

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кафедра нормальной физиологии

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

**Учебно-методические разработки
для
иностранных студентов**

Иваново 2010

**Составители: А.Н.Булыгин
Е.К.Голубева
И.Г.Колодина
С.Б.Назаров**

Настоящие учебно-методические разработки, как и подобные предыдущие выпуски, составлены в форме вопросов и ответов специально для иностранных студентов, изучающих нормальную физиологию на 2 курсе обучения в высшем медицинском учебном заведении России. При составлении учебно-методических разработок мы руководствовались Программой по курсу «Нормальная физиология» (Москва, 2009) и использовали как рекомендуемый Программой материал учебников, так и материалы лекций, прочитанных для студентов.

Авторы отдают себе отчет в том, что в ряде случаев учебный материал преподносится студентам – иностранцам в несколько упрощенном (адаптированном) виде, что, безусловно, должно облегчить понимание ими основных закономерностей работы пищеварительной системы.

Авторы будут признательны за конструктивные замечания и предложения по совершенствованию качества данных учебно-методических разработок, которые, безусловно, мы учтем в дальнейшем.

Физиология пищеварения

1. Что называется физиологической системой пищеварения?

Физиологической системой пищеварения или **пищеварительной** называют систему, которая обеспечивает процесс пищеварения. В эту систему включают:

- всю пищеварительную трубку (пищеварительный тракт), начиная от ротовой полости и заканчивая прямой кишкой;
- все железы, имеющие выводные протоки, открывающиеся в просвет пищеварительного тракта;
- аппарат регуляции моторной деятельности пищеварительного тракта, секреторной активности желез, а также процесса всасывания.

2. Что следует понимать под процессом пищеварения?

Процесс пищеварения – это последовательная механическая и химическая обработка пищи, в результате которой поступившие в организм питательные вещества распадаются на мельчайшие частицы (мономеры), лишённые видовой специфичности, и переходят (всасываются) во внутреннюю среду организма.

В процессе пищеварения каждый отдел пищеварительной системы выполняет конкретные функции

3. Какова роль ротовой полости в процессе пищеварения?

Ротовая полость предназначена для реализации нижеследующих процессов.

Захват пищи – осуществляется с помощью зубов, десен, языка, губ.

Опробование пищи – происходит благодаря наличию на слизистой ротовой полости хемо-, термо- и механорецепторов. В случае неприятного вкуса пища отторгается (выплевывается). Если же вкус пищи удовлетворительный, то происходит ее обработка. В понятие обработка включается механическое размельчение, пропитывание ее слюной.

Механическая и химическая обработка пищи – осуществляется за счет процесса жевания (см. вопрос № 6) и ферментов слюны (см. вопрос № 4).

Формирование, увлажнение пищевого комка и подготовка его к глотанию происходит в процессе жевания и пропитывания пищи слюной.

Кондиционирование содержимого ротовой полости – то есть увлажнение (см. выше), согревание или охлаждение пищевого комка.

Антибактериальная обработка пищи за счет бактерицидного действия веществ, входящих в состав слюны (например: лизоцима, лактоферрина).

Всасывание некоторых компонентов пищи (глюкозы, алкоголя, ионов и др.) происходит в незначительных количествах и не имеет практического значения. Однако с медицинской точки зрения важно, что ряд лекарственных веществ (нитроглицерин, тестостерон и др.) могут всасываться в ротовой полости и для этого лекарственный препарат помещают под язык.

Включение в работу последующих отделов пищеварительной системы происходит благодаря безусловным рефлексам, начинающимся с хемо-, механо- и терморецепторов ротовой полости, которые запускают (активируют) выделение желудочного и поджелудочного сока, а также желчи (см. вопросы № 18, 27, 29)

4. Каково количество, состав и значение слюны?

Слюна представляет собой вязкую, мутноватую жидкость низкой плотности, которая в незначительном количестве выделяется вне процесса пищеварения, смачивая ротовую полость. Однако в повседневной жизни в течение суток секретруется *500-1500 мл слюны*. Источниками ее являются околоушные, подчелюстные и подъязычные железы, а также множество мелких желез, находящихся в основном на щечной поверхности слизистой полости рта.

Слюна содержит серозный (в частности ферменты **α -амилазу** и **мальтазу**) и слизистый (в основном **муцин**) компоненты. Околоушные железы выделяют серозный секрет, имеющий слегка кислую реакцию (рН 5,8-6,0), подчелюстные и подъязычные – смешанный секрет (рН 6,0-7,4), а мелкие железы – слизистый секрет (рН 7,2-7,4). Поэтому в течение суток рН слюны может колебаться в диапазоне рН 6,0-7,4. При усиленном слюноотделении слюна становится более щелочной.

В составе слюны обнаруживаются и другие ферменты, большая часть которых попадают туда путем **рекреции** (в данном случае *рекреция* – это процесс проникновения фермента из крови в железистые клетки или выводные протоки слюнных желез). Например, около 50% самой **α -амилазы** попадает в состав слюны путем рекреции из поджелудочной железы (по схеме: поджелудочная железа → **α -амилаза** → кровь → слюнная железа → слюна). У детей раннего возраста имеется **лингвальная липаза**, выделяющая секреторными клетками Эбнера, располагающимися на корне языка. Она имеет определенное значение для гидролиза жиров материнского молока в полости желудка (см. вопрос 11).

Значение слюны можно сформулировать следующим образом:

- способствует смачиванию пищи и формированию пищевого комка;
- защищает слизистую полости рта и пищевода от механических повреждений грубыми частицами пищи;
- способствует начальному гидролизу углеводов за счет **α -амилазы** (внутри пищевого комка этот процесс продолжается некоторое время в желудке!)
- обеспечивает бактерицидное воздействие на пищу благодаря содержащимся в ней протеолитическим ферментам (лизоциму, саливаину и др.), не имеющим большого значения для процесса пищеварения.

5. Каков механизм регуляции секреции слюны?

Регуляция секреции слюнных желез в основном *рефлекторная*. Она осуществляется по механизму безусловных (рис. 1) и условных рефлексов (рис. 2).

Безусловнорефлекторная регуляция начинается с попадания пищи в полость рта и раздражения хемо-, механо- и терморцепторов (они могут раздражаться и непищевыми веществами!). Импульсы с этих рецепторов по тройничному, лицевому, языкоглоточному и блуждающему нервам поступают в слюноотделительный центр продолговатого мозга и далее через ряд структур в кору больших полушарий (*в корковое представительство центра слюноотделения!*).

Эфферентная иннервация слюнных желез осуществляется как парасимпатическими, так и симпатическими нервами.

Парасимпатическая иннервация осуществляется барабанной струной и языкоглоточным нервом. Их стимуляция обеспечивает отделение большого количества жидкой («отмывной») слюны, содержащей незначительное количество белка.

Симпатическая иннервация слюнных желез осуществляется из грудных сегментов (II – IV) спинного мозга и обеспечивает отделение небольшого количества густой слюны, богатой муцином.

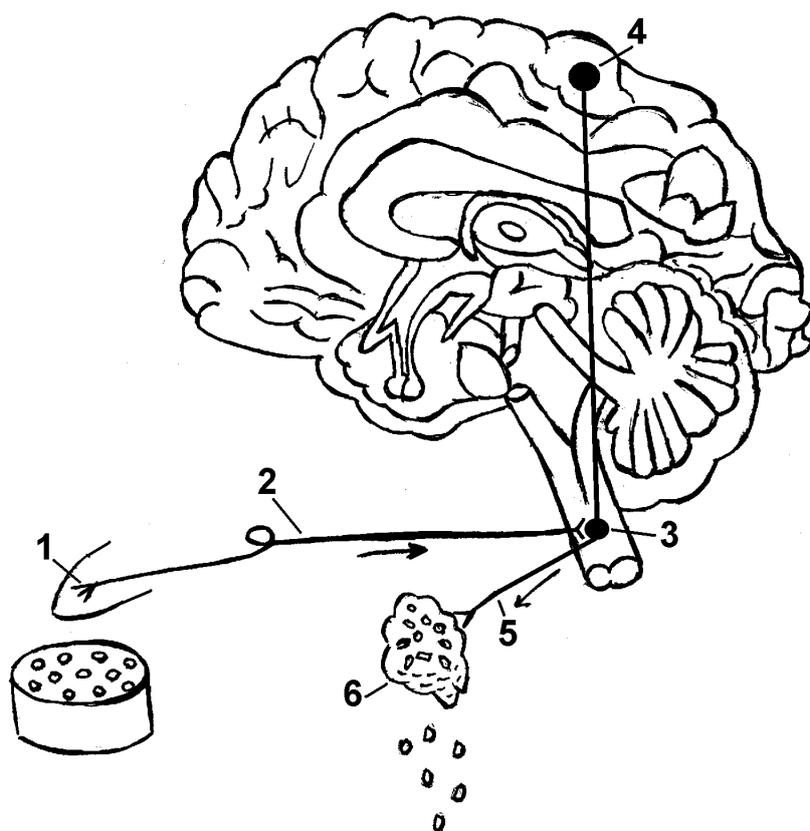


Рис.1. Безусловно-рефлекторная регуляция слюноотделения

1 – хемо-, механо- и терморепторы ротовой полости, 2 – афферентные нервы, 3 – слюноотделительный центр продолговатого мозга, 4 – корковое представительство центра безусловного рефлекса, 5 – эфферентные нервы, 6 – слюнные железы

Условно-рефлекторная регуляция обеспечивается в ответ на вид, запах пищи, на привычную обстановку, в которой происходит прием пищи и др. Слюноотделение у человека может резко усиливаться при разговоре о еде (особенно у голодного человека!).

На рис. 2 приводится схема условно-рефлекторного отделения слюны на вид пищи, для лучшего понимания которой следует обратить внимание на учебно-методические материалы по разделу «Высшая нервная деятельность» (учебник и лекции по курсу нормальной физиологии). На этой схеме путь продвижения процесса возбуждения при реализации условно-рефлекторной регуляции выглядит следующим образом: *фоторецепторы* → *корковый отдел зрительного анализатора* → *корковое представительство центра безусловного рефлекса* → *слюноотделительный центр продолговатого мозга* → *эфферентные парасимпатические волокна* → *слюнные железы*.

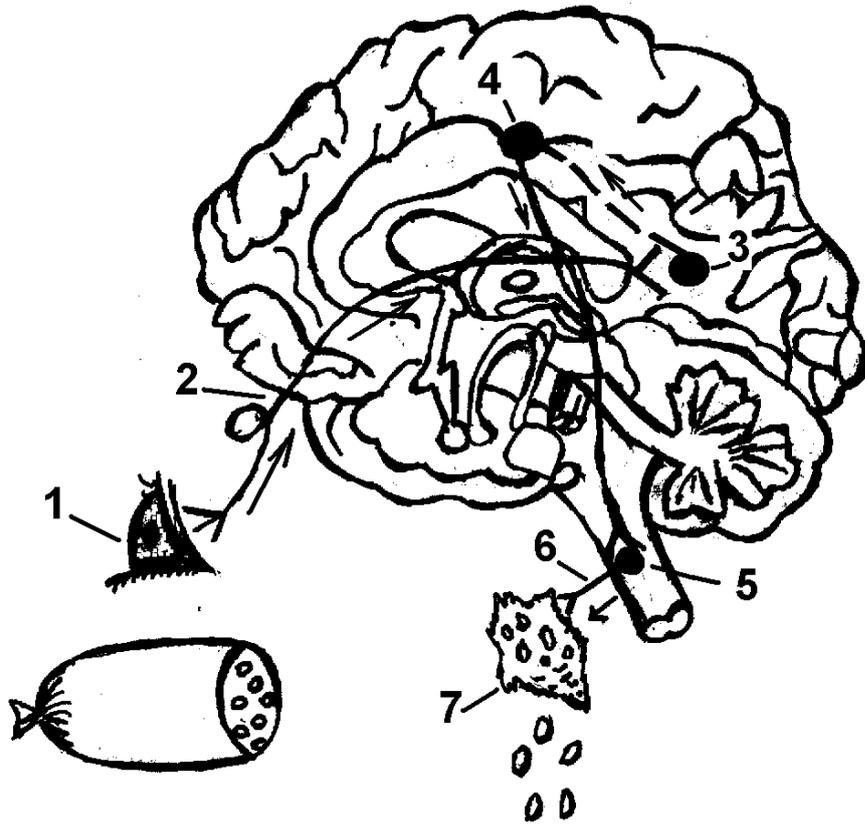


Рис. 2. Условно-рефлекторная регуляция слюноотделения (отделение слюны на вид пищи)
 1 – фоторецепторы, 2 – афферентный путь, 3 – корковый отдел зрительного анализатора, 4 – корковое представительство центра безусловного рефлекса, 5 – слюноотделительный центр продолговатого мозга, 6 – эфферентные нервы, 7 – слюнные железы

Таким образом, механизм регуляции отделения слюны имеет сложнорефлекторный характер. В регуляции секреции слюны участвуют и многочисленные гуморальные факторы, роль которых менее изучена и менее значима.

6. Как осуществляется механическая обработка пищи?

Механическая обработка пищи происходит во время акта **жевания**, который может осуществляться как произвольно, так и автоматически по механизму безусловных рефлексов за счет включения врожденных моторных программ, сформированных в подкорковых базальных ганглиях (стриопаллидарная система мозга).

Процесс жевания – обеспечивается сокращением жевательных мышц, перемещающих нижнюю челюсть по отношению к верхней, движением губ, щек и языка. Главным «инструментом» в процессе жевания являются зубы. Резцы обеспечивают режущий эффект (откусывание), а коренные зубы перетирают, перемалывают пищу. Следует отметить, что при отсутствии зубов их функцию выполняют десны, но качество обработки пищи при этом существенно страдает.

Если процесс жевания произвольный, то управление им идет из моторной коры больших полушарий. Если же процесс жевания автоматический, то его регуляция осуществляется за счет импульсов, поступающих по тройничным нервам от механорецепторов полости рта в продолговатый мозг (в «**центр жевания**»). Из этого центра импульсы поступают к жевательным мышцам по двигательным волокнам тройничных нервов.

В процессе жевания происходит формирование пищевого комка, пропитывание его слюной с одновременной антибактериальной обработкой и подготовка к проглатыванию.

7. Как происходит процесс глотания?

Логическим завершением процесса жевания является *глотание*, то есть перемещение пищи из ротовой полости в полость желудка. В процессе глотания различают 3 стадии:

- **ротовую** (*произвольную*) – она является результатом жевательных движений, в процессе которых *пищевой комок попадает на корень языка* (одновременно пищевой комок соприкасается с твердым небом);

- **глочную** (*непроизвольную, быструю*) – она является следствием раздражения механорецепторов корня языка; в результате этого *рефлекторно сокращаются:*

- *мышцы*, приподнимающие мягкое небо (*пища не попадает в полость носа!*);

- *мышцы*, поднимающие гортань, что приводит к закрытию входа в гортань надгортанником (*пища не попадает в дыхательные пути*);

- *мышцы языка и мышцы глотки*, что способствует *быстрому (около 1 сек.) перемещению пищевого комка в полость глотки*; этому способствует и разность давлений в ротовой полости (выше) и в полости глотки (ниже) – **в результате расслабляется верхний пищеводный сфинктер и пищевой комок попадает в начальный отдел пищевода**;

- **пищеводную** (*непроизвольную, медленную*) – она обеспечивается перистальтическими, поступательными (в направлении желудка) сокращениями стенки пищевода. Скорость перемещения пищи по пищеводу различна и составляет от 1сек. (жидкая) до 10 сек. (твердая); *примечательно, что перемещение пищи по пищеводу не зависит от положения тела и даже в невесомости идет с той же скоростью!*

Следует иметь ввиду, что во время этой стадии происходит рефлекторная релаксация (расслабление) стенок кардиального отдела желудка, что способствует накоплению (депонированию) проглоченной пищи (см. вопрос 9).

В клинической практике достаточно часто наблюдаются нарушения процесса глотания. Например, при ослаблении перистальтических сокращений пищевода может происходить заброс содержимого желудка в пищевод, что будет сопровождаться неприятными ощущениями, которые называются **изжогой**. При избыточном заглатывании воздуха чрезмерно повышается давление внутри желудка, что сопровождается неприятным чувством тяжести и выталкиванием (**отрыгиванием**) воздуха из полости желудка.

Процесс глотания завершает обработку пищи в ротовой полости и пищевой комок попадает в желудок.

8. Каковы функции желудка?

Желудок является самой расширенной частью желудочно-кишечного тракта, объем которого доходит до 3 литров и более. В организме человека желудок выполняет целый ряд функций, одни из которых непосредственно связаны с процессом пищеварения, а другие имеют общие назначения.

Среди функций желудка выделяют следующие:

- *депонирующая;*
- *защитная (антибактериальная);*
- *секреторная;*
- *химическая обработка пищевых веществ;*
- *моторная;*
- *эндокринная (регулирующая);*
- *всасывательная;*
- *экскреторная;*

Рассмотрим эти функции более подробно!

9. В чем смысл депонирующей функции желудка?

Для человека естественным и рациональным является дробное питание (завтрак, обед и др.). В процессе еды пища поступает значительными по объему порциями и не может быть сразу переработана в кишечнике. Какое-то время она хранится в полости желудка (обычно ее уже обозначают термином *химус*), где происходит ее антибактериальная обработка и подготовка к гидролизу в кишечнике. Далее химус постепенно (порциями) поступает в 12-перстную кишку.

Человек, которому по медицинским показаниям удалили желудок или значительную его часть, вынужден питаться меньшими по объему порциями пищи, но частота приемов пищи при этом увеличивается!

10. В чем заключается смысл защитной (антибактериальной) функции желудка?

Несмотря на то, что человек питается термически обработанной пищей, она не является стерильной. Поступающие вместе с пищей микроорганизмы расселяются во всех отделах пищеварительного тракта. Но значительная их часть погибает или резко снижает свою активность (а значит, не проникает во внутреннюю среду организма) благодаря нескольким **антибактериальным барьерам**, расположенным по ходу пищеварительного тракта. *Первым таким барьером является ротовая полость* (см. вопрос 4). *Следующим (вторым) барьером является полость желудка*, в соке которого погибает вся кислотонеустойчивая флора под действием соляной кислоты, выделяющейся обкладочными клетками слизистой желудка.

Кроме того, в составе желудочного сока содержится лизоцим и другие вещества, обладающие антибактериальным действием.

11. В чем заключается секреторная функция желудка?

Клетками слизистой оболочки желудка постоянно секретируются компоненты желудочного сока. Выделяют три типа секреторных клеток:

- главные – продуцируют и выделяют основные ферменты желудочного сока – **пепсины** (А, В, С, D);
- обкладочные (париетальные) – продуцируют и выделяют **HCl**;
- добавочные продуцируют и выделяют слизь, в составе которой находится **внутренний фактор Кастла**.

Пепсины, входящие в состав желудочного сока, являются протеолитическими ферментами. Различают несколько разновидностей пепсинов, которые в различных литературных источниках имеют свои названия (гастриксин, химозин, реннин и др.). Они вырабатываются в неактивной форме в виде **пепсиногенов**, которые переходят

в активную форму в полости желудка под действием соляной кислоты и проявляют свою активность в кислой среде (оптимум рН для различных пепсинов колеблется от 1 до 5). Под влиянием пепсинов белки подвергаются гидролизу до олигомеров (полипептидов, пептидов).

Выработка пепсинов преимущественно стимулируется соляной кислотой (ионами H^+), хотя в этом участвуют и другие факторы (например, гастрин).

Соляная кислота желудочного сока выполняет целый ряд функций:

- обладает бактерицидным действием, в результате чего в полости желудка погибает вся кислотонеустойчивая флора;
- активизирует переход пепсиногенов в пепсины;
- создает оптимальную среду для действия пепсинов;
- способствует набуханию и денатурации белков, а значит, их лучшему гидролизу;
- участвует в механизме контроля за эвакуацией содержимого желудка в 12-перстную кишку, вызывая возникновение запирающего рефлекса (см. вопрос 24);
- стимулирует синтез **секретина** в эндокринных S-клетках слизистой двенадцатиперстной кишки (см. вопрос 27).

Выработка соляной кислоты активируется рядом веществ, к которым *на мембране обкладочных клеток есть специфические рецепторы*. К этим веществам относятся:

- **гистамин**, воздействующий на H_2 -рецепторы;
- **гастрин**, воздействующий на гастриновые рецепторы;
- **ацетилхолин**, воздействующий на М-холинорецепторы.

Наибольший эффект стимуляции секреции соляной кислоты происходит при совместном раздражении всех перечисленных рецепторов. При отсутствии одного из названных выше факторов секреция соляной кислоты резко снижается.

Слизь – это мукоидный секрет, в составе которого преобладают гликопротеины и протеогликаны. Слизь покрывает внутреннюю поверхность желудка слоем, толщиной 1-2 мм, что защищает стенку желудка, как от механических повреждений, так и от действия ферментов и соляной кислоты. Слизь не пропускает соляную кислоту к эпителию, и поэтому на поверхности эпителия непосредственно среда нейтральная или даже слегка щелочная за счет бикарбонатов, выделяющихся клетками эпителия. То есть, слизь на поверхности энтероцитов создает так называемый мукозо-бикарбонатный буфер (барьер). В ряде случаев это барьер повреждается. Этому способствуют ряд факторов:

- **высокая концентрация в желудочном соке соляной кислоты;**
- **высокая пептидэргическая активность пепсинов желудочного сока, подвергающих слизь гидролизу;**
- **длительный контакт слизистой с концентрированным алкоголем;**
- **деятельность бактерий *Helicobacter pylori*;**
- **снижение секреции бикарбонатов, продуцируемых клетками эпителия;**
- **нарушение микроциркуляции крови в слизистой оболочке желудка.**

Секрецию слизи стимулируют секретин, холецистокинин (ХЦК) и другие вещества. Следует помнить, что ацетилсалициловая кислота (аспирин) угнетает секрецию слизи и поэтому способствует образованию язв на слизистой желудка.

Внутренний фактор Кастла (гастромукопротеин) способствует всасыванию витамина В₁₂ (**внешний фактор Кастла**) в кровь.

Липаза. В отношении происхождения липазы желудочного сока нет единого мнения. Возможно, что она вырабатывается секреторными клетками слизистой желудка, но, скорее всего, она попадает в состав желудочного сока путем рекреции (считается, что в этом случае она имеет панкреатическое происхождение). Для пищеварения в желудке взрослого человека она, как и лингвальная липаза, не имеет практического значения, так как активна только в слабокислой, нейтральной и щелочной среде. Такая среда имеет место у детей грудного возраста. Поэтому у них и желудочная и лингвальная липаза активно подвергают гидролизу эмульгированные жиры молока.

12. В чем заключается химическая обработка пищи в желудке?

В желудок поступает пищевой комок, в котором находятся белки, жиры и углеводы.

Белки в полости желудка подвергаются частичному гидролизу до олигомеров (пептидов) *под действием пепсинов*, являющихся эндопептидазами. Один из пепсинов – *реннин (химозин)* приводит к створаживанию молока за счет перехода белка казеиногена в казеин.

Жиры. У взрослых гидролиз жиров практически не происходит, так как *липаза желудочного сока не активна в кислой среде*. Но у детей раннего возраста липаза активна (см. вопрос 11) и подвергает гидролизу *эмульгированные* (размельченные, находящиеся в состоянии эмульсии) жиры молока до глицерина и жирных кислот.

Углеводы, находясь в глубине пищевого комка, могут подвергаться гидролизу за счет амилазы слюны в первые 10-15 минут, пока он не пропитался соляной кислотой.

13. В чем заключается моторная функция желудка?

Моторная функция желудка предназначена для механического воздействия на пищевой комок (пропитывание его желудочным соком, разделение на фрагменты, передвижение в полости желудка, эвакуация в полость двенадцатиперстной кишки).

В состоянии натощак стенки желудка расслаблены, в силу чего желудок вытянут в вертикальном направлении (это хорошо заметно на рентгенограмме желудка). Во время приема первых порций пищи происходит *расслабление мышц стенки кардиального отдела желудка* (см. вопросы 7, 9). Одновременно начинается *тоническое сокращение мышц в области тела и пилорического отдела желудка* (сокращаются гладкие мышцы всех трех слоев стенки желудка). При постепенном заполнении желудка пищей тонические сокращения усиливаются, что способствует лучшему контакту химуса со стенками желудка и пропитыванию его желудочным соком. Кроме того, *перистальтические сокращения* (см. вопрос 34) стенки желудка способствуют продвижению химуса к выходу из желудка и его эвакуации в 12-перстную кишку.

14. В чем заключается эндокринная (регулирующая) функция желудка?

В эндокринных клетках пищеварительного тракта вырабатывается целый ряд гуморальных факторов, регулирующих (*активирующих и тормозящих*) его секреторную и моторную деятельность. Кроме того, они оказывают трофическое влияние

на клетки слизистой оболочки пищеварительного тракта и контролируют процессы всасывания.

Чтобы не усложнять изложение учебного материала, в дальнейшем мы будем упоминать лишь наиболее, на наш взгляд, значимые из них!

Подобные гуморальные факторы вырабатываются и в желудке (см. учебник по нормальной физиологии). Среди этих факторов особое место занимает **гастрин**, продуцируемый G-клетками слизистой желудка, которых особенно много в пилорическом отделе желудка (около 1/3 общего количества G-клеток находится в слизистой 12-перстной кишки). Гастрин вырабатывается в виде прогастрина, который под действием соляной кислоты переходит в активную форму и всасывается в кровь. Гастрин стимулирует, прежде всего, работу обкладочных клеток слизистой желудка. Кроме того, он активизирует образование сока поджелудочной железы, богатого бикарбонатами, а также усиливает моторику кишки.

15. В чем заключается всасывательная функция желудка?

Слизистая желудка хорошо кровоснабжается (особенно в раннем постнатальном онтогенезе) и поэтому в желудке осуществляется всасывание целого ряда веществ, появившихся там как в составе принятой пищи, так и в результате гидролиза питательных веществ. Таким образом, происходит транспорт воды, солей, глюкозы, алкоголя, лекарственных веществ и ряда других веществ. Среди них следует обратить внимание на всасывание целого ряда веществ, усиливающих прямо или косвенно секрецию желудочного сока.

К таким веществам относятся:

- *экстрактивные вещества*, которые также стимулируют выработку гастрина, но могут прямо стимулировать работу железистых клеток желудка (*Экстрактивные вещества – это низкомолекулярные вещества, находящиеся в отварах мяса, рыбы, овощей и грибов. Среди них различают азотсодержащие (карнозин, креатин, креатинин, гипоксантин, пуриновые основания и др.) и не содержащие азота (глюкоза, фруктоза, рибоза, гликоген, молочная кислота и др.). Более выраженным стимулирующим эффектом на желудочную секрецию обладают азотсодержащие экстрактивные вещества.*) (см. вопрос 19);

- *кофеин*, непосредственно стимулирующий работу железистых клеток;

- *алкоголь*, который в низких концентрациях (*столовые вина*) стимулирует работу железистых клеток желудка, но в высоких концентрациях (крепкие алкогольные напитки) оказывает вредное воздействие на слизистую оболочку и повреждает железистые клетки;

- *продукты неполного гидролиза белков (олигомеры) и аминокислоты*, которые стимулируют образование и освобождение гастрина в G-клетках слизистой желудка (см. вопрос 19); обычно в полости желудка отмечается крайне незначительное содержание аминокислот.

Следует иметь в виду, что основные процессы всасывания продуктов гидролиза питательных веществ происходят не в желудке, а в тонкой кишке!

16. В чем заключается экскреторная функция желудка?

Экскреторная функция – это функция выведения из внутренней среды продуктов метаболизма и токсических веществ во внешнюю среду. Такой функцией обла-

дает весь желудочно-кишечный тракт, в том числе и желудок. Например, при патологии выделительной функции почек в крови накапливаются как продукты метаболизма, так и токсические вещества, которые должны в норме выводиться из организма. В этом случае они экскретируются в просвет пищеварительной трубки и могут всосаться (то есть, вернуться) в кровь.

Это следует иметь в виду будущему врачу! Одной из лечебных процедур в таких случаях (кроме гемодиализа) является промывание желудка и кишечника.

После анализа функций желудка рассмотрим механизмы регуляции его секреторной и моторной активности

17. Каковы механизмы регуляции секреции желудочного сока?

Механизмы регуляции отделения желудочного сока, как и многие другие вопросы физиологии пищеварительной системы, были изучены в лаборатории И.П. Павлова. *За цикл работ по физиологии пищеварительных желез в 1904 году И.П. Павлову была присуждена Нобелевская премия.*

В настоящее время выделяют три фазы секреции желудочного сока:

- I фаза – сложнорефлекторная;
- II фаза – нейрогуморальная (желудочная);
- III фаза – нейрогуморальная (кишечная).

18. Каков механизм I фазы желудочной секреции?

Сложно-рефлекторная фаза или *мозговая*, как ее называл И.П.Павлов, реализуется на основе безусловных и условных рефлексов (рис. 3). Она осуществляется по механизму, сходному с механизмом регуляции слюноотделения (см. вопрос 5).

Безусловнорефлекторная регуляция начинается с момента попадания пищи в полость рта и раздражения хемо-, механо- и терморцепторов (они могут раздражаться и непищевыми веществами!). Импульсы с этих рецепторов по тройничным, лицевым, языкоглоточным и блуждающим нервам поступают в продолговатый мозг и активируют центр (секреторные ядра блуждающего нерва), контролирующей желудочную секрецию. Кроме того, из продолговатого мозга информация поступает в *корковое представительство описанного безусловного рефлекса*, что является важным условием для формирования условно-рефлекторного отделения желудочного сока.

Условно-рефлекторная регуляция обеспечивается в ответ на вид, запах пищи, на привычную обстановку, в которой происходит прием пищи и др. Условнорефлекторное отделение желудочного сока возможно на искусственные раздражители (включение звонка, лампочки и др.), но об этом вы узнаете в разделе «Физиология высшей нервной деятельности».

На рисунке 3 приводится схема рефлекторного отделения желудочного сока в ответ на вид пищи. На этой схеме путь продвижения процесса возбуждения при реализации условно-рефлекторной регуляции выглядит следующим образом: *фоторецепторы → корковый отдел зрительного анализатора → корковое представительство центра безусловного рефлекса → секреторный центр блуждающего нерва (продолговатый мозг) → эфферентные волокна блуждающего нерва → желудочные железы.*

Следует, однако, иметь в виду, что импульсы, подходящие к желудку по блуждающему нерву активируют и выработку в G-клетках гормона гастрина, который также стимулирует работу секреторных клеток желудка.

Первая фаза секреции желудочного сока начинается через несколько десятков секунд после начала кормления, но из фистулы желудочный сок появляется через 5-10 минут, так как должно сначала накопиться какое-то определенное его количество. Длится первая фаза в среднем 1,5-3 часа. Экспериментально ее можно увидеть в чистом виде в опыте «*многого кормления*». Для этого специально подготовленное животное (см. Приложение) следует кормить и наблюдать отделение желудочного сока из «басовской фистулы».

По ходу развития первой фазы начинает проявляться вторая фаза, которая наслаивается на первую.

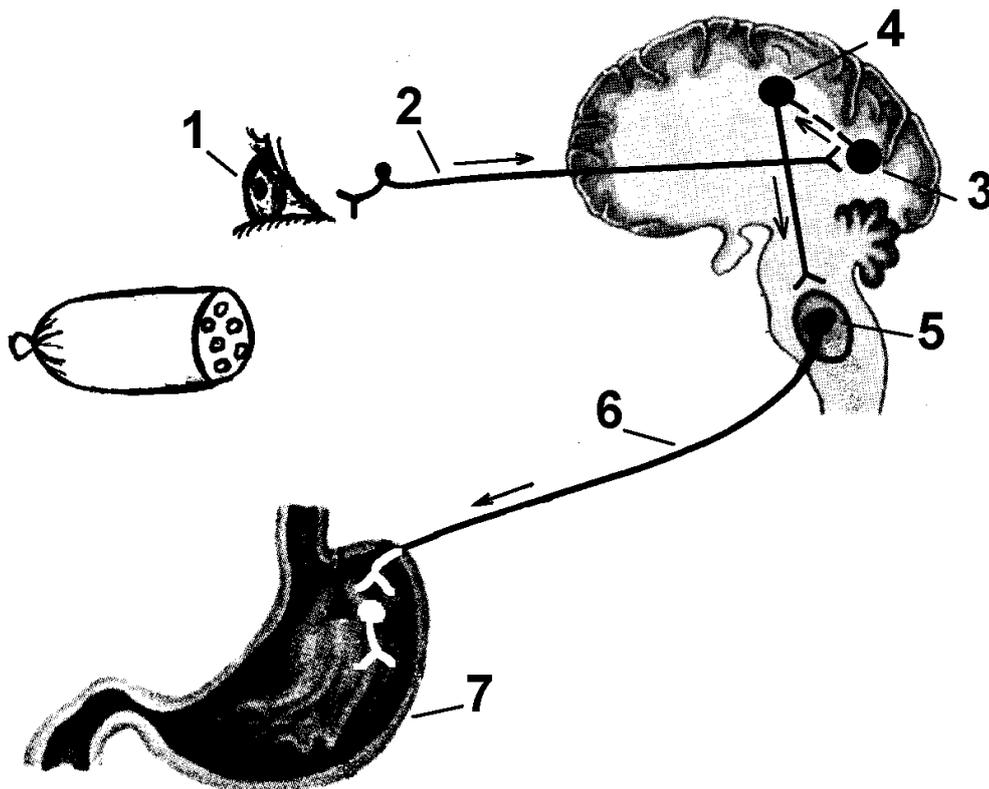


Рис. 3. Условно-рефлекторная регуляция отделения желудочного сока (отделение желудочного сока на вид пищи)

1 – фоторецепторы, 2 – афферентный путь, 3 – корковый отдел зрительного анализатора, 4 – корковое представительство центра безусловного рефлекса, 5 – центр продолговатого мозга, 6 – эфферентные нервы, 7 – железы желудка

19. Каков механизм II фазы желудочной секреции?

II фаза желудочной секреции по своему механизму называется **нервно-гуморальной**. Добавление – «*желудочная*» показывает, что эта фаза начинается тогда, когда химус поступает в желудок и вызывает раздражение его механо- и хеморецепторов!

Нервный механизм этой фазы в основном обусловлен раздражением химусом механо- и хеморецепторов стенки желудка. В ответ на это возникают рефлексы, осуществляемые по длинной и короткой рефлекторным дугам.

Длинная рефлекторная дуга реализуется по следующей схеме: рецепторы слизистой желудка → афферентные волокна блуждающего нерва → центр блуждающе-

го нерва → эфферентные волокна блуждающего нерва → секреторные и эндокринные (G) клетки слизистой желудка.

Короткая рефлекторная дуга реализуется посредством периферических рефлексов, рефлекторная дуга которых замыкается в нервных сплетениях самой стенки желудка.

Гуморальный механизм обеспечивается выработкой основного желудочного гормона *гастрина* в эндокринных G-клетках стенки желудка, который, попадая в кровь, стимулирует преимущественно работу париетальных клеток слизистой желудка (см. вопрос № 14).

Стимулируется выработка гастрина продуктами неполного гидролиза белков, (они появляются в желудке под действием пепсинов!), а также экстрактивными веществами (см. вопрос № 15). Предполагается следующий механизм активации выработки гастрина под действием олигопептидов и экстрактивных веществ. Экстрактивные вещества и олигомеры (а также алкоголь в слабых концентрациях и кофеин) оказывают раздражающее влияние на чувствительные клетки слизистой оболочки желудка. Это вызывает местную рефлекторную активацию G-клеток (периферический рефлекс) и усиление выработки гастрина.

Выработка гастрина **стимулируется** и за счет импульсов, поступающих к желудку по блуждающему нерву (см. вопрос 18).

Тормозится выработка гастрина при значительном увеличении кислотности в полости желудка, а при $pH < 3$ выработка гастрина вообще прекращается. Это происходит потому, что соляная кислота тормозит работу G-клеток как непосредственно, так и опосредованно через стимуляцию выработки D-клетками слизистой желудка *соматостатина*, который тормозит работу G-клеток, воздействуя паракринно.

Экстрактивные вещества наряду с кофеином и алкоголем могут и непосредственно активировать работу желудочных желез.

Вторая фаза желудочной секреции плавно переходит в третью фазу, которую И.П. Павлов не отделял от второй фазы!

20. Каков механизм III фазы желудочной секреции?

Эта фаза, как и вторая, тоже называется *нервно-гуморальной*. Добавление – «кишечная» поясняет, что начинается она тогда, когда химус попадает в 12-перстную кишку. В эту фазу также присутствует нервный механизм, связанный с растяжением стенки 12-перстной кишки. Имеет место и гуморальный механизм. Это связано с тем, что в ее слизистой также есть G-клетки, продуцирующие одну из разновидностей гастрина, который в данном случае иногда называют *энтерогастрином*.

Вторую и третью фазу можно пронаблюдать в эксперименте на собаках с изолированным желудочком по способу Гейденгайна (см. Приложение).

Полноценную секрецию желудочного сока (все три фазы в совокупности) в эксперименте можно пронаблюдать в опытах на собаках с изолированным желудочком по способу И.П.Павлова (см. Приложение).

21. Каковы механизмы торможения желудочной секреции?

Практически любой физиологический процесс подвержен воздействию как стимулирующих, так и ингибирующих (тормозящих) факторов. То есть, в нормаль-

ных условиях функционируют механизмы, снижающие (ограничивающие) интенсивность отделения желудочного сока.

Тормозит желудочную секрецию симпатический отдел вегетативной нервной системы. В связи с этим рекомендуется принимать пищу в спокойной обстановке (человек не должен быть эмоционально возбужден, не должен отвлекаться на разговоры, чтение во время еды и др.; по этому поводу есть русская поговорка «Когда я ем, я глух и нем!»).

Не рекомендуется принимать пищу сразу по окончании тяжелой физической работы, а после приема пищи человек должен отдохнуть. Механизм тормозного действия симпатической нервной системы на желудочную секрецию (и вообще на секрецию пищеварительных желез) объясняется тем, что при ее активации происходит сужение сосудов слизистой желудка. В связи с этим, следует понимать, что курение (до, после еды и вообще!) тормозит желудочную секрецию, так как никотин способствует сужению просвета сосудов!

Ингибируют желудочную секрецию и ряд гуморальных факторов, которые или тормозят выработку гастрина в G-клетках (например, **соматостатин**, см. вопрос 19), или оказывают непосредственное угнетающее влияние на работу секреторных клеток (**секретин**, **холецистокинин (ХЦК)**). В частности ХЦК опосредует тормозящее влияние жирной пищи, попавшей в 12-перстную кишку, на выработку желудочного сока.

На собаках, прооперированных по способу И.П.Павлова, получены интересные данные, демонстрирующие особенности отделения желудочного сока при питании продуктами, содержащими преимущественно или белки, или жиры, или углеводы, что хорошо иллюстрируется кривыми отделения желудочного сока.

22. Как объяснить особенности отделения желудочного сока в ответ на поступление в организм мяса, хлеба и молока? (Анализ кривых отделения желудочного сока).

В этих экспериментах собак с изолированным желудочком по способу И.П.Павлова кормили разной пищей:

- 1) **мясом**, то есть преимущественно **белками**;
- 2) **хлебом**, то есть преимущественно **углеводами**;
- 3) **молоком**, то есть преимущественно **жирами**.

При этом шла регистрация динамики и интенсивности отделения желудочного сока (рис. 4). Из анализа кривых видно, что при употреблении мяса и хлеба *в течение первого часа* секреция желудочного сока выражена достаточно хорошо, но очень слабо проявляется при употреблении молока. С одной стороны, это объясняется тем, что мясо и хлеб являются сильными безусловно-рефлекторными раздражителями (происходит раздражение механорецепторов ротовой полости при жевании, а молоко не является сильным механическим раздражителем). С другой стороны, хлеб и мясо являются сильными условно-рефлекторными раздражителями (хлеб и мясо являются основной пищей для животных, находящихся в виварии, и они к этой пище привыкли – условный рефлекс (!), тогда как молоком в виварии кормят преимущественно щенков и оно не является привычной пищей для взрослых животных).

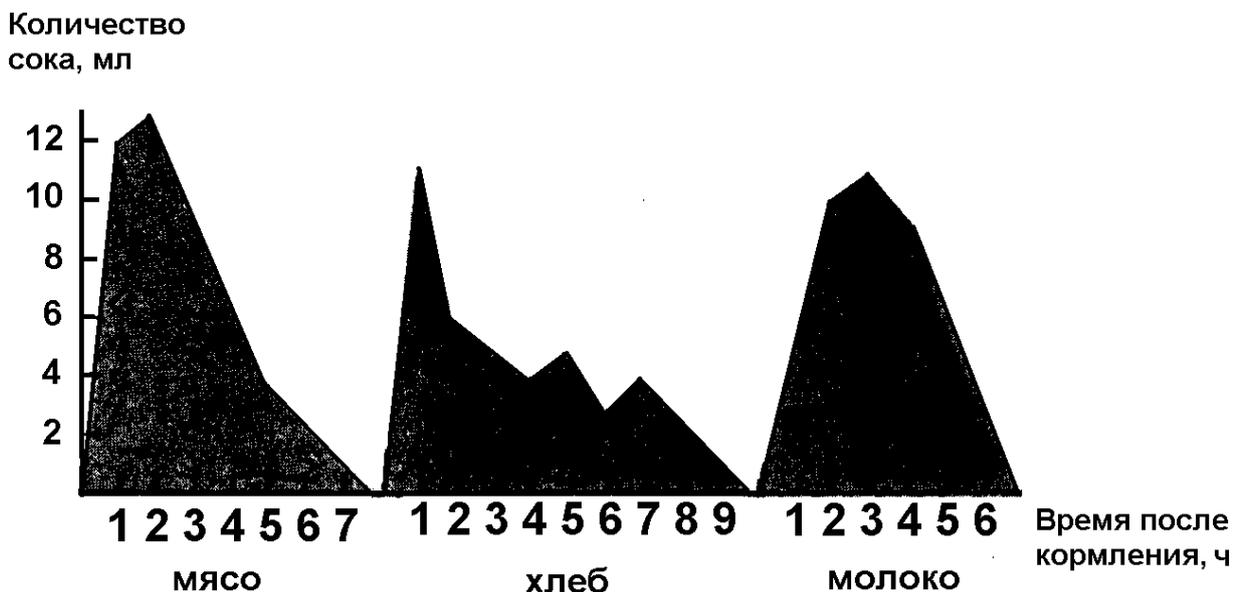


Рис. 4. Кривые отделения желудочного сока при питании мясом, хлебом и молоком

В течение второго часа секреция на мясо и на молоко нарастает, а на хлеб снижается. Это объясняется тем, что продукты гидролиза белков мяса и молока активизируют выработку гастрина, а значит, стимулируют вторую фазу желудочной секреции. Продукты гидролиза углеводов не стимулируют вторую фазу, и поэтому секреция на хлеб резко снижается.

При анализе кривых заметно, что продолжительность секреции на указанные продукты существенно отличается. Секреция более продолжительна на хлеб, так как растительная клетчатка долго переваривается и оказывает механическое воздействие на стенки желудка. Молоко, наоборот, не является сильным механическим раздражителем, быстрее эвакуируется из желудка и способствует выработке в 12-перстной кишке гуморальных факторов, тормозящих желудочную секрецию (назовем лишь некоторые из них – секретин, холецистокинин, соматостатин).

Пища (химус) находится в желудке достаточно долгое время (6-10 часов) и постепенно (порционно) переходит в 12-перстную кишку.

23. Каков механизм перехода химуса из желудка в 12-перстную кишку?

Выше было отмечено, что в желудке происходит депонирование пищи. По мере наполнения желудка и продвижения химуса к пилорическому отделу происходит изменение его консистенции и эвакуация в 12-перстную кишку. На скорость этого процесса влияет целый ряд факторов:

- **консистенция химуса** – более жидкий химус быстрее переходит в кишечник;
- **разница гидростатического давления химуса в полости желудка и в полости 12-перстной кишки** – чем она больше, тем быстрее происходит процесс эвакуации;
- **осмотическое давление химуса** – химус с высоким осмотическим давлением дольше задерживается в желудке;
- **содержание белков, жиров и углеводов** – дольше задерживается жирная пища, а быстрее всего эвакуируется пища, содержащая в основном углеводы;

- **эффективность гидролитических процессов в желудке** – пища, в большей степени подвергнутая гидролизу, быстрее переходит в 12-перстную кишку;
- **степень кислотности химуса** – химус с более низким рН дольше задерживается в желудке (см. вопрос 24);
- ряд других факторов (температура химуса, степень пищевой мотивации, состояние пилорического сфинктера и др.)

24. Какова роль соляной кислоты в механизме эвакуации содержимого желудка в 12-перстную кишку?

Роль соляной кислоты в механизме эвакуации содержимого желудка в 12-перстную кишку достаточно велика и учитывается при самой различной патологии пищеварительной системы.

Чтобы понять этот механизм, следует исходить из следующих обстоятельств, которые имеют место в состоянии натощак:

- **пилорический сфинктер открыт;**
- **в пилорическом отделе нейтральная или слабощелочная среда.**

На этом фоне при приеме первых порций пищи усиливаются тонические сокращения стенки желудка и пилорический сфинктер закрывается. Сформировавшийся пищевой комок, пропитанный соляной кислотой, перистальтическими сокращениями передвигается в пилорический отдел. Здесь, благодаря мощному сокращению гладких мышц стенки желудка (его называют «*систолическим*» или «*пульсивным*»), происходит значительное повышение давления химуса (до 10-25 см водного столба), в результате чего пилорический сфинктер открывается.

Открывание сфинктера позволяет порции химуса (50-100 мл) перейти из желудка в 12-перстную кишку, где в норме среда щелочная (!). Кислое содержимое желудка является мощным раздражителем для хеморецепторов слизистой 12-перстной кишки, в результате чего пилорический сфинктер закрывается (срабатывает «запирательный» рефлекс). Сфинктер будет закрыт до тех пор, пока соляная кислота не будет нейтрализована бикарбонатами кишечного, поджелудочного соков и желчи.

В результате работы пилорического сфинктера частично переработанная пища порционно поступает в 12 перстную кишку.

25. Что происходит в 12-перстной кишке?

12-перстная кишка представляет собой верхний отдел тонкой кишки. Он не значителен по протяженности, но имеет очень большое значение для процессов пищеварения. Здесь есть все условия для наиболее эффективного гидролиза питательных веществ:

- **химус поступает из полости желудка малыми порциями** (см. вопрос 23);
- **в ее просвет выделяется сок поджелудочной железы с полным набором ферментов, необходимых для гидролиза белков, жиров и углеводов** (см. вопрос 26);
- **создается оптимальная среда (рН 7,5-8,0) для действия ферментов поджелудочного сока** (за счет бикарбонатов, входящих в состав кишечного и поджелудочного соков, а также желчи);
- **в ее просвет выделяется желчь;** за счет входящих в ее состав желчных кислот осуществляется антибактериальная обработка химуса (см. вопрос 31);

- происходит **нейтрализация** кислого содержимого желудка и **нейтрализация** его ферментов;
- начинаются **процессы всасывания** продуктов гидролиза питательных веществ.

26. Какие ферменты содержатся в составе поджелудочного сока и какова их роль в химической обработке пищи?

В составе поджелудочного сока содержатся все основные ферменты, необходимые для гидролиза белков, жиров и углеводов.

Протеолитические ферменты

1) **трипсиноген**. Это неактивный фермент, который в полости 12-перстной кишки под действием **энтерокиназы** кишечного сока переходит в активное состояние – **трипсин**. Трипсин активирует все остальные протеолитические ферменты (в том числе и новые порции трипсиногена) и профосфолипазу.

Трипсин является мощным протеолитическим ферментом, который подобно пепсину желудочного сока является эндопептидазой и разрушает внутренние связи в молекулах белка животного происхождения. В результате образуются пептиды (олигомеры) и незначительное количество аминокислот.

2) **химотрипсиноген**. Под влиянием трипсина неактивный химотрипсиноген переходит в активную форму – **химотрипсин**, который, являясь эндопептидазой, подвергает гидролизу белки преимущественно растительного происхождения до пептидов.

3) **прокарбоксипептидазы А и В**. Эти ферменты также не активны, но в полости кишки под действием трипсина они переходят в активную форму – **карбоксипептидазы А и В**, которые, являясь экзопептидазами, подвергают гидролизу пептиды до аминокислот (мономеров).

4) **проэластаза**. Вырабатывается в неактивной форме и под действием трипсина переходит в **эластазу**, которая расщепляет белки соединительной ткани: эластин и коллаген.

Липолитические ферменты

1) **липаза**. Вырабатывается в активном виде, но ее активность значительно повышается в присутствии желчных кислот.

2) **профосфолипаза**. Вырабатывается в неактивном виде и под действием трипсина переходит в **фосфолипазу**.

Липаза и фосфолипаза подвергают гидролизу эмульгированные жиры до глицерина и жирных кислот.

Амилолитические ферменты

Это **α -амилаза**, вырабатываемая в активном виде и расщепляющая полисахариды до дисахаридов. Дисахариды расщепляются до моносахаридов ферментами (дисахаридазами) кишечного сока.

27. Каковы механизмы регуляции отделения поджелудочного сока?

Выделяют три фазы отделения поджелудочного сока:

- I фаза – сложнорефлекторная;
- II фаза - нейрогуморальная (желудочная);
- III фаза - нейрогуморальная (кишечная).

По сути дела эти фазы напоминают фазы отделения желудочного сока.

I фаза складывается также из совокупности безусловных и условных рефлексов, механизм которых описан в вопросе 18. Отделение поджелудочного сока начинается через 2-3 минуты после начала кормления, что было продемонстрировано на собаках с фистулой поджелудочной железы (см. Приложение) и длится в среднем 1,5-2 часа.

II фаза протекает также, как II фаза желудочной секреции (см. вопрос 19). Основным ее действующим началом является гормон **гастрин**, который стимулирует работу не только желудочных желез, но и секреторную активность поджелудочной железы.

III фаза обеспечивается нервными и гуморальными механизмами.

Роль нервных механизмов менее значима и заключается в рефлекторном усилении секреции поджелудочной железы в ответ на растяжение стенки 12-перстной кишки (рефлекс реализуется через афферентные и эфферентные волокна блуждающих нервов).

Более значима роль гуморальных механизмов. Под влиянием соляной кислоты желудочного сока **эндокринные S-клетки**, находящиеся в стенке 12-перстной кишки, продуцируют гормон **секретин**, который, попадая в кровь и подходя к поджелудочной железе, стимулирует образование поджелудочного сока, обогащенного бикарбонатами, необходимыми для нейтрализации соляной кислоты.

Под влиянием продуктов неполного гидролиза белков, аминокислот, жирных кислот в эндокринных клетках, находящихся в стенке 12-перстной кишки, образуется гормон **холецистокинин (ХЦК)**, который стимулирует образование поджелудочного сока, обогащенного ферментами.

Наряду с поджелудочным соком в процессе пищеварения в 12-перстной кишке важную роль играет желчь.

28. Где образуется желчь? Каков механизм желчеобразования и как осуществляется его регуляция?

Желчь образуется в печени. Основными механизмами желчеобразования являются процессы **филтрации** и **секреции**, которые **постоянно(!)** идут в печени (в гепатоцитах). В течение суток у человека образуется 600-1000 мл желчи. Вместе с тем, процесс желчеобразования (**холерез**) может быть усилен рядом обстоятельств:

- **актом еды** – в этом случае проявляется *сложнорефлекторный механизм*, описанный в ответе на вопрос 18;
- **воздействием химуса на механо- и хеморецепторы пищеварительного тракта и, особенно 12-перстной кишки** (наиболее выраженное действие оказывает жирная пища, яичные желтки) – рефлекс реализуется через волокна блуждающего нерва;
- **гуморальными факторами**, среди которых наиболее важными являются **секретин, ХЦК, гастрин и сама желчь (желчные кислоты)**.

29. Каков механизм желчевыделения (холекинеза) и как осуществляется его регуляция?

Желчь, отделяясь постоянно, продвигается по желчным путям благодаря двум обстоятельствам:

- *состояние сфинктеров желчевыводящих путей (рис. 5), которые находятся под контролем сложных нейрогуморальных механизмов регуляции;*
- *разность давления желчи в различных участках желчевыводящих путей.*

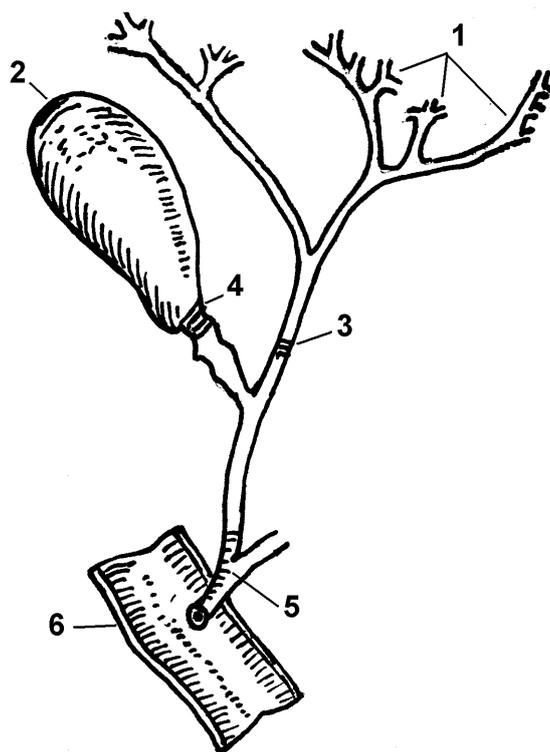


Рис. 5. Желчевыводящие пути

1 – желчные протоки, 2 – желчный пузырь, 3 – сфинктер Люткенса, 4 – сфинктер Мирицци, 5 – сфинктер Одди, 6 – двенадцатиперстная кишка

В состоянии натощак желчь не может попасть непосредственно в 12-перстную кишку, так как в это время закрыт сфинктер Одди (сфинктер общего желчного протока). Поэтому она через открытые сфинктеры Мирицци и Люткенса попадает в желчный пузырь. В желчном пузыре происходит не только его заполнение желчью, но и концентрирование желчи за счет всасывания воды.

В момент приема пищи происходит незначительное расслабление сфинктера Одди и сокращение желчного пузыря, в результате чего небольшая часть желчи под давлением изгоняется из желчного пузыря в 12-перстную кишку. Однако полное опорожнение желчного пузыря происходит в том момент, когда химус попадает в 12-перстную кишку и вызывает раздражение механо- и хеморецепторов ее стенки. Особенно сильное воздействие оказывает жирная пища, яичные желтки, молоко. Мощным стимулятором желчевыделения является ХЦК (менее активны гастрин и секретин). Подобным стимулирующим действием обладает ряд химических веществ. Среди них наиболее известна серноокислая магнезия, которая используется на практике при зондировании 12-перстной кишки с целью получения желчи.

30. Каков состав желчи?

В сухом остатке желчи содержится целый ряд компонентов:

- *желчные кислоты (гликохолевая и таурохолевая);*
- *желчные пигменты (билирубин, биливердин – придают специфическую желто-коричневую окраску желчи);*
- *бикарбонаты;*

- *холестерин, липиды, жирные кислоты;*
- *неорганические соли;*
- *муцин.*

В составе желчи могут оказаться ферменты, попавшие туда путем рекреции! Есть сведения, что в ней может находиться *щелочная фосфатаза* печеночного происхождения. *Другие ферменты печень не продуцирует!*

31. Какова роль желчи в процессе пищеварения?

Желчь в процессе пищеварения выполняет ряд очень важных функций:

- *нейтрализует соляную кислоту желудочного сока за счет содержащихся в ней бикарбонатов;*
- *инактивирует пепсины;*
- *эмульгирует жиры и делает их более доступными действию липаз;*
- *повышает активность липазы панкреатического сока;*
- *способствует всасыванию жирных кислот (транспортную функцию выполняют желчные кислоты!);*
- *способствуют всасыванию витаминов А, Д, Е, К;*
- *повышает моторную активность кишки;*
- *оказывает бактериостатическое действие;*
- *стимулирует процесс желчеобразования.*

Ведущую роль во всех этих функциях играют желчные кислоты.

Пищеварение, происходящее в 12-перстной кишке под действием поджелудочного сока и желчи, продолжается в тонкой кишке. Этому способствует отделение кишечного сока и моторика кишки.

32. Каков состав кишечного сока?

В течение суток выделяется около 2-2,5 литров кишечного сока, представляющего собой вязкую мутную жидкость (рН 7,2-9,0), которая является продуктом секреции клеток слизистой оболочки кишки. В составе кишечного сока содержатся как неорганические (гидрокарбонаты и фосфаты натрия, калия и кальция), так и органические вещества (белки, аминокислоты, мочевины, слизь). В кишечном соке находятся более 20 различных ферментов, которые обеспечивают в основном конечные стадии гидролиза питательных веществ. Среди них следует отметить пептидазы, амилазы, липазы, дисахаридазы, нуклеазы, щелочную фосфатазу и др.

33. Каков механизм регуляции отделения кишечного сока?

Механизмы регуляции отделения кишечного сока были изучены в экспериментах на собаках, прооперированных по способу Тири-Велла (см. Приложение). В них было показано, что центральные механизмы регуляции слабо выражены, то есть акт еды (сложнорефлекторная фаза – см. вопрос 18) не вызывает существенного усиления секреции кишечного сока. Главную роль здесь играют местные механизмы регуляции, то есть воздействие на механо- и хеморецепторы кишки химусом, что вызывает рефлекторное (периферические рефлекторные дуги!) *местное* усиление секреции кишечного сока.

34. Дайте характеристику видам моторной деятельности тонкой кишки.

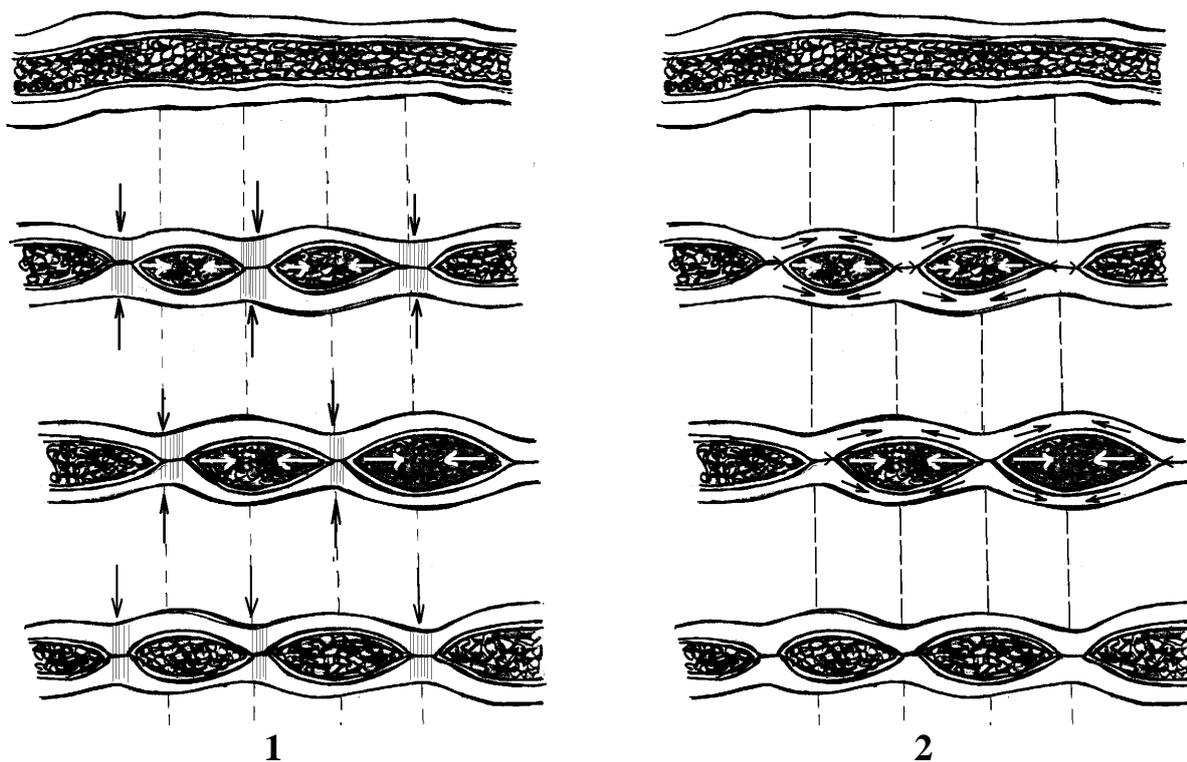
Кишечная стенка имеет продольный и поперечный слой гладких мышц, работа которых обеспечивает моторную деятельность кишки. Различают следующие типы сокращения тонкой кишки:

- **тонические** – это равномерное умеренное укорочение всех слоев гладких мышц, за счет чего кишка находится в состоянии тонуса; такое состояние позволяет кишке плотно охватывать химус, пропитывая его кишечным соком, облегчает процессы всасывания;

- **ритмическая сегментация** – обеспечивается периодическими (в разных участках кишки) сокращениями поперечного слоя гладкой мускулатуры кишки (рис. 6, 1), что обеспечивает разделение кишки на отдельные сегменты, в которых создается «зона повышенного давления» химуса (улучшается контакт химуса со стенкой кишки, улучшается его перемешивание);

- **маятникообразные** – обеспечиваются периодическими сокращениями на некоторых ограниченных участках кишки продольной мускулатуры, что обеспечивает их расширение (рис. 6, 2), а значит, создание «зоны пониженного давления» химуса (при этом в комбинации с ритмической сегментации улучшается перемешивание химуса);

- **перистальтические** – обеспечиваются координацией сокращений продольной и поперечной мускулатуры кишки (в месте нахождения химуса и проксимальнее его сокращается кольцевая мускулатура, а дистальнее химуса сокращается продольная мускулатура), что позволяет продвигать химус по кишечнику (рис. 6, 3).



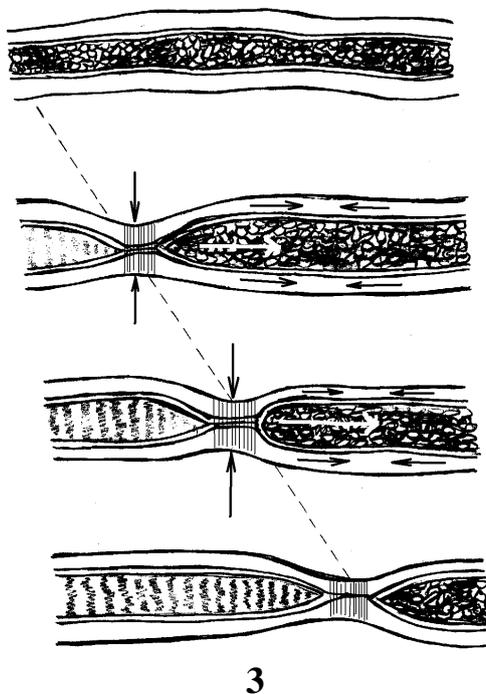


Рис. 6. Типы моторной деятельности тонкой кишки

1 – ритмическая сегментация, 2 – маятникообразные сокращения, 3 – перистальтические сокращения

35. Как регулируется моторная деятельность кишки?

Все перечисленные выше типы сокращения кишки можно пронаблюдать как в целостном организме, так и на изолированной петле кишки в опытах *in vitro*. Это доказывает наличие **местных механизмов регуляции моторной активности кишки**. Воздействие химуса на механо- и хеморецепторы кишки вызывает рефлекторное местное усиление моторики кишки, которое осуществляется за счет периферических рефлексов, замыкающихся в нервных сплетениях стенки кишки.

Однако в регуляции моторики тонкой кишки имеют место и центральные механизмы. В экспериментах показано, что умеренное раздражение симпатических нервов тормозит моторику кишки, а умеренное раздражение парасимпатических нервов, наоборот, активирует ее. Вместе с тем, сильное раздражение симпатических нервов (или мощная активация симпатoadреналовой системы в целостном организме!) резко усиливает моторику кишки, вызывая **диарею**. Чрезмерное раздражение парасимпатических нервов, наоборот, может привести к торможению моторики кишки.

Секреторная и моторная деятельность кишки способствуют эффективному завершению процессов гидролиза питательных веществ до мономеров, всасыванию этих мономеров и продвижению в толстую кишку не переваренных остатков химуса.

36. Как проходят заключительные стадии гидролиза питательных веществ в тонкой кишке?

В тонкой кишке имеют место 2 типа пищеварения:

- **внеклеточное**, которое в свою очередь может быть: **внутриполостным** и **пристеночным**;

- *внутриклеточное*, которое обеспечивается *эндоцитозом* достаточно крупных молекул продуктов неполного гидролиза питательных веществ и их внутриклеточной обработкой лизосомальными ферментами (см. вопрос 40).

37. В чем заключается сущность внутриполостного пищеварения?

Внутриполостное пищеварение происходит в полости кишки, где химус *перемешан* с поджелудочным и кишечным соками, желчью и слизью. Этот тип пищеварения имеет следующие недостатки:

- *химус не представляет собой гомогенную субстанцию, а значит, питательные вещества и продукты их неполного гидролиза не имеют достаточного контакта с активными ферментами;*
- *активные группы ферментов не обязательно ориентированы в сторону подходящего для них субстрата, то есть фермент-субстратное взаимодействие выражено не в полной мере;*
- *химус постоянно передвигается вдоль кишки, и активные ферменты покидают тонкую кишку «не выполнив своей задачи»;*
- *химус постоянно передвигается по кишке, и продукты гидролиза не успевают всосаться во внутреннюю среду организма.*

38. В чем заключается сущность пристеночного пищеварения?

Академик А.М. Уголев в оригинальных исследованиях показал, что пристеночное пищеварение является более эффективным по сравнению с полостным!

Чтобы понять суть пристеночного пищеварения, следует вспомнить морфологию тонкой кишки. Слизистая оболочка тонкой кишки имеет множество круговых складок, увеличивающих внутреннюю поверхность кишки в 3 раза. На всей поверхности слизистой тонкой кишки имеется множество ворсинок, внутри которых проходят кровеносные и лимфатические сосуды, и имеется слой гладкомышечных клеток, благодаря которым эти ворсинки могут сокращаться (это способствует процессу всасывания). Наличие ворсинок увеличивает внутреннюю поверхность кишки приблизительно в 10 раз. На апикальной поверхности энтероцитов имеется «щеточная кайма» (микроворсинки), наличие которой увеличивает площадь внутренней поверхности кишки в 10-40 раз (на 1 мм² слизистой оболочки кишки располагается до 100 млн. микроворсинок). Таким образом, активная площадь поверхности тонкой кишки, на которой осуществляется контакт с химусом, увеличивается в 300-500 раз и составляет у взрослого человека около 200 м².

Пристеночное пищеварение осуществляется в трех зонах:

- *поверхность слизистой оболочки кишки;*
- *слой гликокаликса;*
- *апикальная поверхность энтероцитов;*

В них последовательно происходит гидролиз олигомеров белков, жиров и углеводов до мономеров под действием ферментов поджелудочного и кишечного соков. Причем ферменты поджелудочного сока проявляют свое действие в основном в слизи, находящейся на поверхности гликокаликса. Ферменты кишечного сока проявляют свое действие во всех трех зонах, а на апикальной поверхности энтероцитов даже находятся в фиксированном состоянии. Здесь же, в мембрану энтероцитов встроены транспортные системы (связанные с ферментной системой), которые способствуют всасыванию мономеров питательных веществ (аминокислот, моносахаридов и жир-

ных кислот) во внутреннюю среду организма. Поэтому механизм, объединяющий работу гидролитических ферментов, фиксированных на мембране энтероцитов, и, связанные с ними транспортные системы мономеров, иногда называют **«пищеварительно-транспортным конвейером»**.

В связи с тем, что основные процессы окончательного гидролиза питательных веществ и их всасывания происходят на поверхности мембраны энтероцитов, пристеночное пищеварение часто называют «мембранным» или «контактным пищеварением».

39. Каковы особенности пристеночного пищеварения?

Особенности пристеночного пищеварения обусловлены в основном мембранным пищеварением и выглядят следующим образом:

- за счет механической и химической обработки пищи в полости желудка и в кишке **у стенки кишки находится гомогенная масса химуса, смешанная со слизью и ферментами кишечного и поджелудочного соков;**
- **ферменты**, участвующие в гидролизе, строго фиксированы на поверхности энтероцитов и гликокаликсе **и не мигрируют в дистальном направлении вместе с химусом, что повышает эффективность гидролиза;**
- **активные группы ферментов**, фиксированных на мембране энтероцитов и в гликокаликсе, **своими активными центрами строго ориентированы в просвет кишки, что повышает их эффективность;**
- **ферменты фиксированы на мембране энтероцитов настолько плотно, что представляют собой механическую и биологическую защиту от проникновения во внутреннюю среду организма патогенной микрофлоры;**
- **ферменты**, фиксированные на мембране энтероцитов, **участвуют в формировании пищеварительно-транспортного конвейера (процесс окончательного гидролиза питательных веществ, сопряженный с их транспортом во внутреннюю среду принято обозначать как «пищеварительно-транспортный конвейер»).**

Пристеночное пищеварение лучше представлено в молодом и зрелом возрасте и значительно хуже в пожилом и старческом возрасте. Во всех возрастных группах оно лучше выражено в проксимальных отделах кишки.

Заключительным этапом пищеварения является всасывание продуктов гидролиза и некоторых веществ, поступивших непосредственно с пищей. Процессы всасывания происходят во всех участках пищеварительного тракта (см. вопросы 3, 15, 44), но наиболее интенсивно они выражены в тонкой кишке, особенно в верхних ее отделах.

40. Какие факторы способствуют всасыванию продуктов гидролиза в тонкой кишке?

Для всасывания в желудочно-кишечном тракте, в том числе и в кишке, существуют только два пути проникновения мономеров питательных веществ во внутреннюю среду организма:

- **через эпителиоциты;**
- **через межклеточные пространства.**

В том и в другом случае эффективности процессов всасывания в тонкой кишке способствуют следующие факторы:

- большая суммарная площадь внутренней поверхности кишки (см. вопрос 38);
- наличие пищеварительно-транспортного конвейера на мембране энтероцитов;
- сократительная активность ворсинок (расслабление ворсинок способствует процессу всасывания, а их сокращение способствует продвижению всосавшихся веществ по кровеносным и лимфатическим сосудам);
- повышение внутриполостного давления, создающегося за счет моторной деятельности кишки (см. вопрос 34)
- усиление кровоснабжения кишки (во время пищеварения кровотоков в кишке возрастает в 3 раза), что обеспечивает энтероциты энергией для активных процессов всасывания и поддерживает достаточный концентрационный градиент между межклеточным содержимым ворсинок и быстро движущейся кровью.

41. Каковы механизмы транспорта веществ через стенку кишки?

Транспорт через кишечную стенку возможен тремя путями:

1. *трансмембранный перенос;*
2. *эндоцитоз;*
3. *персорбция.*

Трансмембранный перенос может осуществляться *активно* и *пассивно* (см. курс биофизики и химии). Многие вещества используют оба эти механизма. Например, транспорт глюкозы и аминокислот через апикальную мембрану осуществляется активно (с помощью ионов натрия). В то же время через базальную мембрану эти вещества переносятся пассивно (путем диффузии).

Эндоцитоз. С одной стороны эндоцитоз обеспечивает внутриклеточное пищеварение (см. вопрос 36), но, с другой стороны, целый ряд веществ, попав в энтероцит таким образом, проходит через него в неизменном виде и через базальную мембрану переходит во внутреннюю среду организма. Такой транспорт принято обозначать термином **трансцитоз**. Для взрослого человека он не играет существенной роли, но у новорожденных и грудных детей таким образом транспортируются белки молока, иммуноглобулины и другие вещества.

Персорбция. Это транспорт веществ по межклеточным пространствам. Таким путем может осуществляться переход во внутреннюю среду воды, электролитов, белков (это могут быть иммуноглобулины, ферменты и ряд других веществ). Путем персорбции могут проникать во внутреннюю среду и бактерии. Поэтому плотный контакт между энтероцитами, между ферментами, расположенными на их апикальной мембране, не позволяют микроорганизмам во внутреннюю среду (см. вопрос 38).

42. Каковы особенности всасывания различных веществ в тонкой кишке?

Всасывание воды и минеральных веществ. За сутки через пищеварительный тракт проходит до 10 литров воды. Этот объем составляет вода, принятая с пищей, и пищеварительные соки. Основная масса воды всасывается **пассивно** в верхних отделах тонкой кишки. Ведущей причиной всасывания воды является всасывание ионов натрия и хлора и повышение в результате этого осмотического давления в межклеточном пространстве, куда и устремляется вода, переходя затем во внутреннюю среду организма. Способствует всасыванию воды и переход в кровь продуктов гид-

ролиза белков и углеводов. **Вместе с водой всасываются и водорастворимые витамины.**

Но, если в просвете кишки находится гиперосмотический химус, то вода, наоборот, устремляется из внутренней среды организма в просвет кишки. На этом эффекте построено действие солевых слабительных препаратов.

Всасывание ионов натрия. Поступление натрия во внутреннюю среду организма осуществляется как через эпителиоциты, так и по межклеточным промежуткам. *Поступление натрия в энтероцит через его апикальную мембрану может быть обеспечено двумя механизмами. Это может быть как активный транспорт, так и пассивное проникновение из-за разности концентраций ионов в просвете кишки и в цитоплазме энтероцита.*

Через базолатеральную мембрану во внутреннюю среду организма натрий поступает, как правило, активно за счет работы натриевых насосов. Но при высоких концентрациях натрия внутри энтероцита он может выходить за его пределы и пассивно. Часто транспорт натрия сопряжен с транспортом хлора, глюкозы, аминокислот.

Поступление натрия по межклеточным промежуткам происходит пассивно.

Всасывание ионов хлора. Поступление хлора во внутреннюю среду организма происходит и пассивно и активно. Пассивное поступление хлора сопряжено с пассивным транспортом ионов натрия через межклеточные промежутки. Активный транспорт ионов хлора происходит через базальную мембрану и сопряжен с транспортом натрия или иона HCO_3^- .

Всасывание ионов калия. Транспорт калия происходит и пассивно (по электрохимическому градиенту) и активно, сопряженно с транспортом ионов натрия.

Всасывание других ионов. Транспорт кальция, фосфора, цинка, железа, марганца и других ионов происходит значительно медленнее, по сравнению с выше рассмотренными ионами, и зависит от целого ряда факторов (витаминов, характера пищи, лекарственных препаратов, активности желез внутренней секреции и др.).

Всасывание продуктов гидролиза углеводов. Углеводы утилизируются в основном в виде глюкозы и фруктозы. Наиболее изучено всасывание глюкозы. Оно осуществляется активно и пассивно. *Активный транспорт* осуществляется через апикальную мембрану. Этому способствует проникновение натрия в энтероцит. *Пассивный транспорт* осуществляется через базолатеральную мембрану энтероцита. Он идет по градиенту концентрации и облегчается в присутствии ионов натрия. Поэтому при дефиците энергии, необходимой для активной реабсорбции натрия (например, при нарушении кровообращения в кишечнике) всасывание глюкозы резко затрудняется.

Фруктоза всасывается медленнее, пассивно и без участия ионов натрия.

Всасывание продуктов гидролиза белков. Транспорт аминокислот осуществляется активно, благодаря специфическим переносчикам и ионам натрия. Всасывание аминокислот зависит от витаминов С, Е, D и группы В.

Всасывание продуктов гидролиза жиров. *Продукты гидролиза триглицеридов – жиров с длинной цепочкой атомов углерода:* жирные кислоты и моноглицериды образуют мицеллы диаметром около 100 нм и в таком виде они не могут перейти через стенку кишки во внутреннюю среду организма. Имеющиеся в составе желчи желчные кислоты вступают в контакт с мицеллами, делают их растворимыми и доводят до апикальной поверхности энтероцитов (сами желчные кислоты остаются

ся в полости кишки и всасываются в кровь лишь в нижних отделах подвздошной кишки). Здесь жирные кислоты и моноглицериды пассивно поступают в энтероцит, где вновь происходит синтез триглицеридов, которые образуют хиломикроны (мельчайшие жировые частицы, окруженные белковой оболочкой), которые всасываются в основном в лимфу.

Жирные кислоты и моноглицериды – продукты гидролиза жиров с короткой и средней углеродной цепочкой поступают в энтероциты и далее непосредственно в кровь. **Этот факт имеет важное клиническое значение для питания больных с поражением кишечника.**

Всасывание витаминов. Жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К) всасываются вместе с жирами. Водорастворимые витамины реабсорбируются активно, используя переносчики. Витамин В₁₂ всасывается, вступая в контакт с внутренним фактором Кастла (см. вопрос 11).

Однако, несмотря на активные процессы всасывания, имеющие место в тонкой кишке, в ней остается небольшой объем воды (400-2000 мл в сутки, ступают в толстую кишку через илеоцекальный сфинктер.

43. Что представляет собой илеоцекальный сфинктер?

Илеоцекальный сфинктер (заслонка, клапан) представлен конечным отделом подвздошной кишки, имеющим сложное строение и постоянно находящимся в состоянии тонического сокращения. В состоянии натощак сфинктер закрыт, но в процессе пищеварения открывается каждые 30-60 секунд, пропуская химус небольшими порциями (10-15 мл) в толстую кишку. Состояние сфинктера зависит от давления химуса как со стороны тонкой, так и со стороны толстой кишки. Основное предназначение илеоцекального сфинктера - *предупредить заброс бактерий из толстого кишечника в тонкий!*

44. Что происходит в толстой кишке?

Химус, попавший в толстую кишку, содержит очень мало питательных веществ, так как они подверглись гидролизу в тонкой кишке и произошло всасывание продуктов их гидролиза, поэтому содержание ферментов (пептидазы, липазы, амилазы, нуклеазы и др.) в соке толстой кишки крайне низкое. Кишечный сок в небольшом количестве выделяется в толстой кишке даже без раздражения ее химусом, но при механическом ее растяжении интенсивность сокообразования возрастает в 8-10 раз (за счет местных рефлекторных механизмов).

В толстой кишке продолжается всасывание жирных кислот, углеводов, водорастворимых витаминов и электролитов.

В толстой кишке идет процесс формирования каловых масс. Этому способствуют следующие факторы:

- **всасывание воды** - в результате чего в полости кишки остается то, что не подверглось гидролизу и не всосалось в кровь;
- **антиперистальтика** - особый вид моторики толстой кишки, обеспечивающий волнообразное сокращение стенки кишки в направлении, противоположном перистальтике (это способствует уплотнению каловых масс).

- **растительная клетчатка**, которая не подверглась гидролизу в тонкой кишке, связывает воду и тем самым увеличивает объем кала, а также способствует усилению моторики толстой кишки.

За сутки путем дефекации (см. вопрос 46) выделяется 150-250 г сформированного кала. Каловые массы состоят на 75-80% из воды, слизи, слущенного эпителия и непереваренных веществ. Сухой остаток кала содержит целлюлозу, неорганические вещества, бактерии (до 10-30%) и жир (около 5%).

Цвет каловых масс обусловлен продуктами разложения желчных кислот (при невозможности попадания желчи в желудочно-кишечный тракт кал становится белым!). Запах каловых масс обусловлен сероводородом, органическими кислотами, индолом и скатолом.

В толстой кишке, как и в других отделах желудочно-кишечного тракта, имеется микрофлора, имеющая большое значение для нормальной работы организма человека. Чем ближе к выходу из желудочно-кишечного тракта, тем выше концентрация микроорганизмов. Особенно высока она в толстой кишке.

45. Какова роль микрофлоры толстого кишечника?

В содержимом толстой кишки обнаружено большое количество микроорганизмов (*у новорожденных толстый кишечник стерилен и заселяется микрофлорой в течение первой недели жизни ребенка!*). Роль большинства из них изучена недостаточно. Наиболее изучена роль так называемой **«полезной микрофлоры»**, к которой, в частности, относятся бифидобактерии и молочнокислые бактерии. Роль этих микроорганизмов очень важна для целостного организма и заключается в следующем:

- подавление роста патогенной микрофлоры и, таким образом, создание иммунного барьера;
- синтез витаминов группы В, К и других биологически активных веществ (глутамат, ГАМК);
- конечное разложение непереваренных пищевых веществ (растительная клетчатка, пищевые волокна) и компонентов пищеварительных секретов (ферменты).

Неправильное (нерациональное) питание, бесконтрольное лечение антибиотиками приводят к нарушению соотношения нормальной и патогенной микрофлоры, что имеет очень серьезные последствия для всего организма.

46. Каковы особенности моторной деятельности толстой кишки?

В толстой кишке выделяют следующие виды моторики:

- **маятникообразные сокращения** – происходят так же, как в тонкой кишке (см. вопрос 34);
- **перистальтические сокращения** – происходят так же, как в тонкой кишке (см. вопрос 34);
- **антиперистальтические сокращения** – это по сути дела, перистальтика в обратном направлении, которая способствует перемешиванию химуса и уплотнению каловых масс; *наличие антиперистальтики в тонкой кишке является патологией*;
- **пропульсивные сокращения** – это усиленные перистальтические сокращения, возникающие 3-4 раза в сутки и способствующие быстрому продвижению химуса в дистальном направлении.

Регуляция моторики толстой кишки осуществляется в основном за счет местных (периферических) рефлексов, замыкающихся в интрамуральных ганглиях. *Стимулирует* моторику раздражение механо- и хеморецепторов слизистой толстой кишки. *Тормозит* моторику раздражение механорецепторов прямой кишки (также тормозят моторику адреналин и серотонин). Это способствует задержке акта дефекации.

47. Как осуществляется акт дефекации?

Дефекация – это опорожнение толстой кишки от каловых масс. Позыв к дефекации вызывает раздражение механорецепторов прямой кишки накопившимися в ней каловыми массами. Это происходит при повышении давления в прямой кишке до 40-50 см водного столба (давление около 20-30 см водного столба уже вызывает ощущение наполнения прямой кишки!).

В прямой кишке имеется два сфинктера: внутренний и наружный.

Внутренний сфинктер состоит из гладких мышц, иннервируемых вегетативной нервной системой. Наружный сфинктер образован поперечно-полосатыми скелетными мышцами, которые иннервируются соматической нервной системой. Вне акта дефекации оба сфинктера находятся в состоянии тонического сокращения.

Акт дефекации может осуществляться *непроизвольно* (по механизму безусловного рефлекса), так и *произвольно* (сознательно).

Безусловный рефлекс начинается с механорецепторов прямой кишки, при раздражении которых импульсы по *срамным и тазовым нервам* идут в «*центр дефекации*», расположенный в крестцовом отделе спинного мозга. Эфферентные импульсы по парасимпатическим волокнам, идущим в составе тазовых нервов, поступают к внутреннему анальному сфинктеру и вызывают его расслабление. Сам факт расслабления внутреннего сфинктера рефлекторно усиливает перистальтику прямой кишки, расслабление наружного сфинктера, и сокращение мышц брюшного пресса и диафрагмы.

Участие скелетных мышц наружного сфинктера позволяет *произвольно управлять актом дефекации* (этот механизм формируется на протяжении первого года жизни!)

Подводя итоги рассматриваемым выше вопросам раздела «Физиология пищеварения» следует, на наш взгляд, еще раз обратить внимание на ***некоторые особенности и закономерности*** в регуляции работы этой физиологической системы.

1. В регуляции принимают участие как нервные, так и гуморальные механизмы, функционирующие как на системном, так и на местном уровне.

2. Нервная регуляция осуществляется вегетативной (автономной) нервной системой. Активация парасимпатического отдела, как правило, усиливает моторную и секреторную активность желудочно-кишечного тракта, тогда как активация симпатического отдела вызывает противоположный эффект.

3. Имеются центральные и периферические механизмы нервной регуляции. По мере удаления от начальных отделов пищеварительного тракта роль центральных механизмов регуляции уменьшается и возрастает значение местных механизмов (периферических рефлексов).

4. Гуморальные механизмы регуляции функционирует наряду с нервными механизмами и тесно связаны с ними. Особенно это проявляется в «верхних этажах»

пищеварительного тракта, где более выражены системные механизмы регуляции. В «нижних этажах» пищеварительного тракта гуморальная регуляция более независима от нервной и чаще носит местный характер.

5. Факторы гуморальной регуляции формируют особую *систему гастроинтестинальных гормонов*, многочисленные компоненты которой оказывают разнообразное и часто противоположное влияние (*выражен их относительный антагонизм*) на одни и те же физиологические процессы, что обеспечивает гармоничную регуляцию процессов пищеварения и взаимосвязь различных отделов пищеварительной системы (*функциональный синергизм противоположных регуляторных воздействий*).

6. В действии гуморальных факторов проявляется определенная закономерность, выражающаяся в том, что практически каждый из них стимулирует процессы секреции и моторики в последующих (нижележащих) отделах желудочно-кишечного тракта, но тормозит их в предшествующих (вышележащих) отделах.

При постановке вопросов и ответах на них мы старались упростить изложение учебного материала, чтобы сконцентрировать внимание студента на основных положениях, объясняющих работу этой достаточно сложной физиологической системы. Во многом это коснулось системы гастроинтестинальных гормонов, которая рассматривается в курсе биологической химии. Вместе с тем, здесь мы хотим в сжатом виде показать физиологическую роль наиболее важных, на наш взгляд, гуморальных факторов этой системы.

ГАСТРИН

Вырабатывается в эндокринных **G-клетках** слизистой антрального отдела желудка и 12-перстной кишки под влиянием продуктов неполного гидролиза белков, экстрактивных веществ и при непосредственной стимуляции блуждающих нервов.

Гастрин стимулирует:

- секрецию соляной кислоты обкладочными клетками слизистой желудка;
- моторику антрального отдела желудка, а значит, эвакуацию химуса из полости желудка;
- выработку поджелудочного сока;
- выработку желчи и холекинез;
- моторику тонкой кишки;
- рост эпителия слизистой желудка и 12-перстной кишки (трофическое действие).

ГИСТАМИН

Вырабатывается в эндокринных **H-клетках** слизистой желудка (также тучными клетками и базофилами) под действием ацетилхолина (при поступлении импульсов по блуждающему нерву) и гастрина. Тормозит работу H-клеток соматостатин.

Гистамин воздействует на H₂-рецепторы **обкладочных** и главных клеток слизистой желудка и стимулирует образование **соляной кислоты** и пепсиногенов.

СЕКРЕТИН

Вырабатывается эндокринными *S-клетками* слизистой 12-перстной кишки под влиянием соляной кислоты.

Секретин стимулирует:

- выработку поджелудочного сока, обогащенного бикарбонатами;
- выработку бикарбонатов в составе желчи (способствует сдвигу рН желчи и щелочную сторону);
- процесс холекинеза.

Секретин тормозит:

- моторику желудка и замедляет эвакуацию химуса из полости желудка;
- реабсорбцию воды и солей в желчном пузыре и способствует выделению менее концентрированной желчи.

Секретин оказывает антитрофическое действие на эпителий слизистой желудка (тормозит рост клеток).

ХОЛЕЦИСТОКИНИН (ХЦК)

Вырабатывается эндокринными *I-клетками* слизистой 12-перстной кишки под действием продуктов неполного гидролиза белков, аминокислот и жирных кислот.

Холецистокинин стимулирует:

- выработку поджелудочного сока, обогащенного ферментами;
- выработку бикарбонатов в протоках поджелудочной железы;
- сокращение желчного пузыря и желчевыведение (холекинез);
- высвобождение инсулина, глюкагона и соматостатина в поджелудочной железе;
- появление «эффекта насыщения», являющегося сигналом к прекращению приема пищи.

Холецистокинин тормозит:

- секрецию соляной кислоты за счет активации выработки соматостатина;
- моторику желудка (эвакуацию химуса из полости желудка);

Холецистокинин оказывает трофическое влияние на клетки поджелудочной железы (стимулирует их рост).

СОМАТОСТАТИН

Вырабатывается эндокринными D-клетками поджелудочной железы и слизистой желудка под влиянием секретина, ХЦК, ацетилхолина (стимуляция блуждающего нерва) аминокислот, жирных кислот и некоторых других веществ.

Замедляется выработка соматостатина под влиянием веществ, воздействующих на α -адренорецепторы поверхностной мембраны D-клеток.

Соматостатин тормозит:

- работу обкладочных и главных клеток слизистой оболочки желудка, а значит, выработку соляной кислоты и пепсиногенов;
- работу H-клеток, а значит, выработку гистамина;
- работу G-клеток, а значит, выработку гастрина;
- моторику желудка и кишки, так как тормозит выработку гастрина.

Приложение

Настоящее приложение к учебно-методическим разработкам по разделу «Физиология пищеварения» разработано для иллюстрации основного учебного материала. Из множества экспериментальных и клинических методов изучения пищеварительной системы мы выбрали наиболее, на наш взгляд, демонстративные экспериментальные физиологические методики, позволившие получить современное представление о работе пищеварительной системы и клинические методы исследования, которые позволяют диагностировать и лечить самую различную патологию пищеварительной системы. При изложении физиологической сущности описываемых методик и подготовительных к ним оперативных вмешательств мы умышленно не будем останавливаться на тонкостях, касающихся чисто хирургических аспектов этих вмешательств.

1. Какие экспериментальные и клинические методы позволяют оценить функциональное состояние пищеварительной системы?

Среди множества методик, разработанных для изучения функций пищеварительной системы, студенту следует обратить особое внимание на нижеследующие экспериментальные и клинические методы.

Экспериментальные методы

- наложение фистулы выводного протока околоушной слюнной железы;
- наложение фистулы желудка;
- опыт «мнимого кормления»;
- создание изолированного желудочка по способу Гейденгайна;
- создание изолированного желудочка по способу И.П. Павлова;
- наложение фистулы выводного протока поджелудочной железы;
- наложение фистулы желчного пузыря;
- создание изолированной петли кишки по способу Тири-Велла;

Клинические методы

- электрогастрография;
- pH-метрия содержимого желудка;
- фоноэнтерография;
- зондирование;
- рентгенологическое обследование;
- ультразвуковое обследование.

Ниже мы достаточно подробно остановимся на экспериментальных методах исследования пищеварительной системы. Рассмотрим и те клинические методы, с которыми мы будем знакомиться на практических занятиях. Подробнее клинические методы будут рассматриваться на клинических кафедрах.

2. В чем заключается суть методики создания фистулы выводного протока околоушной слюнной железы?

Методика создания фистулы околоушной слюнной железы (*термин «фистула» означает связь между соседними полыми органами или между полыми органами и внешней средой*) была разработана в лаборатории И.П.Павлова. Для этого у собаки с одной стороны проток околоушной железы выводился на поверхность кожи (рис. 7). Это позволяло собирать вытекающую из железы слюну в специально за-

крепленную на коже пробирку. На таких собаках была продемонстрирована как безусловно-рефлекторная, так и условно-рефлекторная регуляция слюноотделения.

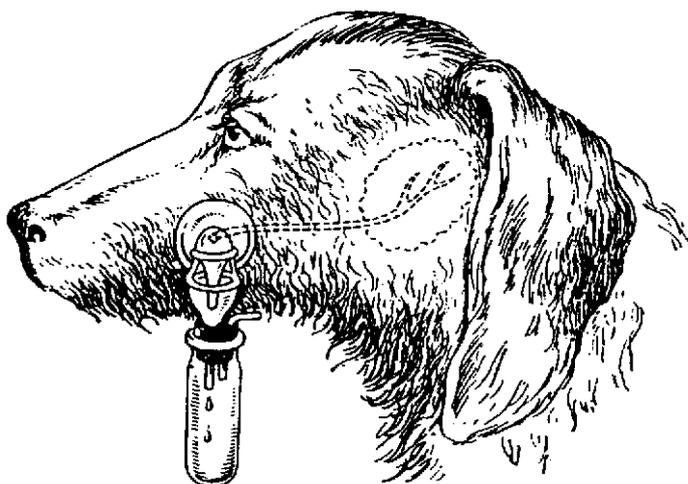


Рис. 7. Фистула околоушной слюнной железы

Для исследования слюноотделения у человека эффективно использовалась капсула Лешли-Красногорского (рис. 8), которая закреплялась на слизистой оболочке полости рта на месте естественного выхода протока околоушной слюнной железы в полость рта. Выделявшаяся слюна по трубочке стекала в пробирку.

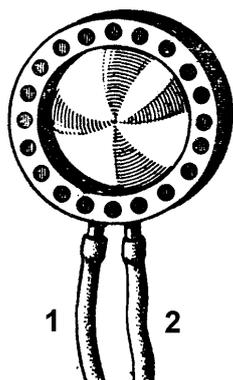


Рис. 8. Капсула Лешли-Красногорского

1 – трубка, соединенная с внутренней камерой, 2 – трубка, соединенная с внешней камерой

3. В чем заключается смысл методики создания фистулы желудка?

Идея создания фистулы желудка пришла из практической медицины. Хирург В.А. Басов у больных с непроходимостью пищевода предложил оперативно создавать фистулу желудка, через которую осуществлялось кормление больного. И.П.Павлов использовал эту методику для физиологических экспериментов, а фистулу стали называть «басовской».

Суть операции сводится к тому, что собаке (или другому экспериментальному животному) оперативно устанавливается связь между внешней средой и полостью желудка. Обычно для этого используется металлическая или пластмассовая катушка (фистула) с широким внутренним диаметром.

Таким образом, описанная методика позволяет в любое время как вводить в полость желудка какие-либо вещества, так и извлекать из желудка его со-

держимое (рис. 9 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 106).

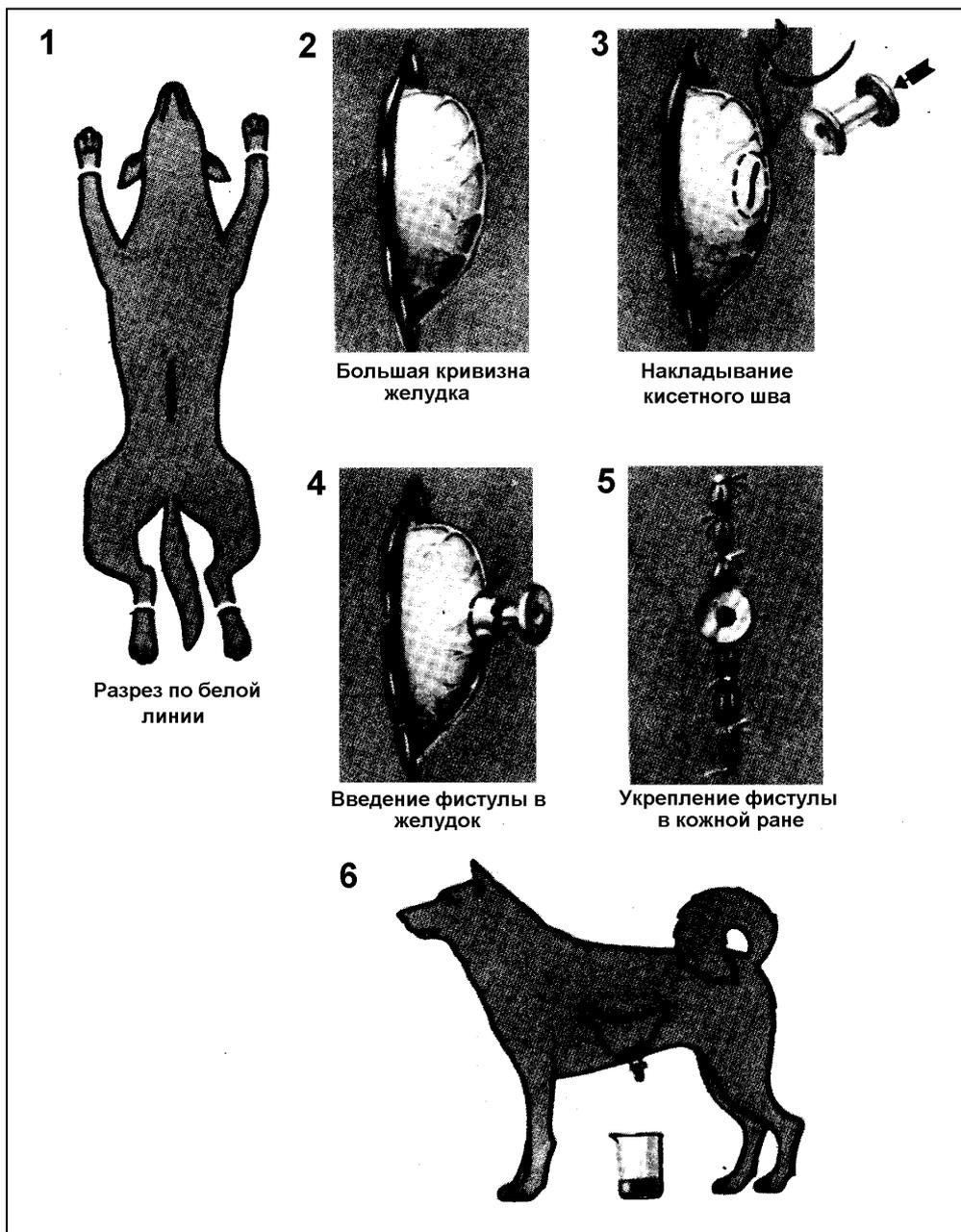


Рис. 9. Собака с фистулой желудка

4. В чем заключается опыт «многого кормления»?

Подготовка к опыту «многого кормления» требует двух предварительных операций. *На первом этапе* – у экспериментального животного создают «басовскую» фистулу. *На втором этапе* у животного производят перерезку пищевода, а его центральный и периферический отрезки подшиваются к коже (рис. 10 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 107). Это позволяет при кормлении животного не допускать попадания пищи в желудок (она вываливается наружу через периферический отрезок!). Через центральный отрезок перерезанного пищевода можно осуществлять искусственное кормление животного

На собаке, прооперированной таким образом, можно изучать в чистом виде механизм первой фазы секреции желудочного сока.

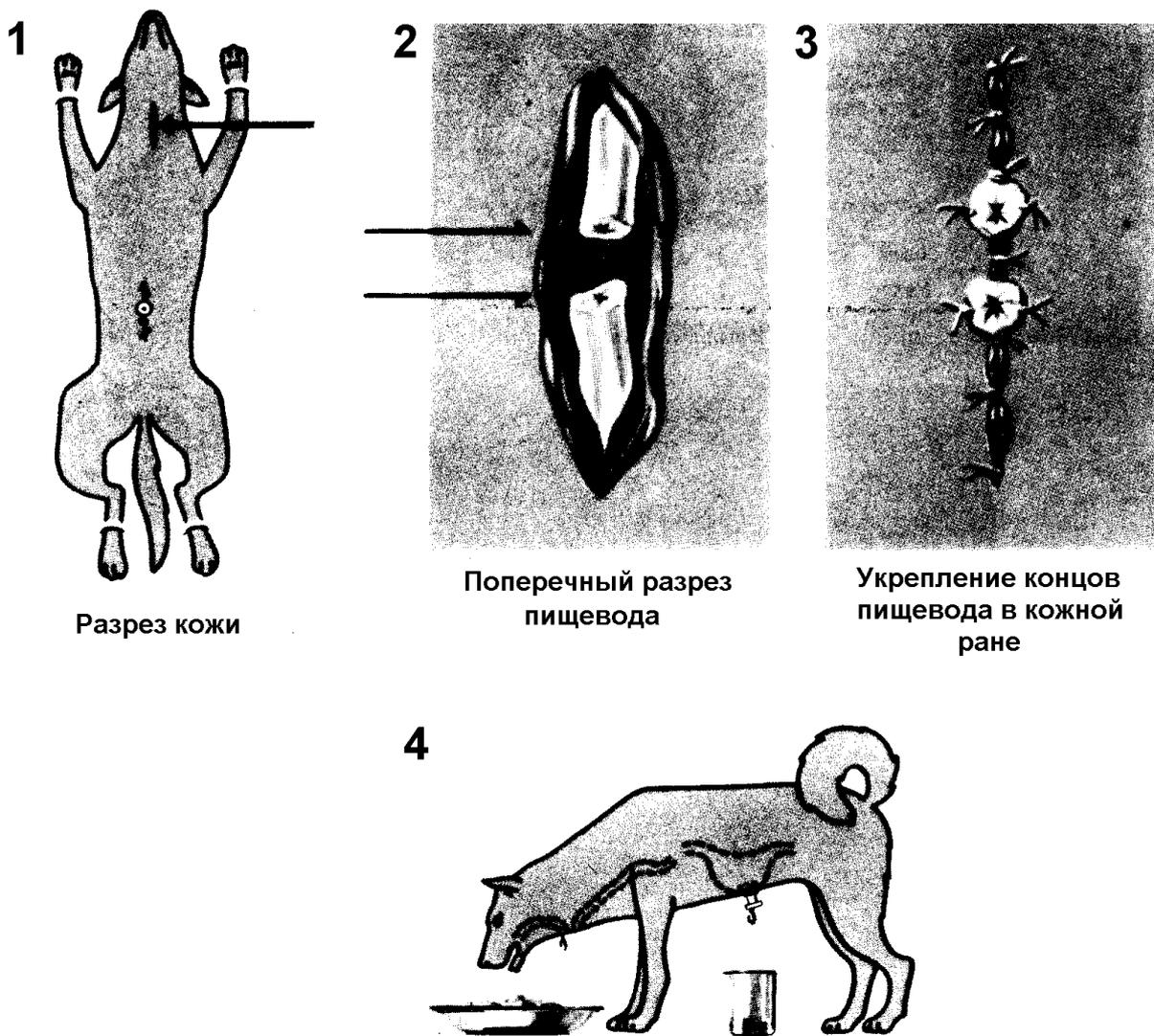


Рис. 10. Собака, подготовленная к опыту «мнимого кормления»

5. В чем заключается суть методики создания изолированного желудка по способу Гейденгайна?

Авторы этой методики предложили из большого желудка выкроить и сшить маленький желудочек с отдельным выходом во внешнюю среду (рис. 11 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 108). Это было необходимо для того, чтобы была возможность получать чистый желудочный сок без примесей пищевых остатков. В данной методике для создания маленького изолированного желудочка из желудка вырезался кусок наподобие «куска торта» (*при этом стенка большого желудочка полностью восстанавливалась*). А из вырезанного куска формировался маленький желудочек, имеющий выход наружу. Однако видно, что при формировании такого желудочка перерезались волокна блуждающего нерва, а значит, желудочек был лишен парасимпатической иннервации.

Таким образом, на собаках, прооперированных по этому способу, нельзя было увидеть первую фазу отделения желудочного сока (так как были перерезаны блуждающие нервы), но можно было наблюдать вторую и третью фазы в совокупности, в регуляции которых ведущую роль играют гуморальные факторы.

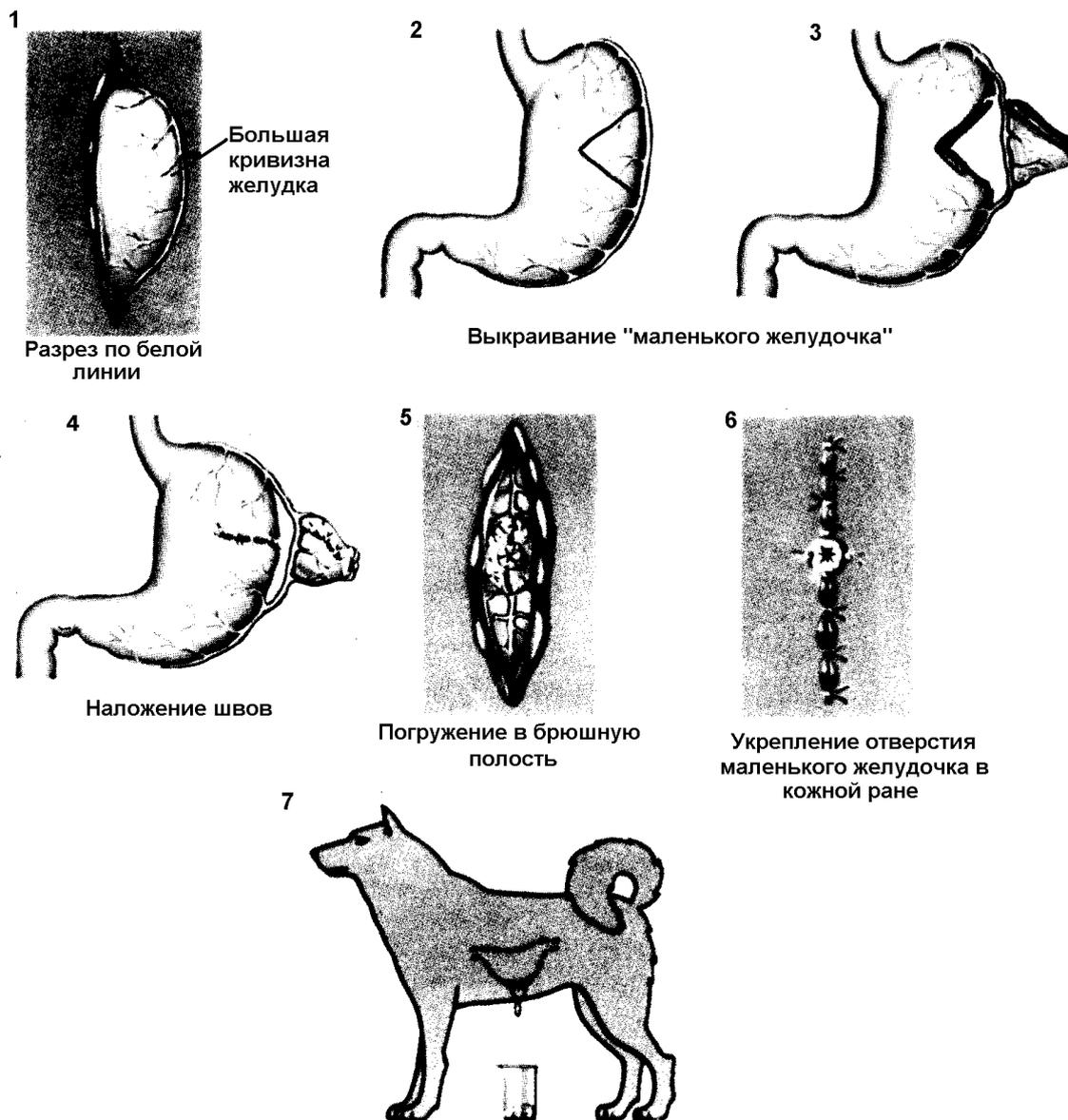


Рис. 11. Изолированный желудочек по способу Гейденгайна

6. В чем заключается суть методики создания изолированного желудочка по способу И.П.Павлова?

Методика создания изолированного желудочка по И.П.Павлову исключает недостатки методики Гейденгайна, которые не позволяют пронаблюдать секрецию желудочного сока в полном объеме. Чтобы сохранить полноценную иннервацию изолированного желудочка, И.П. Павлов предложил оригинальную методику его создания (рис. 12 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 109). Суть ее заключалась в том, что маленький желудочек был изолирован от большого желудка за счет слизистой оболочки. Но при этом между большим желудком и маленьким желудочком сохранялся общий подслизистый слой, в котором к маленькому желудочку свободно проникали волокна блуждающего нерва.

Таким образом, на собаке, прооперированной по этому способу, можно пронаблюдать полноценную секрецию желудочного сока на протяжении всех трех фаз!

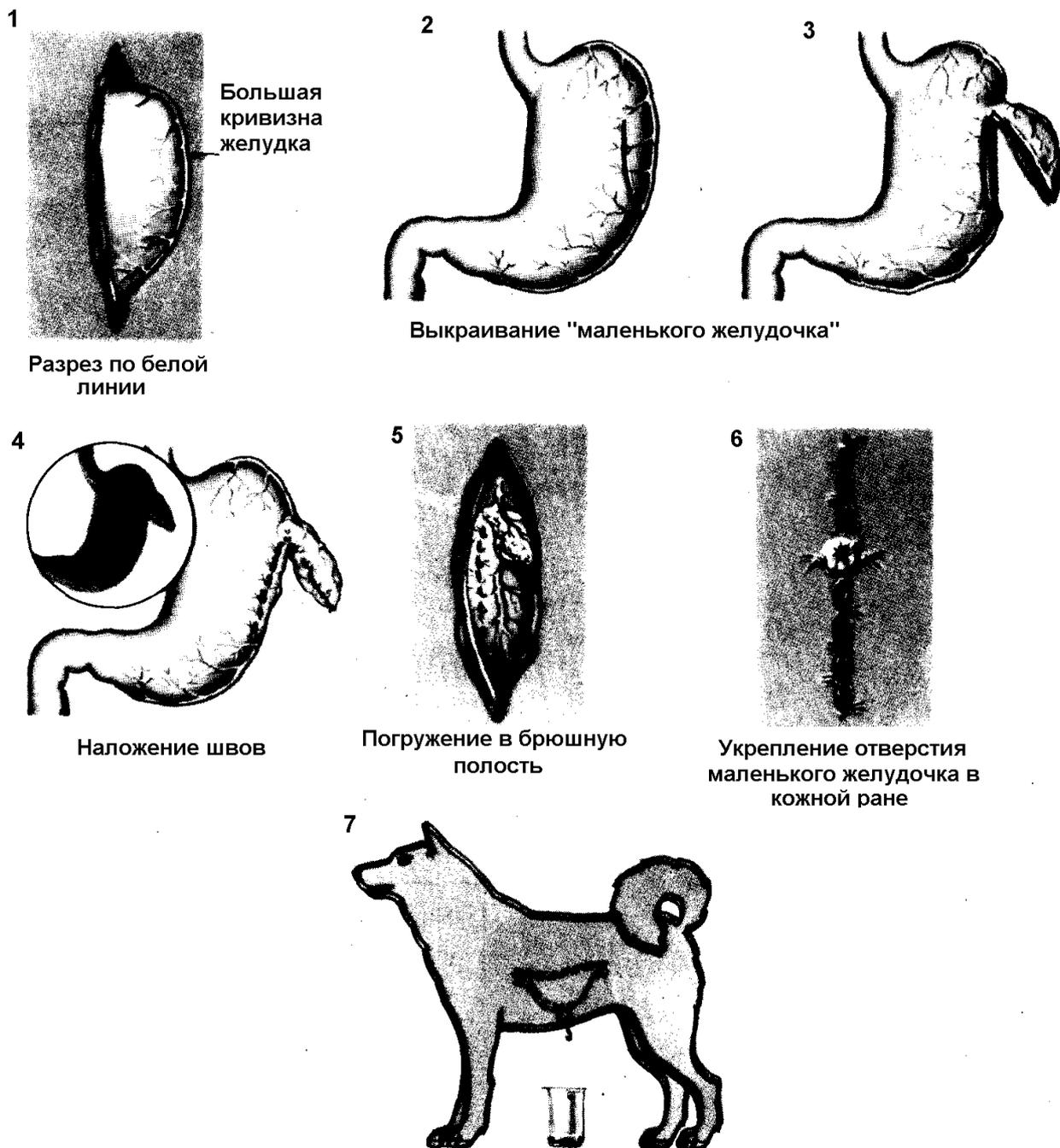


Рис. 12. Изолированный желудочек по способу И.П.Павлова

7. В чем заключается суть методики электрогастрографии?

Электрогастрография – это запись биоэлектрической активности, связанной с работой желудка. В желудке имеются три ткани, обладающие биоэлектрической активностью: нервная (это нейроны, в составе сплетения Ауэрбаха), секреторная (железистые клетки слизистой оболочки) и мышечная (гладкие мышцы стенки желудка). Основную роль в создании биоэлектрической активности играет мышечная ткань!

Для того чтобы полученные электрогастрограммы можно было сравнивать у разных пациентов (или у одного и того же пациента в разные сроки), при проведении электрогастрографии следует соблюдать следующие стандартные условия:

- пациент должен находиться в состоянии натошак;

- перед исследованием пациенту предлагается «пробный завтрак», для того чтобы стандартно спровоцировать моторику желудка (как вариант «пробного завтрака» в клинических условиях с этой целью предлагается съесть 150 г белого хлеба со стаканом чая);

- пациент должен находиться в горизонтальном положении для создания максимального расслабления скелетных мышц передней брюшной стенки.

В этих условиях, соблюдая меры предосторожности (заземление прибора) к пациенту подсоединяют регистрирующие электроды. Активный электрод накладывают в точку, расположенную по средней линии живота на границе верхней и средней трети расстояния от мечевидного отростка до пупка (это место проекции пилорического отдела желудка). При затруднениях в поиске этой точки (например, у тучных пациентов используется предварительная рентгенография желудка). Пассивный электрод накладывают на нижнюю треть голени правой ноги.

Запись биоэлектрической активности проводят 10-15 минут. На полученной электрогастрограмме (рис. 13) фиксируются колебания (зубцы), амплитуда которых в норме составляет 0,25-0,35 мВ. Количество таких колебаний составляет 2-3 за одну минуту (с такой частотой по стенке желудка проходят перистальтические волны!). Оценка электрогастрограммы осуществляется по амплитуде (вольтажу) и частоте зубцов!

Таким образом, по электрогастрограмме оценивается биоэлектрическая активность желудка, а значит, косвенно и его моторная функция.

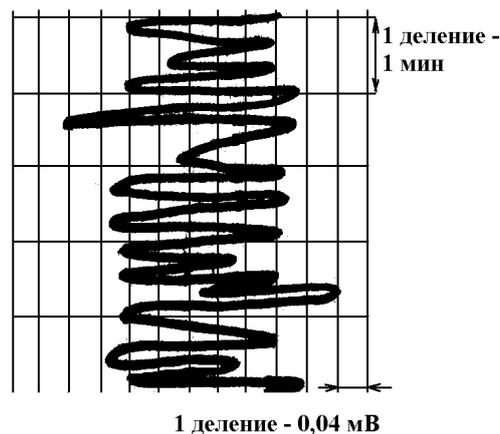
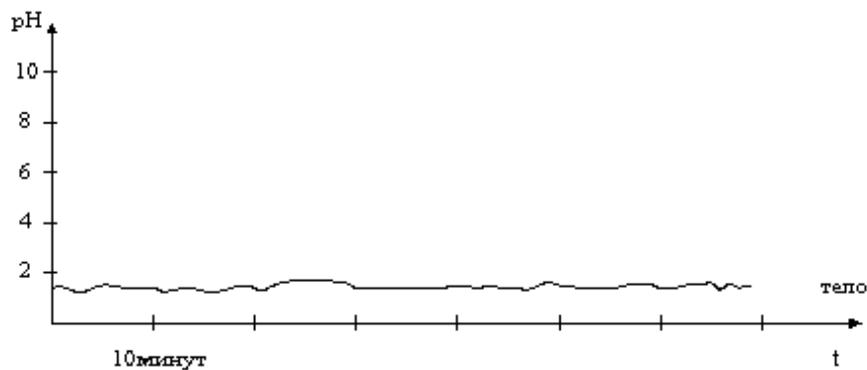


Рис. 13. Электрогастрограмма

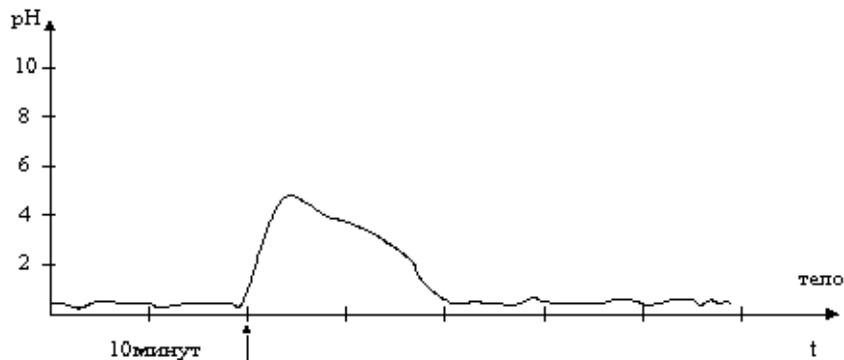
8. В чем заключается суть методики рН-метрии?

рН-метрия – это оценка концентрации водородных ионов в той или иной среде. При изучении пищеварительной системы проводят рН-метрию желудка, и отделов пищеварительного тракта, непосредственно связанных с ним, то есть пищевода и 12-перстной кишки (рис. 14).

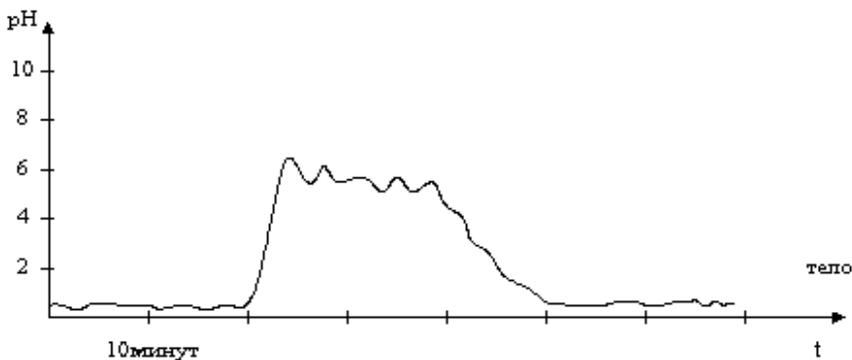
Для этого используют специальные приборы («Гастросканы») в комплект которых входят специальные зонды для перорального (исследование длится 1,5-2 часа) и трансназального введения (суточное мониторирование). Электроды под рентгенологическим контролем устанавливаются пристеночно или в полости любого отдела желудка (кардиальный отдел, тело, антральный отдел), нижней части пищевода или в 12-перстной кишке.



рН-грамма нормацидного состояния кислотообразующей функции желудка



рН-грамма больного на фоне приема антацидного (нейтрализующего кислоту) препарата.



рН-грамма больного с дуоденогастральным рефлюксом

Рис. 14. рН-граммы в норме и при патологии

Данная методика позволяет исследовать величину рН в указанных выше точках при следующих состояниях:

- при базальной секреции желудочного сока (в норме колебания рН составляют 1,5-2,0);
- при стимулированной секреции желудочного сока;
- при диагностике желудочно-пищеводного рефлюкса (заброса содержимого желудка в пищевод);
- при диагностике дуодено-гастрального рефлюкса (заброса содержимого 12-перстной кишки в желудок);
- при изучении динамики развития патологического состояния (в области желудка и смежных с ним областях желудочно-кишечного тракта) в процессе лечения.

На рис. 14 приводятся рН-граммы, зарегистрированные у различных пациентов.

9. Какие методики позволяют в эксперименте изучать работу поджелудочной железы?

Для этого в лаборатории И.П.Павлова была разработана методика создания фистулы выводного протока поджелудочной железы. Суть оперативного вмеша-

тельства (рис. 15) в этом случае заключается в том, что выводной проток поджелудочной железы выводится наружу и фиксируется на поверхности кожи (так, как фиксировался выводной проток околоушной слюнной железы!). Это позволяет собирать сок поджелудочной железы, изучать его состав и механизмы регуляции его отделения.

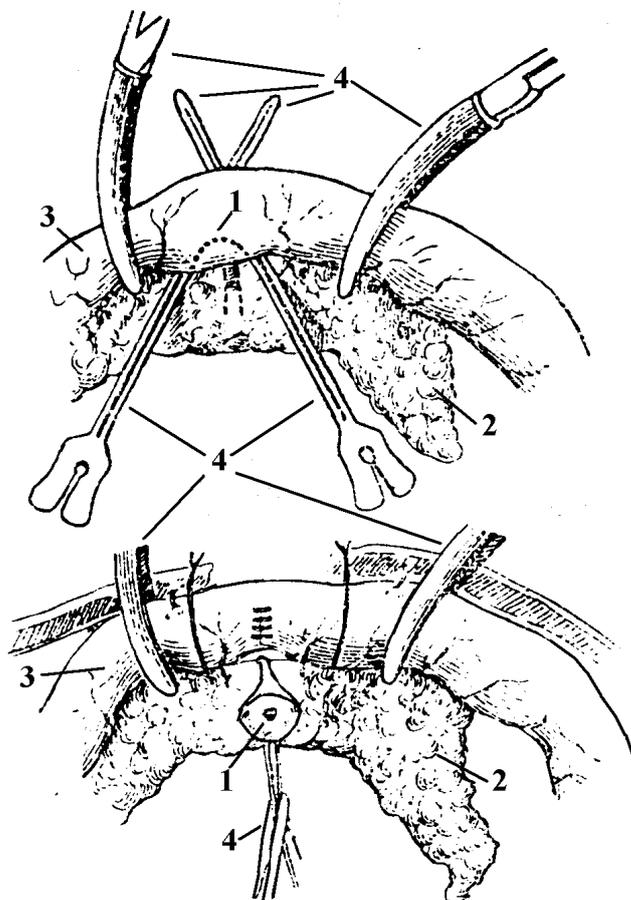


Рис. 15. Наложение фистулы выводного протока поджелудочной железы (начальные этапы операции)

1 – участок двенадцатиперстной кишки с выводным протоком поджелудочной железы, 2 – поджелудочная железа, 3 - двенадцатиперстная кишка, 4 – хирургический инструмент

10. Какие методики позволяют в эксперименте изучать процесс желчевыделения?

Процесс желчевыделения в эксперименте изучается на животных с фистулой желчного пузыря (рис. 16 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 119), через которую желчь свободно вытекают наружу в специально прикрепленную пробирку.

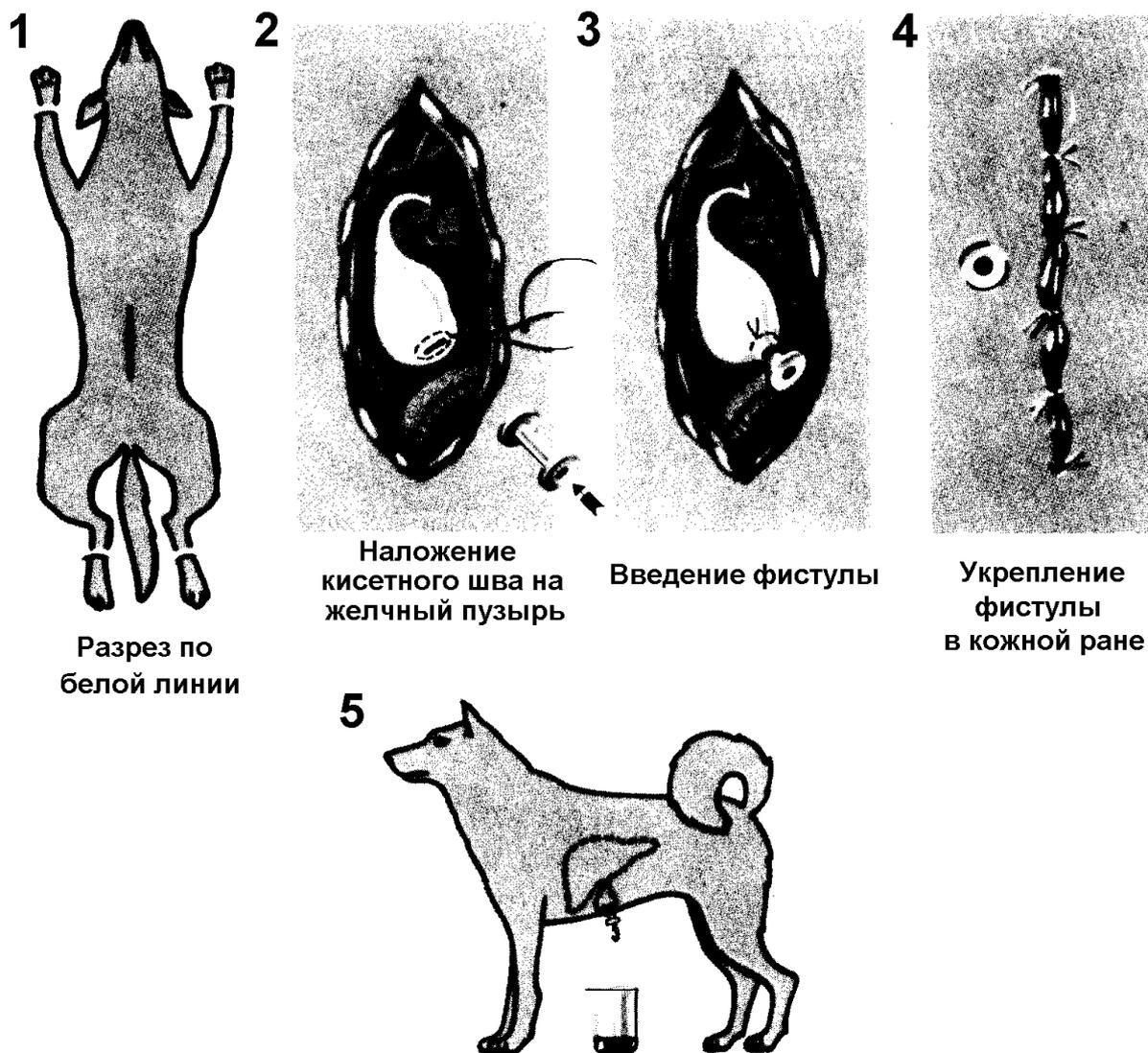


Рис. 16. Фистула желчного пузыря

11. Какие методики позволяют в эксперименте изучать секреторную активность тонкой кишки?

Для изучения секреторной активности тонкой кишки используют методику создания изолированной петли кишки, концы которой выводятся наружу и подшиваются к поверхности кожи, а отделенные при этом участки кишки сшивают по принципу «конец в конец» или «бок в бок» (рис. 17 – приводится из Атласа по нормальной физиологии, авторы А.В.Коробков и С.А.Чеснокова, 1987 г., стр. 122). Первоначально (по способу Тири) предлагалось выводить наружу только один конец изолированной петли (при этом другой конец слепо заканчивался и оставался в брюшной полости). Позднее (по способу Тири-Велла) стали выводить наружу оба конца изолированной петли кишки. Подобная методика позволяет изучать не только секрецию, но и моторику кишки. В этом случае в полость кишки вводится специальный датчик (баллон), регистрирующий механические колебания ее стенки.

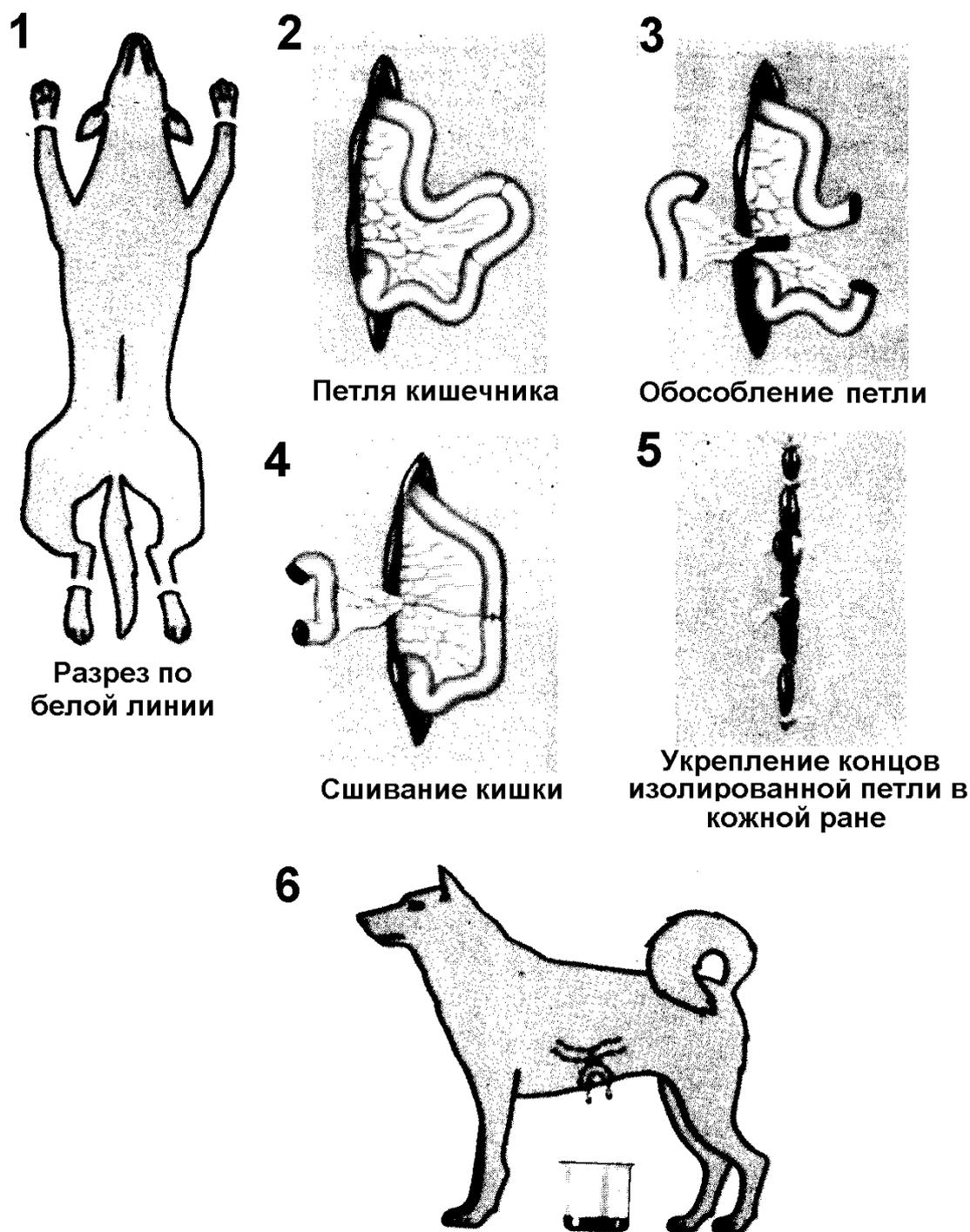


Рис. 17. Изолированная петля кишки по способу Тири-Велла

12. Какие методики позволяют оценить моторную деятельность кишки в эксперименте и в клинике?

В эксперименте для этого чаще всего используют животных, прооперированных по способу Тири-Велла (см. вопрос 11).

В клинике чаще используют косвенные показатели моторики кишки. Давно замечено, что при сократительной деятельности кишки возникают звуки, связанные с передвижением химуса и кишечного сока через суженные ее участки. Поэтому для оценки моторики кишки используют как простую аускультацию, так и специальные приборы, имеющие «фоно»-приставки и регистрирующие звуки, идущие из кишечника. В разработке подобных приборов активное участие принимали и принимают ученые Ивановской медицинской академии.

Булыгин Алексей Николаевич
Голубева Елена Константиновна
Колодина Ирина Геннадьевна
Назаров Сергей Борисович

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Учебно-методические разработки
для иностранных студентов

Лицензия № 00637 от 05.01.2000 года

Подписано в печать 1.03.2010 г. Формат 60×841/16. П. л. 3,0

Усл.п.л. 2,7 Заказ Тираж 350 экз.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановская государственная медицинская академия»
Минздравсоцразвития России 153462, г.Иваново, пр.Ф.Энгельса, 8
