

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

Кафедра нормальной и патологической морфологии  
и физиологии животных

Овсеенко Ю.В., Горшкова Е.В.

# **ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ**

**Раздел: Пищеварение**



Методические указания для студентов 2-го курса  
института ветеринарной медицины и биотехнологии  
по специальности 36.05.01 Ветеринария  
очной и заочной формы обучения

Брянская область, 2022

УДК 636:612.3 (076)

ББК 28.673

О 34

Овсеенко, Ю. В. Физиология животных. Раздел: Пищеварение: методические указания для студентов 2-го курса института ветеринарной медицины и биотехнологии по специальности 36.05.01 Ветеринария очной и заочной формы обучения / Ю.В. Овсеенко, Горшкова Е.В. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 38 с.

Методические указания содержат краткий теоретический материал по теме «Пищеварение» и 13 лабораторных работ, согласно рабочей программе дисциплины, актуализированной в соответствии с ФГОС ВО специальности 36.05.01 Ветеринария, утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 22 сентября 2017 г. № 974.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины: ОПК-1; ПКС-2.

Предлагаемое пособие позволит студентам очной и заочной форм обучения более тщательно подготовиться к занятиям, коллоквиуму, зачету и экзамену, а в дальнейшем поможет в изучении клинических ветеринарных дисциплин.

**Рецензент:** доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ВЭС, кандидат биологических наук, доцент Е.А. Кривопушкина.

*Рекомендовано к изданию методической комиссии института ветеринарной медицины и биотехнологии Брянского ГАУ, протокол №6 от 10.02.2022 г.*

© Брянский ГАУ, 2022

© Овсеенко Ю.В., 2022

© Горшкова Е.В., 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| I. Пищеварение в полости рта       | стр.<br>4 |
| II. Пищеварение в желудке          | 10        |
| III. Пищеварение в желудке жвачных | 16        |
| IV. Пищеварение в кишечнике        | 24        |
| V. Особенности пищеварения у птиц  | 33        |

## Пищеварение

**Пищеварение** - процесс расщепления сложных органических соединений (белков, жиров и углеводов) до простых, лишенных видовой специфичности и способных к всасыванию и использованию организмом.

Витамины и минеральные вещества усваиваются организмом в нативном (лат. *nativus* врожденный, неизменный) виде.

В процессе пищеварения происходит механическая обработка пищи (изменение размеров, плотности, консистенции), физико-химическая (набухание, растворение под действием желчи, HCl) и химическая - ферментативный гидролиз сложных органических соединений - полимеров (белков, жиров, углеводов) до простых - мономеров (аминокислот, глицерина, жирных кислот, моносахаридов).

Ферменты образуются в секреторных клетках пищеварительных желез и поступают в полость пищеварительного тракта в составе слюны, желудочного, поджелудочного и кишечного соков.

### I. Пищеварение в полости рта

Пищеварение в ротовой полости включает прием корма, собственно пищеварение и глотание. В ротовой полости осуществляется апробация и механическая обработка принятого корма, смачивание слюной, формирование пищевого кома, начальные этапы гидролиза углеводов и проглатывание.

При участии вкусовых рецепторов полости рта происходит оценка пищевых качеств корма, первичная механическая обработка, начальный ферментативный гидролиз углеводов, формирование пищевого кома и его проглатывание.

В захватывании пищи участвуют губы, зубы, язык. Хищники захватывают пищу зубами (резцами и клыками), откусывая, рвут ее, обычно не пережевывают.

Лошади захватывают траву преимущественно губами и резцами, движением головы вниз или в сторону обрывают, сено или зерно захватывают губами и отчасти языком.

Коровы захватывают траву языком, который покрыт острыми ороговевшими сосочками.

Овцы захватывают корм хорошо подвижными губами, главным образом верхней, отрезая резцами нижней челюсти. У свиней в приеме корма принимает участие язык, а для откусывания травы на пастбище служат резцы.

Лошади и свиньи жуют пищу после ее приема долго и тщательно. На каждую порцию лошади затрачивают 30-50 жевательных движений, свиньи 30-35.

Жвачные животные при первичном приеме корма лишь слегка пережевывают его. Обычно корова совершает 15-30 жевательных движений, овцы 5-10.

Глотание - акт рефлекторный. При касании пищевым комом корня языка или глотки раздражаются рецепторы, от которых по языкоглоточному нерву импульсы поступают к центру глотания (продолговатый мозг). От данного центра эфферентные импульсы (по волокнам подъязычных, тройничных, языкоглоточных и блуждающих нервов) поступают к мышцам полости рта, глотки,

гортани, пищевода. При глотании мягкое нёбо, поднимаясь, прикрывает вход в носоглотку (хоаны), а надгортанник (под давлением корня языка) перекрывает вход в гортань.

Слизистая оболочка образована многослойным не ороговевающим эпителием.

В полость рта открываются протоки крупных парных околоушных (серозных), подчелюстных и подъязычных (серозно-слизистых) слюнных желёз. Слизистые железы выделяют слюну, содержащую слизистое вещество - муцин.

В слизистой ротовой полости имеются мелкие (пристенные) железы (губные, щёчные, нёбные, язычные, дёсенные).

Крупные слюнные железы секретируют слюну при действии условных и безусловных пищевых раздражителей.

Мелкие слюнные железы вырабатывают слюну постоянно, увлажняя слизистую оболочку ротовой полости.

**Саливация** (секреторная деятельность слюнных желез) играет важную роль в процессе пищеварения, поддержании гомеостаза, осуществлении выделительной и защитной функций.

Рецепторы слизистой оболочки полости рта (вкусовые, тактильные, температурные, болевые) воспринимают соответствующие раздражения и по чувствительным волокнам черепно-мозговых нервов (тройничного, языкоглоточного нервов, и верхней ветви блуждающего нерва) передают импульсы в продолговатый мозг, затем в гипоталамус и кору больших полушарий, в результате чего возникают вкусовые ощущения.

От слюноотделительного центра продолговатого мозга начинается парасимпатическая иннервация слюнных желез. Парасимпатические волокна языкоглоточного нерва (IX пара) иннервируют околоушные железы и лицевого нервов (VII пара) - подчелюстные и подъязычные железы. Под действием парасимпатической нервной системы выделяется большое количество жидкой (с низким содержанием органических соединений) слюны.

Центры симпатической иннервации слюнных желез находятся в боковых рогах спинного мозга на уровне 2-6 грудных сегментов, от них идут преганглионарные волокна к передним симпатическим узлам, от которых идут постганглионарные волокна к слюнным железам. Раздражение симпатических волокон вызывает снижение секреции. Слюна выделяется густая с высоким содержанием органических веществ.

Вид, запах пищи могут вызвать условно-рефлекторное слюноотделение.

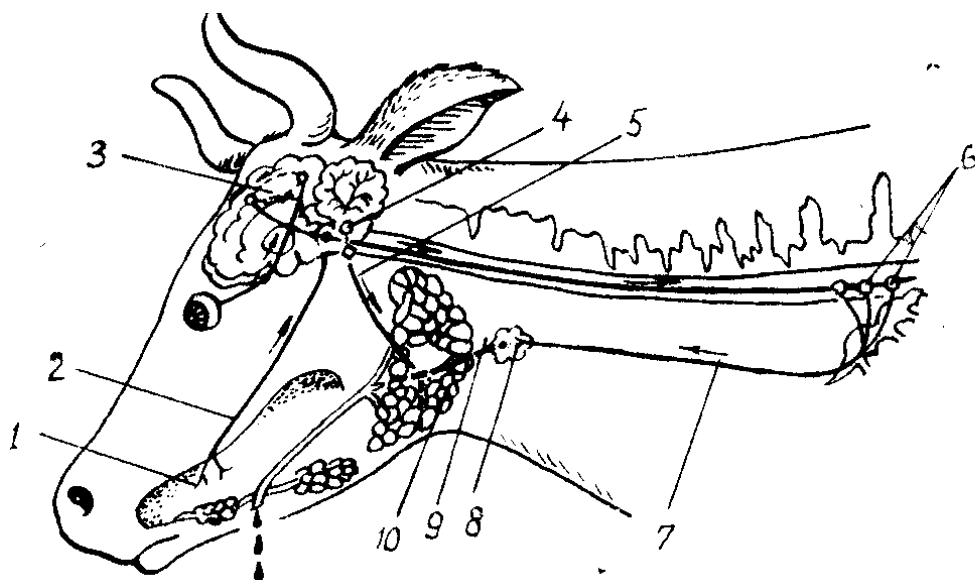


Рис. 1. Иннервация слюнных желез

1-рецепторы; 2- афферентные нервы; 3 - пищевой центр коры больших полушарий; 4 - слюноотделительный центр продолговатого мозга; 5-парасимпатические волокна; 6 - центры симпатической иннервации слюнных желез; 7- преганглионарные симпатические волокна; 8- шейный ганглий; 9-постгангионарные симпатические волокна; 10- околоушная слюнная железа.

На секрецию и состав слюны влияют некоторые гормоны, например, адреналин, тормозит секрецию, альдостерон способствует увеличению секреции слюны.

Поскольку пища пребывает в ротовой полости не продолжительное время, глюкозы образуется небольшое количество. Амилаза активна при значениях рН слюны 5,4-7,8.

Количество и состав слюны зависят от свойств пищи. Так, на сухари, хлеб отделяется много жидкой слюны с большим содержанием муцина и ферментов. Жидкая пища легко проглатывается, слюны выделяется мало. Кислая пища вызывает усиленное слюноотделение с повышением секреции бикарбонатов.

**Слюна** представляет собой вязкую, бесцветную жидкость с плотностью 1,001-1,009 щелочной реакции. Она содержит 99% (98,5-99,5%) воды и 1% (0,5-1,5%) сухих веществ.

В сухом веществе слюны содержится 70% органических и 30% минеральных веществ.

В состав органических веществ слюны входят муцин (гликопротеид, обуславливающий вязкость и способствующий склеиванию пищевых частиц), лизоцим (фермент мурамидаза, обладающий бактерицидным действием (особенно много у плотоядных), ферменты ( $\alpha$ -амилаза, мальтаза ( $\alpha$ -глюкозидаза) и др.), белки плазмы, (иммуноглобулины), аминокислоты, продукты обмена белков (аммиак, мочевину, мочевую кислоту и др.).

Под действием  $\alpha$ -амилазы крахмал расщепляется до дисахаридов (мальтозы). Мальтоза под действием мальтазы ( $\alpha$ -глюкозидаза) расщепляется до глюкозы.

Минеральные вещества представлены электролитами (катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ - и анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  и др.), участвующими в поддержании кислотно-щелочного равновесия.

### **Функции слюны**

1. Размягчение корма.
2. Формирование и проглатывание пищевого кома.
3. Экстрагирование (вымывание) вкусовых веществ корма.
4. Ферментативная.
5. Бактерицидная и дезинфицирующая (лизоцим).
6. Экскреторная – выделение продуктов обмена веществ и лекарственных веществ из крови (мочевина, йодистые соединения, алкоголь и др.).
7. Защитная - освобождение от инородных не пищевых веществ.
8. Буферная (регуляция кислотно-щелочного равновесия, нейтрализует избыточную кислотность).
9. Кровоостанавливающая - содержит тромбопластические вещества.
10. Терморегуляторная.

### **Особенности слюноотделения у жвачных (корова)**

1. Обильное слюноотделение 90 -190 литров в сутки.
2. Непрерывный (спонтанный) характер секреции. Околоушные железы выделяют слюну непрерывно, увеличивая секрецию во время приема корма и жвачки.
3. Высокая щелочность (рН до 8,5) за счет большого содержания бикарбонатов (0,6 - 0,8%), что необходимо для нейтрализации кислой среды в рубце.
4. Высокое содержание мочевины (до 25 мг%).
5. Отсутствие ферментов
6. Низкое поверхностное натяжение (в 1,5 раза ниже, чем у воды), что препятствует образованию пенистой массы в рубце.
7. Наличие витамина С способствует развитию микроорганизмов-симбионтов и подавлению патогенной микрофлоры в преджелудках.

### **Особенности слюноотделения у лошади**

1. Слюна выделяется при приеме корма (только со стороны жевания).
2. Количество секретируемой слюны до 40 л.
3. Слабощелочная реакция (рН 7,55).
4. Содержание ферментов не высокое.

### **Особенности слюноотделения у свиньи**

1. Слюна выделяется при приеме корма с одинаковой интенсивностью обеими железами.
2. Количество секретируемой слюны 4-8 л (при поедании сухого корма до 12 л).
3. Слабощелочная реакция (рН 7,5- 8,4).
4. Высокая амилолитическая активность.

## Особенности слюноотделения у человека

1. Количество слюны 0,5-2 литра в сутки.
2. Реакция 6,5-7,5.
3. Подъязычные железы секретируют постоянно

## Лабораторная работа 1 Переваривание крахмала ферментами слюны

**Ход работы.** Собрать слюну, выпуская ее через воронку в пробирку, предварительно прополоскав рот. С помощью лакмусовой бумаги определить pH слюны.

Пронумеровать 5 пробирок, поставить их в штатив и поместить в каждую по 1 мл слюны по следующей схеме.

### Схема опыта

1. 1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала, 37-38°C.
2. 1 мл прокипяченной слюны + 3 мл вареного крахмала, 37-38°C.
3. 1 мл слюны + 0,5 % HCl + 3 мл вареного крахмала, 37-38°C.
4. 1 мл слюны + 3 мл сырого крахмала, 37-38°C.
5. 1 мл слюны + 3 мл охлажденного вареного крахмала, холод.

В 1 пробирку добавить 3 мл вареного крахмала.

В пробирке 2 нагреть слюну до кипения на спиртовке, охладить и добавить 3 мл вареного крахмала.

В пробирку 3 добавить несколько капель 0,5% раствора HCl до появления стойкого окрашивания лакмусовой бумаги, затем прилить 3 мл вареного крахмала.

В пробирку 4 прилить 3 мл раствора сырого крахмала.

В пробирку 5 добавить 3 мл охлажденного вареного крахмала.

Первые четыре пробирки поместить на 30 минут в термостат с температурой 37-38 °C. Пробирку 5 поместить в холодильник на 30 минут.

Через 30 минут пробирки достать из термостата и холодильника и разделить их на две части. Содержимое пробирок исследовать на наличие крахмала (добавить 2-3 капли раствора Люголя\*: при наличии крахмала раствор приобретает синий цвет) и простых сахаров (прилить 1 мл реактива Фелинга\*\*: при наличии глюкозы содержимое окрашивается в буро-красный цвет).

После проведения эксперимента необходимо отметить, в каких пробирках крахмал превратился в простые сахара (полностью или частично), в каких он остался без изменений.

\*Раствор Люголя 2% раствор KI (2 г KI + 98 мл H<sub>2</sub>O) и добавить к нему 1 г йода до появления желтого цвета.

\*\*Реактив Фелинга состоит из двух растворов, которые смешивают в равных объемах перед употреблением. Раствор №1 5 г NaOH и 17,5 г сегнетовой соли растворить в 50 мл воды. Раствор №2: 3,5 г CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O растворить в 50 мл воды.



## **Лабораторная работа 2**

### **Специфичность действия ферментов**

**Ход работы.** Пронумеровать 4 пробирки и заполнить их по следующей схеме.

#### **Схема опыта**

1. 3 мл раствора крахмала + 1 мл слюны, 37-38 °С.
2. 3 мл раствора крахмала + 1 мл вытяжки из дрожжей, 37-38°С.
3. 3 мл раствора сахарозы + 1 мл слюны, 37-38°С.
4. 3 мл раствора сахарозы + 1 мл вытяжки из дрожжей, 37-38°С.

В 1 пробирку поместить 3 мл и 0,5% раствора крахмала и добавить 1 мл слюны (содержащей амилазу и мальтазу), во вторую 3 мл 0,5% раствора крахмала и 1 мл вытяжки из дрожжей (содержащей фермент сахаразу).

В 3 пробирку поместить 3 мл раствора сахарозы и 1 мл слюны, в 4 пробирку 3 мл раствора сахарозы 1 мл вытяжки из дрожжей.

Все пробирки поместить на 30 минут в термостат при температуре 37-38°С.

После выдержки в термостате добавить в 1 и 2 пробирки по 2-3 капли раствора Люголя, который при наличии крахмала окрашивает содержимое пробирок в синий цвет.

В 3 и 4 пробирке провести пробу Троммера\* на глюкозу.

Амилаза катализирует гидролиз крахмала, но не сахарозы, а сахараза - гидролиз сахарозы, но не крахмал.

\* Проба Троммера: 3 мл 10% раствора NaOH и 5 капель 0,1% раствора CuSO<sub>4</sub> нагревают на спиртовке до кипения. При наличии глюкозы появляется желто-оранжевое окрашивание. Сахароза такой реакции не дает.

### **Контрольные вопросы**

1. Как осуществляется захватывание пищи у разных видов продуктивных животных?
2. Как осуществляется процесс глотание?
3. Что такое саливация и как осуществляется этот физиологический процесс?
4. Каковы особенности слюноотделения у жвачных?
5. Каковы особенности слюноотделения у лошади, свиньи?
6. Каковы состав и функции слюны?
7. Как определяют переваривание крахмала ферментами слюны?
8. Как определяют специфичность действия ферментов?

## II. Пищеварение в желудке

**Желудок** (гр. gaster, gastor) мускулистый мешок, находящийся между пищеводом и кишечником.

Желудок является важным органом пищеварительной системы и выполняет следующие функции:

1. Резервуарная (накопление пищевой массы).
2. Химическая (HCl) и ферментативная переработка пищи (пепсин, химозин, липаза).
3. Стерилизация пищевой массы (HCl).
4. Механическая переработка (разбавление слизью и перемешивание с желудочным соком).
5. Всасывание (вода, соли, сахар и т.д.).
6. Эндокринная (гастрин, серотонин, мотилин и др.).
7. Экскреторная (выделение из крови в полость желудка аммиака, мочевой кислоты, мочевины, креатинина и др.).
8. Выработка антианемического фактора Кастла (американский физиолог W.V. Castle), без которого невозможно всасывание витамина B<sub>12</sub>, необходимого для нормального гемопоэза.

Различают однокамерные (простые и сложные) и многокамерные желудки.

Однокамерный простой (плотоядные животные) в слизистой оболочке имеет железы, вырабатывающие желудочный сок.

Однокамерный сложный (лошади, свиньи) в слизистой оболочке имеются участки, лишенные желез.

Таблица 1 - Соотношение объемов желудка, тонкого и толстого кишечника, %.

| Отдел            | Корова | Лошадь | Свинья |
|------------------|--------|--------|--------|
| Желудок          | 70     | 10     | 30     |
| Тонкий кишечник  | 18     | 30     | 35     |
| Толстый кишечник | 12     | 60     | 35     |

### Классификация желудков

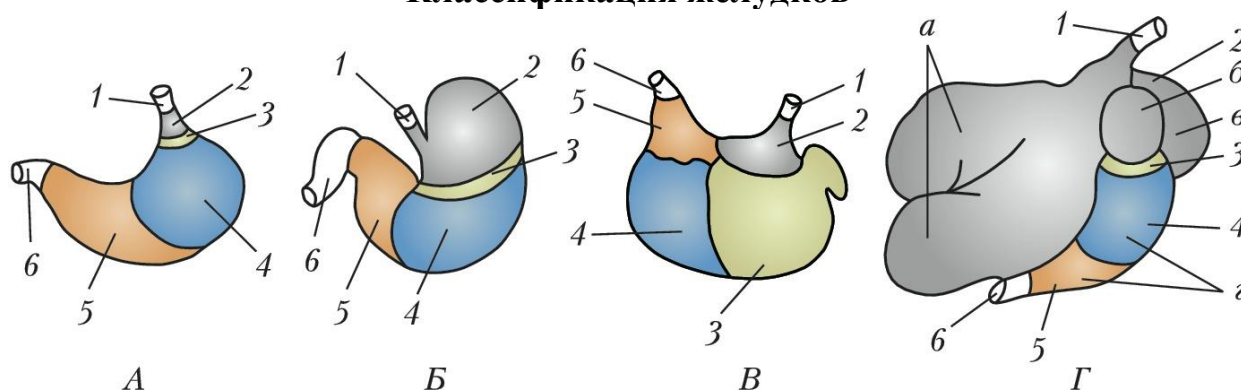


Рис. 2. Расположение железистых зон в желудках разного типа строения: А - собака, Б - лошадь, В - свинья, Г - жвачные  
1 - пищевод, 2 - безжелезистая зона, 3 - кардиальная зона, 4 - фундальная зона, 5 - пилорическая зона, 6 - 12-перстная кишка

Стенка желудка состоит из трех слоев: серозного (наружного), мышечного (среднего состоящего из продольного, кругового и косого слоя гладких мышц) и слизистого (внутреннего) слоев.

На 1 мм<sup>2</sup> желудка до 100 железистых клеток. В слизистой оболочке имеются железы, состоящие из главных, обкладочных и добавочных клеток.

Главные клетки вырабатывают ферменты, обкладочные (париетальные) соляную кислоту, добавочные слизь (рН слизи 7,8-8,4).

В кардиальной зоне (вход в желудок) имеются добавочные клетки, в фундальной (дно желудка) главные, обкладочные и добавочные, в пилорической (выход из желудка) главные и добавочные клетки.

**Желудочный сок** - бесцветная прозрачная жидкость кислой реакции (рН 0,8-1,2), содержит 99-99,2 % воды, плотность 1,006-1,009, кислотность 0,45-0,6%. Желудочный сок содержит органические и неорганические вещества. Из органических белки (ферменты), полипептиды, аминокислоты, креатин, мочевины, мочевая кислота, молочная кислота и др. Из неорганических соляная кислота, катионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ), анионы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ).

#### **Ферменты желудочного сока**

1. **Пепсин** - вырабатывается в неактивной форме в виде пепсиногена, активируется соляной кислотой (при этом происходит отщепление пептида, содержащего аргинин). Считается, что пепсиноген является смесью нескольких пептидаз, из которых образуется две группы пепсинов: пепсин-I (рН оптимум 1,8-2,2) и пепсин-II (рН оптимум 3,0-3,5). Пепсин вызывает гидролиз пептидных связей белка. При этом образуются в основном полипептиды, отчасти низкомолекулярные пептиды и небольшое количество аминокислот.

2. **Химозин** (сычужный фермент, реннин) по структуре химозин близок к пепсину-1, но в отличие от пепсина действует в слабокислой или нейтральной среде. Химозин вызывает створаживание белков молока. Под его влиянием растворимый белок молока казеиноген, в присутствии ионов  $\text{Ca}^{++}$ , переходит в нерастворимое состояние и превращается в казеин. Химозин является закваской при сыроварении.

3. **Желудочная липаза** (функционирует в основном у молодняка в подсосный период) расщепляет в основном эмульгированные жиры молока, до глицерина и высших жирных кислот в кислой среде.

4. **Желатиназа** - гидролизует белок соединительной ткани желатин.

#### **Роль HCl желудочного сока:**

1. Активирует пепсиноген.
2. Создает кислую реакцию среды, в которой активны все ферменты желудочного сока.
3. Способствует набуханию и денатурации белков.
4. Бактерицидная. Подавляет развитие микрофлоры, предотвращает гнилостные процессы в желудке.
5. Растворение некоторых минеральных веществ.
6. Способствует выработке секретина в 12-перстной кишке.

7. Обеспечивает пилорический рефлекс (раскрытие пилорического сфинктера и выход желудочного химуса в 12-перстную кишку).

### **Значение слизи**

1. Предохраняет слизистую от механических повреждений и действия протеолитических ферментов.
2. Обладает буферными свойствами.

### **Регуляция секреции желудочного сока**

Центр регуляции секреции желудочного сока расположен в продолговатом мозге. Различают нервную и гуморальную фазы регуляции секреции желудочного сока. Нервная фаза подразделяется на безусловнорефлекторную и условнорефлекторную.

**Безусловнорефлекторная** фаза происходит в результате раздражения рецепторов полости рта. По афферентным путям (язычный, языкоглоточный нерв и др.) раздражения поступают в продолговатый мозг. Из продолговатого мозга импульсы по блуждающему нерву поступают к интрамуральным ганглиям стенки желудка. Эта фаза начинается у **эзофаготомированной** (гр. oesophagos - пищевод + tome - разрез, рассечение) собаки через 5-6 минут после приема корма и длится до 40 минут. Это подтверждается опытами И.П. Павлова с эзофаготомированной собакой «мнимое кормление».

При перерезке блуждающего нерва (ваготомия анат. nervus vagus - блуждающий нерв + гр. tome - разрез, рассечение) у эзофаготомированной собаки секреция желудочного сока прекращается.

Симпатические нервы тормозят секрецию желудочного сока.

**Условнорефлекторная** фаза происходит в результате раздражения центров коры больших полушарий через зрительные, слуховые и обонятельные анализаторы. Секреция желудочного сока начинается обычно до начала приема корма. Сок, отделившийся таким путем, И.П. Павлов назвал "запальным". Продолжительность этой фазы 1-2 часа. Желудочный сок, выделяющийся в эту фазу, имеет большую кислотность и содержит большое количество протеолитических ферментов.

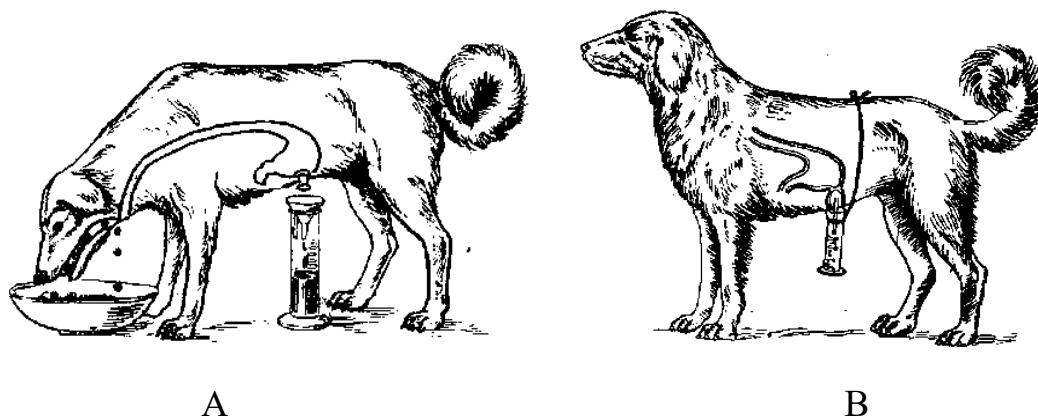


Рис. 3. А - Эзофаготомированная собака с фистулой желудка, В – собака с изолированным маленьким желудочком по И.П. Павлову

Под влиянием сильных звуковых раздражителей, болевых ощущений происходит торможение секреции желудочного сока. Это тормозящее влияние осуществляется через симпатическую нервную систему.

**Гуморальная** регуляция происходит под влиянием химических веществ корма и продуктов их расщепления. Эта фаза наступает спустя 30 минут после приема корма и продолжается более 10 часов, но протекает менее интенсивно. Доказывает наличие этой фазы опыт по введению голодной собаке крови от накормленной собаки, что вызывает секрецию желудочного сока. Введение через фистулу желудка корма вызывает секрецию желудочного сока спустя 30 минут.

При раздражении антральной части желудка (гр. antrum - полость, препилорический отдел желудка, прилегающий к сфинктеру и 12-перстной кишке) химическими веществами G клетками вырабатывается особое вещество - гастрин, стимулирующее секрецию желудочного сока.

Противоположное влияние на секрецию желудочного сока оказывает гастрон и энтерогастрон.

### **Моторика желудка**

Гладкая мускулатура желудка образует 3 слоя: продольный, круговой и косой. У входа в желудок расположен кардиальный сфинктер, а при выходе - пилорический сфинктер.

Моторика зависит от времени кормления и степени наполнения желудка. При приеме корма раздражение рецепторов пищевода вызывает рефлекторное раскрытие кардиального сфинктера и расслабление мускулатуры желудка.

Различают **тонические** и **ритмические** сокращения.

**Тонические** (длительные) вызываются сокращением мускулатуры дна желудка. В результате таких сокращений создается давление, способствующее отжиманию содержимого.

**Ритмические** (периодические) начинаются в кардиальной части и распространяются по направлению к пилорической. В кардиальной части мускулатура сокращается слабо, а в пилорической - сильно. Ритмические сокращения обусловлены сокращением круговых мышц на ограниченном участке. Ритмические сокращения способствуют пропитыванию пищи желудочным соком, ее перемешиванию и продвижению.

При приеме воды происходит сокращение косых мышц, что способствует сближению кардиальной и пилорической части желудка. Сокращения возникают в результате раздражения рецепторов желудка и 12-перстной кишки, пищей, соляной кислотой и химическими веществами, находящимися в крови.

Переход содержимого из желудка в кишечник (открытие пилорического сфинктера) происходит в результате воздействия HCl на хеморецепторы слизистой пилорической части желудка и 12-перстной кишки. При поступлении кислого химуса в пилорическую часть желудка сфинктер открывается, и часть содержимого переходит в 12-ти перстную кишку. Реакция в 12-перстной кишке становится кислой, что вызывает рефлекторное закрытие пилорического сфинктера.

### **Особенности пищеварения в желудке свиньи:**

Желудок свиньи пищевода-кишечного типа, имеет дивертикулу (безжелезистый слепой мешок - 10% от объема желудка). Кардиальная зона составляет - 40 %, фундальная - 30 % и пилорическая - 20 %.

1. Объем 6,5-9,0 л.
2. Количество сока 4,5-6,0 л в сутки.
3. Сок кардиальной зоны щелочной реакции, содержит слизь и небольшое количество пепсиногена.
4. Корм перемешивается слабо и располагается послойно.
5. В дивертикуле и верхней зоне кардиальной части желудка идет бактериальная ферментация с образованием молочной, масляной, уксусной кислоты и газов, а также расщепление крахмала за счет ферментов слюны (20 % всех углеводов расщепляется в желудке).
6. В фундальной части желудка идет гидролиз питательных веществ за счет ферментов желудочного сока.
7. Желудочный сок выделяется непрерывно.
8. Кислотность желудочного сока ниже, чем у плотоядных животных и составляет 0,35-0,45 % HCl.
9. Пилорический сфинктер замыкается не полностью.
10. Опорожнение желудка начинается через 1 час после кормления и через 4-6 часов половина корма переходит в кишечник.

### **Особенности пищеварения в желудке лошади**

Желудок лошади пищевода-кишечного типа, имеет большой безжелезистый слепой мешок - 40 % от объема желудка. Кардиальная зона составляет - 10 %, фундальная - 30 % и пилорическая - 20 %.

1. Объем желудка небольшой - 10-15 л.
2. Кардиальный сфинктер состоит из двух мощных мышечных петель. Поэтому рвоты и отхождения газов практически невозможно.
3. Корм поступает хорошо измельченный и ослюенный.
4. Корм располагается послойно.
5. Моторика желудка слабая. Содержимое желудка медленно пропитывается желудочным соком.
6. В слепом мешке идут процессы брожения с образованием молочной, уксусной, масляной кислот и газов.
7. Клетчатка в желудке практически не расщепляется (нет микрофлоры).
8. В фундальной части желудка идет гидролиз питательных веществ за счет ферментов желудочного сока.
9. Секретция желудочного сока идет непрерывно (возрастающая после приема корма).
10. Низкая концентрация HCl 0,24% HCl.
11. Вода поступает в кишечник (по малой кривизне желудка).

### Лабораторная работа 3. Действие ферментов желудочного сока на белок

**Ход работы.** Пронумеровать пять пробирок поставить их в штатив и заполнить по следующей схеме.

#### Схема опыта

1. 3 мл желудочного сока + белок, 37-38°C.
2. 3 мл прокипяченного желудочного сока + белок, 37-38°C.
3. 3 мл желудочного сока + 0,5% раствора + NaOH белок, 37-38°C.
4. 3 мл желудочного сока + белок, холод.
5. 0,5 % раствора HCl + белок, 37-38°C.

В первые четыре пробирки налить по 3 мл желудочного сока. В пробирке №2 желудочный сок предварительно прокипятить. В пробирку 5 поместить 3 мл 0,5 % раствора HCl. В пробирку № 3 добавить 1,0 мл 0,5% раствора NaOH. Во все пробирки добавить небольшое количество хлопьев вареного ячного белка\* (или фибрина). Пробирки на 30-40 минут поместить в термостат при 37-38°C, а пробирку № 4 в стакан со льдом.

Через 30-40 минут рассмотреть содержимое и отметить, какие изменения произошли с белком.

В первой пробирке белок исчез полностью.

Во второй пробирке остался без изменения, так как фермент был разрушен кипячением.

В третьей пробирке белок остался без изменения, так как в щелочной среде происходит инактивация пепсина.

В четвертой пробирке так же переваривания не наблюдают, так как не соблюдались оптимальные температурные условия.

В пятой пробирке белок набух.

Анализ продуктов гидролиза белка можно провести с помощью биуретовой реакции\*\*. К содержимому пробирок добавляют 1 мл 10% раствора NaOH и 3-4 капли 1% раствора CuSO<sub>4</sub>. При наличии пептидов появляется розовое окрашивание, а при наличии белка – фиолетовое.

На основании результатов опыта сделать вывод о значении пепсина и соляной кислоты в переваривании белков.

\* Для приготовления хлопьев белка куриного яйца залить белок 100 мл дистиллированной воды и добавить 1/3 чайной ложки NaCl. Содержимое тщательно перемешать и профильтровать через тонкий слой ваты. Нагревая белок до 73°C, вызвать денатурацию.

\*\*Биуретовая реакция 1 мл 10% раствора гидроксида натрия (NaOH) и 3-4 капли 1% раствора сульфата меди (CuSO<sub>4</sub>).

### Лабораторная работа 4. Определение кислотности желудочного сока

**Ход работы.** В колбу набрать 5 мл исследуемого желудочного сока и внести 2-3 капли диметиламиноазобензола и 1-2 капли фенолфталеина (появляется красное окрашивание).

Титровать 0,1 н раствором едкого натра (NaOH) до появления розово-желтого окрашивания, что будет соответствовать содержанию свободной соляной кислоты, продолжать титровать по каплям до появления розового окрашивания, что будет соответствовать количеству связанной соляной кислоты.

Пример расчета. До появления розово-желтого окрашивания пошло 1,5 мл 0,1н NaOH (на титрование 100 мл исследуемого сока должно быть израсходовано в 20 раз больше, т.е. 30 мл). Поскольку растворы одинаковой концентрации (нормальности) вступают в реакцию в одинаковых объемах можно рассчитать количество HCl.

Содержание свободной HCl будет равно  $30 \text{ мл} \cdot 0,00365^* = 0,1095 \text{ г}$  (или  $\approx 0,1\%$  HCl). Аналогичным образом рассчитать и общую кислотность желудочного сока.

\* 1 мл 0,1н. HCl содержит 0,00365 г HCl.

### Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику желудку, типы желудков. Каковы функции желудка?
2. Каковы состав и функции желудочного сока? Каков ферментный состав желудочного сока?
3. Как осуществляется процесс регуляции секреции желудочного сока?
4. Что такое моторика желудка? Перечислите её типы.
5. Каковы особенности пищеварения в желудке свиньи?
6. Каковы особенности пищеварения в желудке лошади?
7. Как определяют действие ферментов желудочного сока на белок?
8. Как определяют кислотность желудочного сока?

### III. Пищеварение в желудке жвачных

Желудок жвачных состоит из четырёх камер - рубца, сетки, книжки и сычуга. Первые три камеры называются преджелудками, а сычуг истинным желудком. В слизистой преджелудков отсутствуют железы, вырабатывающие пищеварительный сок.

**Слизистая рубца** покрыта многослойным плоским (ороговевающим) эпителием и имеет многочисленные выросты (сосочки) длиной 0,5-1,0 см, которые увеличивают поверхность.

**Слизистая оболочка сетки** образует ячеистые складки, напоминающие пчелиные соты. Высота складок достигает 1-1,2 см.

В слизистой оболочке сетки расположен пищеводный желоб, представляющий замкнутую трубку, идущую от входа пищевода в преддверие рубца до входа в книжку.

**Слизистая книжки** образует большие складки в виде листочков различной величины. На поверхности листочков имеются грубые короткие сосочки,



которые задерживают плотную массу. Слизистая покрыта многослойным плоским эпителием с широкими межклеточными пространствами. На поверхности эпителиальных клеток имеются многочисленные выросты, которые значительно увеличивают его поверхность.

**Сычуг** - истинный желудок. Слизистая образована цилиндрическим эпителием, имеет складки и содержит много желез.

Объем многокамерного желудка составляет 140-200 л или 70% объема пищеварительного тракта.

Объем рубца у крупного рогатого скота составляет - 80% объема желудка (110-160 л), сетки - 5% (5-10 л), книжки - 7% (8-14 л), сычуга - 8% (10-15 л). Объем содержимого рубца обычно не превышает 90-110 л. При скармливании сена через 24 ч в рубце остается еще половина съеденной порции.

Большие размеры рубца - эволюционное приспособление жвачных к потреблению и переработке большого количества грубых, малопитательных растительных кормов, содержащих много клетчатки.

**Рубец** - огромная бродильная камера, заселенная микроорганизмами, простейшими и грибами. В рубце, за счет деятельности микроорганизмов, переваривается до 70 % органических веществ рациона.

Количество микроорганизмов в 1 мл рубцовой жидкости составляет  $10^9$  -  $10^{11}$ . Число видов бактерий достигает 150. По форме - это палочки, кокки, спирохеты, вибрионы и др.

Основными группами бактерий являются целлюлозолитические, протеолитические, липолитические, молочнокислые.

Общая биомасса бактерий составляет 10 % сухого содержимого рубца.

Численность простейших в 1 мл содержимого рубца составляет  $10^5$ - $10^6$  (в среднем 0,5-1,2 млн/мл). Биомасса простейших равна биомассе микроорганизмов. Обнаружено около 50 видов простейших (в основном реснитчатые инфузории).

Из грибов в рубце встречаются дрожжи, плесени, актиномицеты. Грибы обладают целлюлозолитической активностью, сбраживают сахара, участвуют в синтезе гликогена, аминокислот, витаминов группы В.

В рубце создаются благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов: температура 38-40° С, слабокислая или слабощелочная реакция (рН 6,4-7,3), благоприятное поверхностное натяжение, создаваемое слюной.

### **Роль микроорганизмов и простейших:**

Переваривание клетчатки.

Синтез белков (до 300-600 г/сут.), липидов (до 100-350 г/сут.), гликогена, витаминов группы В.

Механическая обработка корма (размельчение, разрыхление).

Перемешивание корма с соками.

## **Пищеварение в рубце**

### **Превращение азотсодержащих веществ в рубце**

К азотсодержащим веществам относятся белки и небелковые соединения (пептиды, аминокислоты, азотистые основания, мочевины, нитраты и др.). Белки растительного происхождения неполноценные, так как в них содержатся недостаточное количество для организма животного отдельных незаменимых аминокислот.

Под действием микроорганизмов 70-80% поступивших в рубец азотсодержащих веществ превращается в аммиак ( $\text{NH}_3$ ).

Небольшая часть аммиака всасывается в стенке рубца в кровь, а большая часть утилизируется (используется) микроорганизмами для синтеза белков собственного тела. Белок микроорганизмов на 75% синтезирован из аммиака и на 25% из свободных аминокислот.

В рубце происходит «облагораживание» белка, так как биологическая ценность белка бактерий и простейших выше, чем растительного и составляет соответственно 65% и 70%.

Особенностью обмена азота у жвачных является наличие гепаторуминальной циркуляции азота. Образующийся в рубце азот всасывается в кровь, доставляется в печень, где превращается в мочевины ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ).

Примерно 20% образовавшейся мочевины выделяется с мочой, но большая часть снова возвращается в рубец со слюной и непосредственно из крови через стенку рубца. В рубце мочевины под действием фермента микроорганизмов уреазы превращается в аммиак и повторно используется для синтеза микробного белка.

В целях экономии белка жвачным добавляют в рацион мочевины с содержанием азота 45%. В рубце под действием фермента микроорганизмов уреазы карбамид расщепляется до  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ .

В рацион коровам мочевины (карбамид) добавляют постепенно, увеличивая дозу до 80-50 г/сут. Скармливают карбамид в 2-3 приема, тщательно перемешивая с кормом. При использовании карбамида в рационе должно содержаться достаточное количество легкопереваримых углеводов, так как синтез белка требует больших затрат энергии.

### **Превращение углеводов в рубце**

В растительных кормах 50-80% органического вещества представлено углеводами: моносахаридами (глюкоза, фруктоза и др.), дисахаридами (сахароза, лактоза) и полисахаридами (крахмал, клетчатка, гликоген).

В зерне и картофеле углеводы представлены в основном крахмалом, в траве - легкорастворимыми углеводами и клетчаткой, в грубых кормах в основном клетчаткой (40-50%).

Под действием микроорганизмов полисахариды гидролизуются до моносахаридов. Целлюлоза расщепляется до 70%, крахмал, 80-90%, сахар 100%.

Образовавшиеся моносахариды очень быстро сбраживаются до летучих жирных кислот (ЛЖК) уксусной (65%), пропионовой (20%), масляной (15%) и

небольшое количество изомасляной, валериановой и др. и газов  $\text{CO}_2$  (около 70%),  $\text{CH}_4$  (около 30%) и небольшого количества  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ .

Общее количество ЛЖК за сутки составляет у лактирующих коров 2,5-4,5 л, а количество газов до 300 л в стойловый период и 700-1000 л в пастбищный период.

Соотношение между ЛЖК зависит от состава рациона. Клетчатка способствует образованию уксусной кислоты, крахмал и легкопереваримые сахара - пропионовой, концентрированные корма и силос (при недостатке легкопереваримых углеводов) - масляной (что может приводить к возникновению кетозов).

Большая часть ЛЖК всасывается в преджелудках. Более 90 % ЛЖК в крови представлено уксусной кислотой (ацетат).

Уксусная кислота используется как источник энергии (особенно мышечной ткани) и в жировом обмене (для синтеза молочного жира и жировой ткани).

В стенке преджелудков пропионовая кислота превращается в молочную и пировиноградную кислоту, а масляная частично в кетоновые тела ( $\beta$ -оксимасляную и ацетоуксусную). Пропионовая кислота (пропионат) является предшественником глюкозы.

Масляная кислота (бутират) - почти полностью превращается в стенке рубца и книжки в кетоновые тела (ацетон, ацетоуксусную и  $\beta$ -оксимасляную кислоты). Кетоновые тела (главным образом,  $\beta$ -оксимасляная кислота) используются для синтеза молочного жира, липидов тела и энергетическом обмене.

За счет ЛЖК жвачные получают 70-80% энергии. Микроорганизмы потребляют 10% энергии углеводов и 10% энергии удаляется с газами при отрыжке.

### **Превращение липидов в рубце**

В растительных кормах жиров содержится 4-8 % от сухого вещества. Жир представлен триглицеридами, свободными жирными кислотами, воском, стеролами, фосфолипидами, эфирами холестерина. Растительные жиры содержат большое количество (до 70%) жирных ненасыщенных кислот (линолевая, линоленовая).

Под влиянием липолитических бактерий липиды расщепляются (липолиз) на глицерин и жирные кислоты. Глицерин сбраживается с образованием пропионовой кислоты.

Ненасыщенные жирные кислоты подвергаются в рубце гидрогенизации, т.е. они превращаются в насыщенные (стеариновую, пальмитиновую).

Из углеродистых скелетов аминокислот микроорганизмы синтезируют коротко цепочные жирные кислоты. В теле микроорганизмов содержится от 3 до 8% жиров.

### **Роль сетки**

В сетке идут те же процессы, что и в рубце. Кормовые массы подвергаются физической, химической и микробиологической обработке.

Сетка выполняет функцию сортировочного и эвакуационного органа. Между сеткой и преддверием рубца имеется складка, которая во время сокра-

щения рубца частично закрывает отверстие между ними. Через это отверстие проникает только измельченная (гомогенная), разжиженная масса с частицами не более 2-4 мм, а грубые крупные частицы остаются в рубце.

Между сеткой и книжкой имеется узкое отверстие, поэтому в книжку и сычуг переходит гомогенная (однородная) масса с частицами не более 2-4 мм.

Сетка участвует в рефлексе отрыгивания содержимого рубца и жвачки. Проглоченные инородные предметы скапливаются в сетке.

Отверстие между сеткой и книжкой закрыто и открывается во время сокращения сетки.

### **Роль книжки**

Книжка выполняет функцию фильтра (отжимной помпы).

Примерно 1/3 поступившего в книжку содержимого (жидкая фракция) сразу же переходит в сычуг, а 2/3 задерживается между листками. При сокращении жидкая масса выжимается, а при расслаблении впитывается.

В книжке продолжается переваривание питательных веществ под влиянием микроорганизмов, хотя эти процессы идут менее интенсивно, чем в рубце.

В книжке идут интенсивно процессы всасывания. Здесь всасывается до 50%  $H_2O$  и минеральных веществ, до 70% ЛЖК и большая часть  $NH_3$ .

Отверстие из книжки в сычуг всегда открыто.

### **Пищеварение у молодняка жвачных в молочный период**

У новорожденных телят (молочный период 3-4 недели) соотношение преджелудков к сычугу составляет 1:2, в трехмесячном возрасте (переходный период) 2:1, а в 7-8 месяцев это соотношение такое же, как и у взрослых 11:1.

Бактерии в преджелудках появляются в первые дни жизни. В этот период преобладают молочнокислые и протеолитические бактерии, а обычный состав микроорганизмов устанавливается в возрасте 1,5 - 2 месяца.

Жвачка у телят появляется в конце молочного периода в 3-4 недели. Приучение телят в раннем периоде к растительным кормам стимулирует развитие преджелудков. Молозиво выпаивают не позднее 5-6 часов после рождения. В первые сутки - 3-4 литра молозива (3-4 раза в сутки).

Во время потребления молока, при раздражении рецепторов языка, глотки, импульсы поступают в продолговатый мозг. Из продолговатого мозга по блуждающему нерву импульсы достигают гладкой мускулатуры пищевода, и происходит смыкание губ пищевода и образование трубки (продолжения пищевода), по которой молоко попадает в сычуг, минуя рубец и сетку.

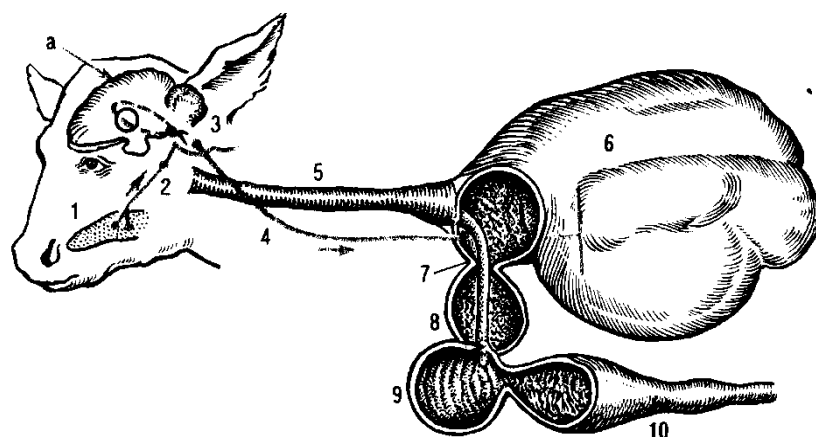


Рис. 4. Пищеводный желоб молодняка жвачных

Емкость пищеводного желоба мала, поэтому молоко может проходить по нему только небольшими порциями. С возрастом губы пищеводного желоба грубеют и смыкаются не полностью.

В сычуге телят в молочный период много химозина.

**Жвачка** - отрывание и повторное, тщательное пережевывание ранее принятого корма. Благодаря сокращению происходит постоянное перемешивание содержимого, его перетиравание и эвакуация. Прекращение моторики (атония) вызывает нарушение деятельности микрофлоры, расстройство пищеварения и даже гибель животного.

Жвачный процесс состоит из жвачных периодов. Продолжительность каждого жвачного периода составляет 30-50 минут. В сутки происходит 8-16 жвачных периодов. Жвачный период возникает через 30-40 минут после кормления. За это время корм в рубце набухает и размягчается. За сутки продолжительность жвачки 6 -8 часов.

Продолжительность одной жвачки (жвачного цикла) примерно 1 минута. При одной жвачке корова пережевывает около 100 г содержимого рубца, а за сутки 60 -70 кг. Это примерно столько, сколько потребляет корова в сутки в расчете на сухое вещество.

Жвачка происходит в результате раздражения слизистой сетки и преддверия рубца грубым содержимым.



Рис. 5. Раздражение преддверия рубца через фистулу

Сокращение преджелудков происходит в следующей последовательности: сетка, преддверие рубца и дорсальный мешок, вентральный мешок, слепые выступы, книжка. Продолжительность цикла составляет 1 минуту, а пауза между циклами 20-25 с. Когда дорсальный и вентральный мешок расслабляются, начинается мощное сокращение книжки. Создается высокое давление и жидкость проталкивается между листочками.

Центр регуляции жвачки расположен в продолговатом мозге. Перерезка блуждающего нерва ведет к нарушению координированных сокращений.

Парасимпатическая нервная система усиливает сокращения, а симпатическая тормозит.

При приеме корма, жвачке сокращения усиливаются. При наполнении сычуга, тонкого и толстого кишечника сокращения тормозятся.

### Пищеварение в сычуге

**Сычуг** - истинный желудок, выстлан однослойным цилиндрическим (призматическим) эпителием. Продолжительность пребывания корма невелика около 1 часа (до 3 часов). Моторика слабая. В сычуге вырабатывается большое количество сычужного сока - до 50-60 литров. Желудочный сок вырабатывается непрерывно.

Чистый сычужный сок имеет рН 1,0-2,5 и содержит 0,1-0,2% свободной НСІ. В нем содержатся ферменты (химозин - у телят-молочников, пепсин, и незначительное количество липазы), муцин и минеральные вещества.

## Лабораторная работа 5. Исследование сокращений рубца (руминография)

**Ход работы.** Для характеристики моторной деятельности применяют аускультацию, пальпацию и графическую запись сокращений рубца при помощи руминографа.

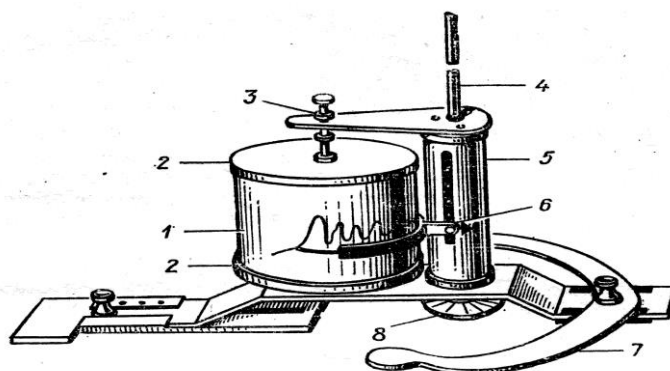


Рис. 6. Руминограф

1 - барабан с часовым механизмом; 2 - фиксационные кольца; 3 - кронштейн барабана; 4 - стержень; 5 - стояк; 6 - записывающее устройство; 7 - основание для фиксации; 8 - упорный диск

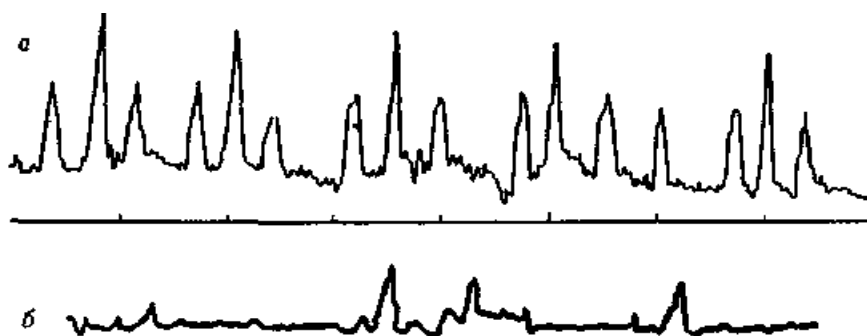


Рис. 7. Руминограмма:

а - здоровой коровы, б - при гипотонии преджелудков

Руминограф укрепить в области левой голодной ямки таким образом, чтобы маклок и последние ребра служили опорой. Сокращения рубца регистрируются в форме зубцов в миллиметрах, продолжительность каждого сокращения в секундах. Запись производят в течение 5 минут.

### Лабораторная работа 6. Подсчет простейших рубца

**Ход работы.** Получить рубцовое содержимое через фистулу рубца или при помощи пищеводного зонда. Полученное содержимое профильтровывают через четыре слоя марли. Поместить в пробирку 5 мл профильтрованного содержимого рубца и добавить 0,1 мл 4% раствора формалина для фиксации инфузорий.

Развести содержимое в 20 раз при помощи 0,9 % хлорида натрия и зарядить камеру Горяева.

Подсчитать инфузорий в 100 больших квадратах сетки. Количество инфузорий в 1 мл содержимого вычисляют по формуле

$$X = \frac{a \times 4000 \times 20}{b},$$

где X - количество инфузорий в 1 мм<sup>3</sup> раствора;

a – подсчитанное количество инфузорий;

4000 - коэффициент для перевода результатов в 1 мм<sup>3</sup> (т.к. объем над одним малым квадратом равен 1/4000 мм<sup>3</sup>);

20 - разведение;

b - количество подсчитанных малых квадратов.

Перевести полученный результат в мл, умножив его на 1000 (1 кубический миллиметр = 1 микролитру; 1 мл = 1000 мкл).

В норме в 1 мл содержимого рубца содержится 0,5-1,2 млн инфузорий.

## **Лабораторная работа 7. Определение общей кислотности содержимого рубца (рубцовой жидкости)**

**Ход работы.** Налить в колбу 10 мл профильтрованной рубцовой жидкости, добавить 2 капли фенолфталеина и титровать 0,1 н раствором NaOH до появления слабо-розового окрашивания. Рассчитать общую кислотность (все кислото-реагирующие вещества) в 100 мл рубцовой жидкости.

## **Лабораторная работа 8. Определение летучих жирных кислот в рубцовой жидкости**

**Ход работы.** Налить в колбу 5 мл профильтрованной рубцовой жидкости и нагревать ее над пламенем спиртовки. Над выходящими из пробирки парами поместить лакмусовую бумагу, которая при наличии жирных кислот, становится красной.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте характеристику преджелудкам жвачных.
2. Дайте характеристику микрофлоре рубца.
3. Какова роль микроорганизмов и простейших в пищеварении у жвачных?
4. Как осуществляется превращение азотсодержащих веществ в рубце?
5. Как осуществляется процесс превращения углеводов в рубце?
6. Как осуществляется процесс превращения липидов в рубце?
7. Как осуществляется процесс пищеварения у молодняка жвачных в молочный период?
8. Дайте характеристику процессу Жвачка.
9. Как осуществляется процесс пищеварения в сычуге?
10. Как исследуют сокращения рубца (методика руминографии)?
11. Как определяют количество простейших рубца?
12. Как определяют общую кислотность содержимого рубца (рубцовой жидкости)?
13. Как определяют летучие жирные кислоты в рубцовой жидкости?

## **IV. Пищеварение в кишечнике**

**Тонкий отдел кишечника состоит:** 12-перстной (duodenum), тощей (jejunum) и подвздошной кишки (ileum).

Длина тонкого отдела кишечника составляет у коров 40-49, у овец 24-26, у лошадей и свиней до 20, человека до 5 метров. Отношение длины кишечника к длине туловища составляет у овец 25:1, у КРС 20:1, свиней 14-20:1, лошади 10-12:1, кролика 10:1, собаки, кошки 4-6:1, человека 3-4:1, птиц 3:1.

Верхний отдел 12-ти перстной кишки имеет более развитые ворсинки и



сложнотрубчатые бруннеровы железы, расположенные в подслизистом слое. Секрет бруннеровых желез представляет собой густую жидкость, содержащую муцин.

В 12-перстную кишку открываются общий желчный проток и проток поджелудочной железы. Сок 12-ти перстной кишки слабощелочной реакции рН 7,2-8,0.

Эпителий тонкой кишки цилиндрический и содержит бокаловидные клетки. На протяжении всей слизистой (кроме верхнего отдела 12-ти перстной кишки) расположены либеркюновы железы, образующие кишечные крипты (углубления) вокруг ворсинок (на 1 ворсинку 1-5 крипт).

Слизистая оболочка тонких кишок собрана в складки. На слизистой имеются многочисленные ворсинки (на 1 см<sup>2</sup> 1500-3000 шт. и увеличивающие поверхность в 10-25 раз). Длина ворсинки 0,2-1,5 мм. В центре каждой ворсинки имеется лимфатический сосуд, капилляры, нервы и гладкомышечные волокна. Снаружи ворсинка покрыта однослойным цилиндрическим эпителием, имеющим выросты цитоплазмы – микроворсинки, образующие щеточную кайму (до 3000 на одной клетке, до 300000 на одной ворсинке) и увеличивающие поверхность более чем в 30-60 раз.

В слизистой кишечника расположены бокаловидные клетки, выделяющие слизь.

**Поджелудочная железа** (pancreas) сложная альвеолярно-трубчатая структура (состоит из системы концевых железистых отделов ацинусов и выводных протоков).

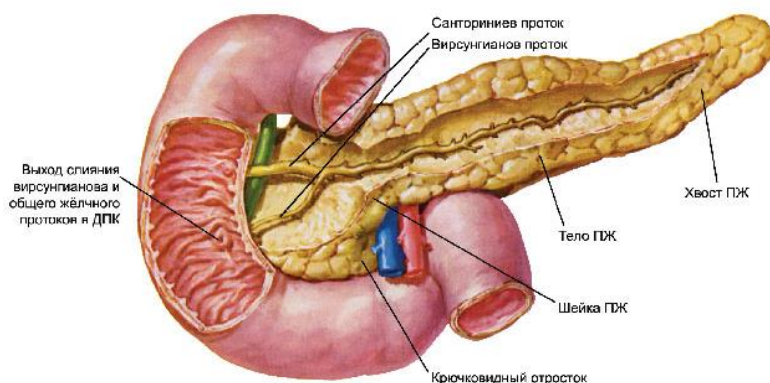


Рис. 8. Поджелудочная железа

Сок поджелудочной железы - прозрачная, бесцветная жидкость щелочной реакции 7,2-8,0. Плотность 1,008-1,010. Содержит до 10 % сухого вещества.

Органические вещества сока представлены в основном ферментами. Минеральные вещества в виде катионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> и анионов бикарбоната HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и хлорида Cl<sup>-</sup>.

Количество сока у крупного рогатого скота 7-7,5, лошадей 7,5-8,5, свиней 7-8, овец 0,5-0,6, собак 0,2-0,3. У человека поджелудочная железа вырабатывает 1,5-2 л сока.

## **Ферменты сока поджелудочной железы:**

### **Протеолитические:**

1. **Трипсин** вырабатывается в неактивной форме в виде **трипсиногена** и активируется ферментом кишечного сока **энтерокиназой**. Расщепляет белки до пептидов и аминокислот.

2. **Химотрипсин** вырабатывается в неактивной форме в виде химотрипсиногена и активируется трипсином. Расщепляет белки и полипептиды до аминокислот.

3. **Эластаза** (панкреатопептидаза) - действует на белки соединительной ткани (эластин, коллаген).

4. **Карбоксипептидаза** - действует на полипептиды и отщепляет аминокислоты со стороны свободной карбоксильной группы.

5. **Аминопептидаза** - отщепляет аминокислоты со стороны свободной аминогруппы.

### **Липолитические:**

1. **Липаза** (панкреатическая) расщепляет жиры до глицерина и высших жирных кислот.

2. **Эстераза** - катализирует реакции расщепления эфирной связи.

3. **Фосфолипаза** - расщепление фосфолипидов.

### **Амилолитические:**

1. **Амилаза** - расщепляет крахмал до мальтозы.

2. **Мальтаза** - расщепляет мальтозу до глюкозы.

3. **Лактаза** - расщепляет молочный сахар до глюкозы и галактозы.

4. **Инвертаза** (сахараза) расщепляет сахарозу до глюкозы и фруктозы.

### **Нуклеазы:**

**Рибонуклеаза** и **дезоксирибонуклеаза** - вызывают гидролиз нуклеиновых кислот до нуклеотидов и фосфорной кислоты и углевода.

Регуляция секреции сока поджелудочной железы осуществляется нейрогуморально. Различают рефлекторную и гуморальную фазу. Центр регуляции секреции сока поджелудочной железы расположен в продолговатом мозге.

**Безусловнорефлекторная** фаза начинается при раздражении рецепторов полости рта и глотки, а **условнорефлекторная** - при виде, запахе корма. При раздражении блуждающего нерва секреция сока возрастает.

**Гуморальная** фаза происходит под действием гормонов желудочно-кишечного тракта секретина (образующегося в слизистой под влиянием HCl), гастрина, желчных кислот, холецистокинина.

**Желчь** (гр. chole) - секрет печени. Печень (hepar) самая крупная железа. Масса у КРС от 3 до 10 кг, у человека 1,5-1,8 кг. Количество желчи у КРС 7-9, лошадей 5-7, свиней 2,5-3, овец 0,8-1,5, собак 0,2-0,3 литров. У человека 0,5-1,2 л.

Желчь вырабатывается клетками печени гепатоцитами непрерывно. Вне процесса пищеварения желчный проток закрыт сфинктером, и желчь по пузырному протоку поступает в желчный пузырь. У лошади, верблюда, оленя желчный пузырь отсутствует.

Во время пищеварения по общему желчному протоку желчь поступает в 12-ти перстную кишку, как из печени, так и из желчного пузыря.

Различают печеночную и пузырную желчь.

Печеночная желчь более жидкая (96-99% H<sub>2</sub>O), плотность 1,009 -1,013, рН 7,5-8,0, а пузырная более густая (80-86% H<sub>2</sub>O), плотность 1,026-1,048, рН 6,0-6,8.

В состав желчи входят органические и неорганические вещества.

Из органических: белки, аминокислоты, мочевины, мочевая кислота, пуриновые основания, жиры, фосфатиды, холестерин, витамины, желчные пигменты (билирубин и биливердин), желчные кислоты (холевая, хенодезоксихолевая, гликохолевая и таурохолевая) и их соли.

Желчные кислоты являются конечным продуктом обмена холестерина.

Желчные пигменты - конечные продукты распада гемоглобина и гемсодержащих белков (миоглобин, цитохромы и др.). У плотоядных животных и человека основным пигментом является билирубин, придающий желчи золотисто-желтый цвет. У травоядных животных и птиц главным желчным пигментом является биливердин, придающий желчи темно-зеленый цвет. Часть билирубина, всосавшегося в кровь, выводится с мочой в виде уробилина, а большая часть - с калом в виде стеркобилина.

Из неорганических веществ: соли натрия, калия, кальция, железа, магния и др.

#### **Функции желчи:**

1. Эмульгирует жиры.
2. Активирует ферменты кишечного и панкреатического сока (особенно липазу).
3. Способствует всасыванию жирных кислот.
4. Стимулирует желчеобразование и желчевыделение.
5. Усиливает моторную и секреторную деятельность кишечника.
6. Способствует всасыванию жирорастворимых витаминов, аминокислот, холестерина и др. веществ.
7. Обладает бактериостатическими свойствами. Задерживает гнилостные процессы в кишечнике.

8. Нейтрализует кислое содержимое, поступающее из желудка.

Выделение желчи регулируется нейрогуморально.

Безусловно-рефлекторная фаза выделения желчи начинается через 5-10 минут после приема корма или поступления содержимого желудка в кишечник, и продолжается в течение 6-8 часов.

Условно-рефлекторная фаза начинается при виде, запахе корма.

Гуморальная регуляция секреции осуществляется под действием холецистокинина (способствует сокращению мускулатуры желчного пузыря), жирных кислот, гастрина, HCl, желчных кислот, экстрактивных веществ корма.

**Кишечный сок** - бесцветная жидкость щелочной реакции (рН 7,5-8,5) секрет либеркюновых желез и бокаловидных клеток, а в 12-перстной кишке бруннеровых желез, содержит 2,5-3% сухих веществ.

Количество кишечного сока в сутки составляет: у коров 25-30, лошадей 10-15, свиней 4-6, овец 2-4. У человека 1-3 литра.

Кишечный сок завершает химическую обработку корма, поэтому в нем преобладают ферменты, действующие на промежуточные продукты расщепления белков и углеводов.

#### Ферменты кишечного сока:

1. Смесь пептидаз (аминополипептидаза, дипептидаза, аминотрипептидаза и др.), вызывающих гидролиз пептидов до аминокислот.
2. Ферменты расщепляющие дисахариды до моносахаридов (мальтаза, лактаза, сахараза).
3. Щелочная фосфатаза - вызывает гидролиз в щелочной среде сложных эфиров (отепляет от них фосфат). Вызывает фосфорилирование углеводов, аминокислот, обеспечивает их всасывание.
4. Энтерокиназа - катализирует превращение трипсиногена в трипсин.

**Регуляция секреции кишечного сока** осуществляется нейрогуморально. Секреция кишечного сока происходит непрерывно. Механические раздражения слизистой кишечника усиливают секрецию. Раздражение блуждающего нерва способствует увеличению секреции.

Гуморальная регуляция осуществляется под действием продуктов переваривания белков и углеводов.

**Пристеночное пищеварение** открыл русский ученый Александр Михайлович Уголев в 1956 году. Пристеночное пищеварение - переваривание питательных веществ на поверхности слизистой оболочки тонкого отдела кишечника за счет ферментов структурно связанных с мембраной микроворсинок. Слизистая кишечника имеет огромное количество ворсинок (1500-3000 шт./см<sup>2</sup>).

На поверхности ворсинок расположено огромное количество микроворсинок (до 3000 на одной эпителиальной клетке). Микроворсинки образуют щеточную кайму. На мембране микроворсинок расположены ферменты, активные центры которых ориентированы в направлении поступающих веществ. За счет пристеночного пищеварения переваривается до 50-80 % питательных веществ.

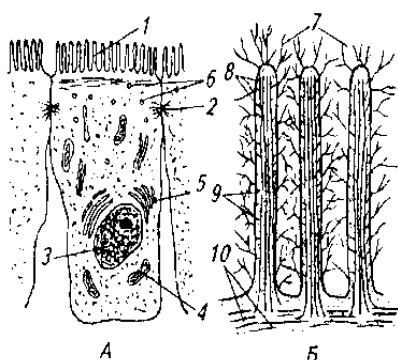


Рис. 9. А. Эпителиальная клетка с микроворсинками  
Б. Микроворсинки щеточной каймы

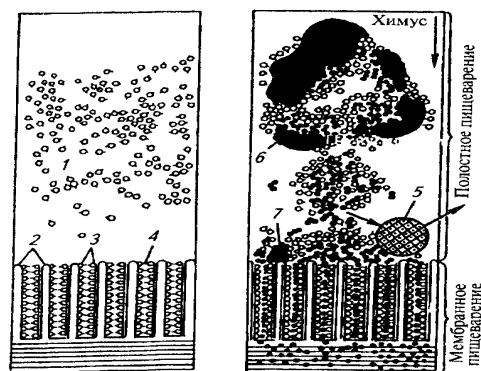


Рис. 10. Схема полостного и мембранного пищеварения

### **Биологический смысл пристеночного пищеварения:**

1. Наличие огромной реакционной поверхности в районе щеточной каймы.
2. Постепенный процесс гидролиза питательных веществ.
3. Сопряженность процессов гидролиза и всасывания.
4. Стерильность процессов всасывания.

**Перистальтика кишечника** обусловлена наличием гладкой мускулатуры (продольной и поперечной). Мышцы кишечника обладают автоматией, которая обусловлена наличием в мышечном слое Ауэрбахова нервного сплетения. В слизистой оболочке кишечника имеется Мейснерово сплетение.

1. **Перистальтические** сокращения (червеобразные) вызываются сокращением круговых мышц. Образуется кольцевой перехват, а впереди него полость кишки расширяется. Способствуют продвижению химуса по кишечнику (со скоростью 1-2 см/с).

2. **Сегментарные** сокращения (ритмическое) вызываются сокращением круговых мышц в результате образуются перетяжки (на расстоянии 6-8 см), разделяющие кишку на множество сегментов. Способствуют перемешиванию химуса и всасыванию питательных веществ.

3. **Маятникообразные** сокращения (тонические) вызывается сокращением продольных мышц на определенном участке кишки. Кишка удлиняется и суживается, затем уменьшается и расширяется (10 сокращений в 1 мин.). Способствуют перемешиванию химуса и всасыванию питательных веществ.

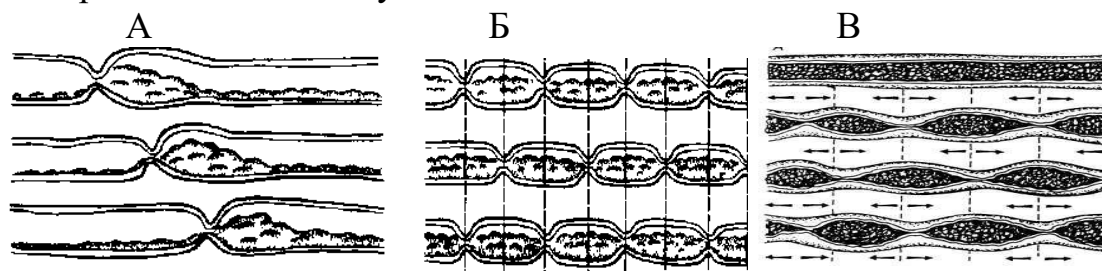


Рис. 11. Сокращения кишечника

А – перистальтические, Б – сегментарные, В - маятникообразные

Сокращение кишечника происходит на фоне постоянного тонуса. На сокращение кишечной мускулатуры влияет ЦНС, механические и химические раздражители. Мышцы кишечника иннервируются блуждающим и симпатическим нервом.

Блуждающий нерв усиливает мышечные сокращения и повышает их тонус. Симпатическая нервная система (чревной нерв) снижает мышечный тонус. Гнев, страх, боль угнетают моторику.

Усиливают моторику ацетилхолин, желчь, окситоцин, гастрин, гистамин, простагландины, серотонин. Тормозит моторику адреналин и норадреналин.

**Всасывание питательных веществ** происходит после их расщепления. Белки всасываются в виде аминокислот и частично в виде низкомолекулярных пептидов, углеводы - в виде моносахаридов, жиры - в виде глицерина и высших жирных кислот, а также в виде нерасщепленных эмульгированных жиров.

Высшие жирные кислоты соединяются с желчными кислотами и образуют мицеллы, способные к всасыванию. В слизистой кишечника мицеллы распадаются на высшие жирные кислоты и желчные кислоты. Желчные кислоты всасываются в кровь и поступают в снова печень, что стимулирует желчеобразование и желчеотделение.

В эпителиоцитах кишечника происходит ресинтез жиров и образование хиломикрон (мельчайшие жировые частицы, заключенные в липопротеиновую мембрану) которые всасываются в лимфу.

В полости рта всасывание почти не происходит.

В желудке всасывается вода, глюкоза, аминокислоты, минеральные вещества в небольших размерах.

В преджелудках всасывается вода (до 60-70%), ЛЖК, глюкоза, аминокислоты, минеральные вещества.

Основным местом всасывания является тонкий кишечник.

В 12-ти перстной кишке всасывание невелико (т.к. кишка короткая). Самое интенсивное всасывание происходит в тощей кишке. Так, через дуоденальный анастомоз (отверстие между двенадцатиперстной и тощей кишкой) проходит у коровы 180 литров химуса в сутки, а через илеоцекальный (между подвздошной и слепой кишкой) - 40 литров (т.е. всасывается 140 литров).

В толстом кишечнике всасывание невелико. Здесь всасываются ЛЖК, вода. Всасывание происходит в результате фильтрации, диффузии, осмоса и активной деятельности клеток эпителия слизистой. Способствует всасыванию гормон вилликинин (образующийся в слизистой кишечника), который усиливает движение ворсинок.

**Толстый отдел кишечника** состоит: слепой кишки (*intestinum cecum*), ободочной (*intestinum colon*), прямой (*intestinum rectum*). Объем слепой кишки у лошади 32-36 л. Слепая кишка у КРС и свиней развита слабо. Отросток слепой кишки - аппендикс (*appendix vermiformis*) достигает у человека до 8 см. Объем толстого кишечника у коров составляет до 50 л (22 % объема ЖКТ), у лошади 120-130 л (35 % объема ЖКТ), у овец 6-8 л.

1. Длина толстого кишечника у КРС 6-9 метров (слепая 70 см, ободочная 7 м, прямая 40 см). У человека 1,5 м. Просвет толстого кишечника значительно шире, чем у тонкого кишечника.

2. В слизистой оболочке нет ворсинок. Нет круговых складок.

3. Много бокаловидных клеток, выделяющих сок щелочной реакции с большим количеством слизи.

4. Вырабатываются те же ферменты, что и в тонком отделе, но в меньшем количестве.

5. У коров переваривается до 30 %, у лошадей до 40-50 % переваримой клетчатки. Большое количество микроорганизмов  $10^9$ - $10^{10}$  в 1 грамме содержимого. Идут процессы брожения с образованием ЛЖК и газов.

6. Наряду с брожением идут гнилостные процессы с образованием  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и аминов (крезол, фенол, скатол, индол), которые всасываются в кровь и обезвреживаются в печени.

7. Экскреция мочевины, минеральных и лекарственных веществ.
8. Интенсивное всасывание воды и формирование каловых масс.

### **Лабораторная работа 9. Эмульгирующее действие желчи**

**Ход работы.** Пронумеровать 3 пробирки. Налить в пробирку №1 - 3 мл дистиллированной воды, в пробирку №2 - 3 мл двууглекислой соды, в пробирку №3 - 3 мл дистиллированной воды и несколько капель желчи.

В каждую из пробирок добавить по 7 капель растительного масла. Содержимое пробирок энергично встряхнуть.

В одной из пробирок образуется белое «молоко» - жировая эмульсия. Через 10-15 минут рассмотреть содержимое всех пробирок и убедиться, что эмульсия стойкая, так как границы между слоями не намечается.

### **Лабораторная работа 10. Поверхностно-активное действие желчи**

**Ход работы.** В две пробирки налить по 5 мл дистиллированной воды. В одну из них добавить 5 капель желчи. На поверхность жидкости в пробирках добавить на кончике скальпеля истолченной серы. В пробирке с добавленной желчью сера тонет, а в пробирке без добавления желчи она остается на поверхности.

Благодаря наличию поверхностно-активных веществ желчь обладает более низким поверхностным натяжением, чем вода.

### **Лабораторная работа 11. Влияние желчи на фильтрацию**

**Ход работы.** Поместить бумажные фильтры в 2 воронки. Один из фильтров смочить желчью, другой - водой. Поставить воронки в пробирки, находящиеся в штативе, и налить в каждую по 10 мл растительного масла. Через 45 минут определить количество профильтровавшегося жира в обеих пробирках. Масло довольно быстро пройдет через фильтр, обработанный желчью, и останется в воронке, смоченной водой. Это обусловлено тем, что желчь эмульгирует жиры и мельчайшие частицы жира быстрее проходят через фильтр.

### **Лабораторная работа 12. Амилолитическая активность сока поджелудочной железы**

**Ход работы.** Пронумеровать 3 пробирки и налить в каждую по 3 мл сока поджелудочной железы. В пробирку №2 добавить сок предварительно прокипяченный. В пробирку №1 и №2 внести по 2 мл 1% вареного крахмала, а в пробирку №3 сырого крахмала. Все пробирки поставить в термостат при температуре 38-39°С на 15 минут. После термостатирования добавить в каждую пробирку раствора Люголя.

Убедиться в отсутствии крахмала (нет синего окрашивания) в пробирке №1 и наличии его в пробирке №2 и №3.

Поставить пробирку №3 снова в термостат на 30-40 минут и убедиться, что окрашивание исчезает. За это время сырой крахмал переваривается. Сырой крахмал расщепляется значительно медленнее.

### **Лабораторная работа 13. Липолитическая активность сока поджелудочной железы**

**Ход работы.** Пронумеровать 3 пробирки и налить в каждую по 3 мл прокипяченного и охлажденного молока.

В пробирку №1 добавить 2 мл панкреатического сока, 3 капли желчи и 3 капли индикатора - фенолфталеина. Появляется розовое окрашивание, что указывает о щелочной реакции в пробирке.

В пробирку №2 добавить 2 мл прокипяченного панкреатического сока, 3 капли желчи и 3 капли индикатора - фенолфталеина.

В пробирку №3 добавить 2 мл панкреатического сока и 3 капли индикатора - фенолфталеина. Все пробирки поставить в термостат при температуре 38-39°С на 30 минут.

В первой пробирке розовая окраска исчезнет в результате появления продуктов переваривания молочного жира - жирных кислот.

Во второй пробирке розовая окраска остается, так как фермент был разрушен при кипячении.

В третьей пробирке окраска слабо розовая, что указывает о медленном переваривании молочного жира при отсутствии желчи.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте характеристику тонкому отделу кишечника.
2. Дайте характеристику поджелудочной железе.
3. Каковы состав и функции сока поджелудочной железы? Каков ферментный состав?
4. Каковы состав и функции желчи?
5. Где образуется желчь? Типы желчи?
6. Перечислите и охарактеризуйте желчные кислоты и желчные пигменты.
7. Каковы состав и функции кишечного сока? Каков ферментный состав?
8. Как осуществляется процесс регуляции секреции кишечного сока?
9. Дайте характеристику пристеночному пищеварению.
10. Каковы типы перистальтики кишечника?
11. Как осуществляется процесс всасывания питательных веществ?
12. Дайте характеристику толстому отделу кишечника.
13. Как определяют эмульгирующее действие желчи?
13. Как определяют поверхностно-активное действие желчи?
14. Как определяют влияние желчи на фильтрацию?
15. Как определяют амилалитическую активность сока поджелудочной железы?
16. Как определяют липолитическую активность сока поджелудочной железы?



## V. Особенности пищеварения у птиц

У птиц пищеварительная система по своей структуре и функции приспособлена к приему и перевариванию корма растительного и животного происхождения.

### Ротовое пищеварение.

У зерноядных птиц клюв твердый, с острыми краями, приспособленный для склевывания и дробления твердого корма. На клюве у водоплавающих птиц имеется ороговевший выступ, служащий для обрывания травы, а по краям клюва - многочисленные поперечные ротовые пластинки, с помощью которых птица при захватывании корма в воде отцеживает ее и раздавливает корм. Язык покрыт роговыми сосочками и способствует захватыванию и проглатыванию корма.

В ротовой полости корм не задерживается и быстро проглатывается. У птиц небольшие слюнные железы находятся сбоку в средней и задней частях языка и на дорсальной поверхности основания языка, имеются также железы угла рта, передние и задние подчелюстные железы. Слюны выделяется очень мало, но она содержит слизь, которая облегчает проглатывание корма. В слюне птиц содержится птиалин.

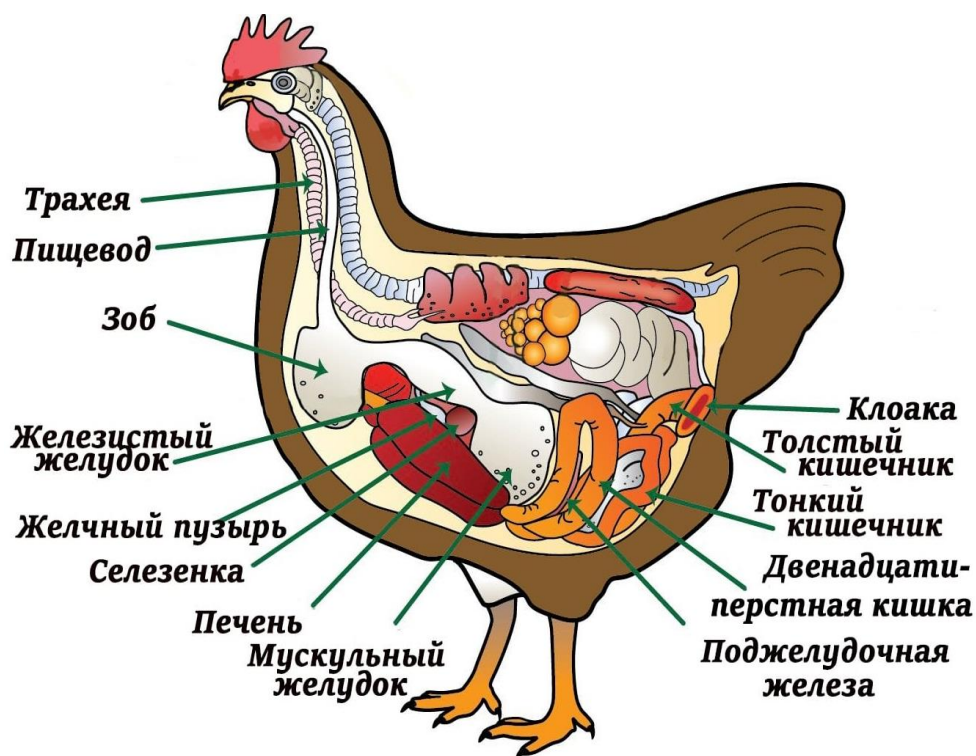


Рис. 12. Система органов пищеварения птиц

**Пищеварение в полости зоба.** Из рта корм поступает в зоб, который хорошо развит у кур и других зерноядных птиц. У гусей и уток вместо зоба имеется веретенообразное расширение пищевода. В зобу твердые корма увлажняются и размягчаются.

Слизистая оболочка зоба не содержит желез, секретирующих ферменты, но в нем происходит переваривание углеводов, белков и жира ферментами растительных кормов, а также микрофлорой. Продукты переваривания в зобу не всасываются.

Продолжительность пребывания корма в зобу зависит от его вида, количества и консистенции. Мягкий и влажный корм быстро переходит в желудок, твердые зерновые корма - медленнее. На эвакуацию содержимого зоба влияет степень наполнения желудка. Импульсы, идущие из пустого желудка, вызывают сокращение зоба. Наполнение желудка кормовой массой тормозит сокращение зоба, и передвижение корма из него временно прекращается, нервы возбуждают моторику зоба, после перевязки этих нервов зоб не сокращается.

**Пищеварение в желудке.** Желудок птиц состоит из двух отделов: железистого и мышечного. Из зоба корм поступает в железистый отдел желудка, в его слизистой расположено 30-40 пар крупных трубчатых желез, выделяющих желудочный сок, который содержит хлористоводородную (соляную) кислоту и протеолитические ферменты.

Для изучения процессов пищеварения в желудке пользуются павловской фистульной методикой.

У птиц секреция желудочного сока постоянная, но прием корма ее усиливает. При мнимом кормлении или поддразнивании птицы кормом отчетливо проявляется рефлексорная фаза секреции желудочного сока. Выделяющийся в эту фазу сок птиц, как и млекопитающих, обладает повышенной кислотностью и переваривающей силой.

Железистый отдел желудка очень мал, и в нем практически не происходит накапливания и переваривания корма. Постоянно выделяющийся сок стекает в мышечный отдел желудка, где и происходит переваривание корма.

Мышечный отдел желудка имеет хорошо развитые гладкие мышцы. В нем происходит механическое перетирание корма. Здесь обычно находят мелкие камешки, кусочки стекла и другие твердые предметы, заглатываемые птицей; они способствуют перетиранию корма. Слизистая мышечного отдела желудка имеет железы, выделяющие коллоидный секрет. Данный секрет накапливается на поверхности, застывает и превращается в роговую пленку (кутикулу), которая постоянно стирается и возобновляется. Роговая оболочка предохраняет мышечную стенку от повреждений твердыми предметами. Мышечный отдел желудка хорошо развит у зерноядных птиц. У кур между отделами желудка находится сфинктер, препятствующий обратному переходу содержимого - из мышечного отдела в железистый. У уток и гусей такого сфинктера нет, и содержимое попеременно забрасывается из одного отдела желудка в другой.

В мышечном отделе желудка птиц интенсивно переваривается корм. В нем расщепляются белки, углеводы, в меньшей степени жиры. Белки в желудке расщепляются до аминокислот. В мышечный отдел желудка постоянно забрасывается содержимое двенадцатиперстной кишки, вследствие этого процессы пищеварения в нем усилены; ферменты кишечного и желудочного соков расщепляют здесь питательные вещества, поскольку концентрация хлористоводо-

родной (соляной) кислоты в желудке незначительна (0,1 %). Кроме того, в такой слабокислой среде сохраняется активность ферментов корма и развиваются бактерии, переваривающие все питательные вещества, особенно крахмал; не могут развиваться только целлюлозолитические бактерии.

Оба отдела желудка сокращаются каждые 20-30 с. При сокращении стенок мышечного отдела желудка давление в его полости повышается; у кур оно достигает 140, у уток - 180, у гусей - 265 мм рт. ст.

Двигательная и секреторная функции желудка регулируются блуждающими нервами. При перерезке этих нервов моторика и секреторная деятельность желудка затормаживаются.

### **Кишечное пищеварение**

Содержимое желудка отдельными мелкими порциями (у уток) или сплошной массой (у гусей) переходит в двенадцатиперстную кишку. Длина кишечника у птиц относительно небольшая. В связи с этим корм проходит через желудочно-кишечный тракт быстро (у кур в среднем за 24 ч). Тем не менее, в тонком кишечнике птиц осуществляется основное переваривание белков, жиров и углеводов.

В двенадцатиперстную кишку поступает поджелудочный сок щелочной реакции, имеющий те же ферменты, что и у млекопитающих. 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. При приеме корма желчеотделение усиливается. Желчь выводится двумя путями: через желчный пузырь и непосредственно в кишечник. Желчные протоки правой и левой долей печени сливаются у ворот печени, образуя расширение - синус, через который желчь может выводиться из синуса в кишку, минуя желчный пузырь. В период интенсивного пищеварения пузырьная и печеночная желчь выводится одновременно.

Железы слизистой оболочки тонких кишок вырабатывают сок слабощелочной реакции. В нем содержатся те же ферменты, что и в соке млекопитающих.

Толстая кишка у птиц очень короткая, в самом начале ее имеются два отростка - слепые кишки, у большинства домашних птиц, особенно травоядных, они хорошо развиты. 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.

Движения кишечника у птиц такие же, как и у млекопитающих, но у птиц наряду с перистальтическими происходят и антиперистальтические сокращения. В результате этого содержимое передвигается по кишечнику взад 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. На поверхности кала образуется белая пленка из кристаллов мочевины. Опорожнение кишечника происходит так же, как и у млекопитающих.

Процессы всасывания в кишечнике птицы происходят интенсивно. Слизистая имеет множество ворсинок и зигзагообразных продольных складок, что способствует быстрому всасыванию.

### **Контрольные вопросы**

1. Как осуществляется процесс пищеварения в ротовой полости у птиц?
2. Как осуществляется процесс пищеварения в полости зоба.
3. Как осуществляется процесс пищеварения в железистом и мышечном отделах желудка?
4. Как осуществляется процесс пищеварения в кишечнике птиц?



Учебное издание

Овсеенко Юрий Валентинович  
Горшкова Елена Валентиновна

# **ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ**

## **Раздел: Пищеварение**

Методические указания для студентов 2-го курса  
института ветеринарной медицины и биотехнологии  
по специальности 36.05.01 Ветеринария  
очной и заочной формы обучения

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 17.02.2022 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,20. Тираж 50 экз. Изд. № 7214.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ