивании и продвижении химуса. В кишечнике могут возникать волны различной силы и распространяться на разные расстояния по кишечнику.
- *Маятникообразные движения* осуществляются за счет сокращения кольцевого и продольного слоев мышц, обеспечивающих колебание участка кишечной стенки вперед и назад, что совместно с ритмической сегментацией создает хорошие условия для перемешивания химуса.
- *Тонические сокращения* характеризуются длительным тонусом гладких мышц кишки, на их фоне происходят и другие виды сокращений кишечника.

Дефекация

- *Дефекация* — это сложнорефлекторный акт удаления, опорожнения нижних отделов толстого кишечника от непереваренных остатков (фекальные массы). Заполнение прямой кишки каловыми массами повышает давление (50 – 60 мм. рт. ст.) и вызывает растяжение ее стенок. Возникшие при этом импульсы возбуждения по афферентным нервным путям передаются в спинномозговой центр (пояснично-крестцовый отдел) дефекации, оттуда по эфферентным парасимпатическим путям идут к сфинктерам, которые расслабляются при одновременном усилении моторики прямой кишки, сокращения диафрагмы и мышц живота и осуществляется акт дефекации.

ПТИЦ

● **Пищеварительная система у птиц имеет целый ряд морфофункциональных особенностей:**

- а) отсутствие зубов, наличие клюва. У зерноядных птиц клюв острый, короткий, приспособленный для склевывания и дробления твердого корма у водоплавающей птицы он широкий с ороговевшим выступом и насечками, служащими для отрывания травы и отцеживания воды;
- б) наличие зоба – расширенной части пищевода;
- в) наличие двухкамерного желудка с железистым и мышечным отделами;
- г) относительно короткий тонкий кишечник;
- д) хорошо развитые печень и поджелудочная железа, имеющие по 2 – 3 протока;
- е) наличие двух слепых кишок и клоаки, в которую открываются пищеварительный, половой и мочевой пути.

ПТИЦ

- *Изо рта корм поступает в зоб.* Слизистая зоба не содержит желез, секретирующих ферменты, но имеются альвеолярно-трубчатые железы, выделяющие слизь. В зобе корм набухает, размягчается, и подвергается гидролизу с помощью ферментов кормов, симбионтной микрофлоры и слюны.
- *Желудок птиц* состоит из двух отделов — железистого и мышечного. Первый – больше развит у хищных птиц, второй — у зерноядных. Железистый желудок по функции напоминает простой желудок млекопитающих, а мышечный служит специализированным органом для перетирания корма. Желудочный сок птиц имеет кислую реакцию и содержит свободную соляную кислоту (0,2 – 0,5%), муцин, пепсин. Кроме него, в желудочном соке птиц есть еще две протеиназы — желатиназа и гастринсин.
- у птиц осуществляются все три фазы желудочной секреции: сложнорефлекторная, гуморальная и кишечная. Мышечный желудок – орган дискообразной формы, соединенный с железистым коротким перешейком. Характерной особенностью мышечного желудка является твердая ороговевшая складчатая оболочка, называемая кутикулой.
- *Кишечное пищеварение.* Содержимое желудка отдельными мелкими порциями (у уток) или сплошной массой (у гусей) переходит в двенадцатиперстную кишку. У птиц относительная масса поджелудочной железы значительно больше, чем у млекопитающих, что, по видимому, связано с ее интенсивной секреторной деятельностью.
- *Печень у птиц* большая, и соответственно этому образуется и выводится больше желчи по отношению к их массе, чем у млекопитающих. Так, у кур на 1 кг массы тела в сутки отделяется в среднем 37 мл желчи, у собаки— 10, у лошади— 10 - 12, у коровы — 5 - 15 мл. Отделение желчи у птиц происходит постоянно.
- *В слепые кишки* поступает только часть химуса, в основном жидкая, с примесью мелких частиц корма. В слепых кишках под действием микроорганизмов расщепляются белки, жиры и углеводы, включая клетчатку и происходит синтез витаминов группы В. Движения кишечника: у птиц наряду с перистальтическими происходят и антиперистальтические сокращения. В результате этого содержимое передвигается по кишечнику назад и вперед и забрасывается в желудок. Толстая кишка заканчивается расширенным отделом — клоакой. В ее полость открываются два мочеточника и выводные отверстия половых органов — спермиопроводы или яйцеводы. В клоаке происходит формирование кала. У птиц он полужидкий (74 % воды), выделяется вместе с мочой.

Спасибо за внимание!
