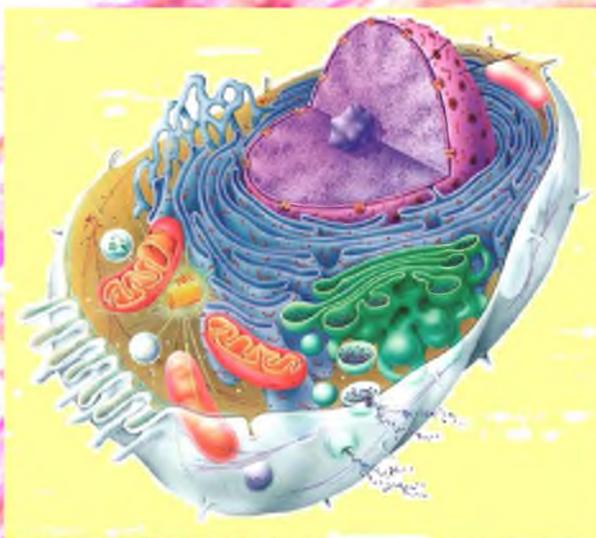




ФИЗИОЛОГИЯ

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ для студентов
специальности 1 – 03 02 01 Физическая культура



Мозырь
2012

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И.П. Шамякина»

Ф И З И О Л О Г И Я

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ для студентов
специальности 1 – 03 02 01 Физическая культура

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области физической культуры в качестве методических рекомендаций*

Мозырь

2012

УДК 612(076.6)
ББК 28.707.3я73
Ф48

Составитель

Е.И. Дегтярева, кандидат биологических наук, доцент.

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор,
профессор кафедры теории и методики физической культуры
УО «БГПУ им. М. Танка»

Ю.М. Досин,

кандидат медицинских наук, доцент,
доцент кафедры гистологии и эмбриологии УО «ГГМУ»

Е.К. Солодова.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
учреждения образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И.П. Шамякина»

Ф48 **Физиология** : метод. рекомендации по выполнению лаборатор.
работ / сост. Е.И. Дегтярева. – Мозырь : УО МГПУ им. И.П. Ша-
мякина, 2012. – 150 с.
ISBN 978-985-477-489-3.

Методические рекомендации предназначены для изучения важнейших
тем курса «Физиология человека». Включают теоретический материал
по каждому разделу, вопросы для самоконтроля, лабораторные работы.

Методические рекомендации адресованы студентам, обучающимся
по специальности 1 – 03 02 01 Физическая культура.

УДК 612(076.6)
ББК 28.707.3я73

ISBN 978-985-477-489-3

© Е.И. Дегтярева, составление, 2012
© УО МГПУ им. И.П. Шамякина, 2012

Учебное издание

ФИЗИОЛОГИЯ

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ для студентов
специальности 1 – 03 02 01 Физическая культура

Составитель
Дегтярева Елена Ивановна

Ответственный за выпуск Е.В. Юницкая
Технический редактор Н.В. Ропот
Корректор Е.М. Мельченко
Оригинал-макет Е.Л. Щека

Подписано в печать 30.05.2012. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Ризография. Усл. печ. л. 9,38.
Тираж 169 экз. Заказ 22.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина».
ЛИ № 02330/0549479 от 14 мая 2009 г.
Ул. Студенческая, 28, 247760, Мозырь, Гомельская обл.
Тел. (0236) 32-46-29

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1 Пищеварение	5
Лабораторная работа 1 Специфичность действия ферментов	59
Лабораторная работа 2 Определение саливации у человека.....	59
Лабораторная работа 3 Переваривание крахмала ферментами слюны человека	61
Лабораторная работа 4 Действие ферментов желудочного сока.....	63
Лабораторная работа 5 Роль желчи в процессе пищеварения	64
Лабораторная работа 6 Состав и свойства поджелудочного сока.....	65
Тема 2 Обмен веществ и энергии.....	68
Лабораторная работа 1 Расчет основного обмена по таблицам.....	77
Лабораторная работа 2 Определение отклонения от основного обмена по формуле Рида...	80
Лабораторная работа 3 Составление пищевых рационов.....	82
Лабораторная работа 4 Соотношение индивидуальной массы тела с должной	84
Приложения.....	87
Литература.....	149

ВВЕДЕНИЕ

Целью методических рекомендаций является оказание помощи студентам в овладении теоретическими знаниями по разделам физиологии – пищеварение, обмен веществ и энергии; приобретении практических навыков работы с биологическими жидкостями, применении принципов рационального питания с учетом индивидуальных особенностей организма человека.

Методические рекомендации содержат описание лабораторных работ по разделам физиологии человека: физиология пищеварения – 6 работ; обмен веществ и энергии – 4 работы. Каждая из них предназначена для освоения студентами материала по данным темам на уровне знания и умения, направляет их на подробное и детальное исследование функций здорового организма. Методические рекомендации предусматривают анализ состояния здоровья участников исследований, оценку образа жизни, правильности питания. В методических рекомендациях предложены расчеты параметров по индексной системе с учетом современных достижений в данной области знаний.

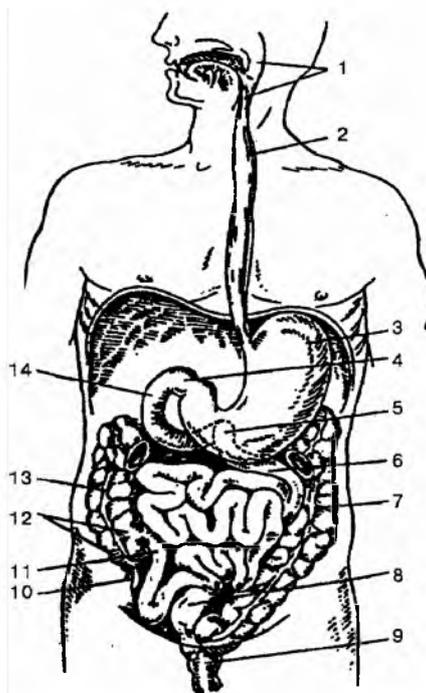
В начале каждого раздела приводятся необходимые теоретические сведения по вопросам исследования, вопросы для самоподготовки, что облегчает проведение лабораторных работ, позволяет сделать правильные выводы. В методических рекомендациях включены приложения, в которых отражаются справочные сведения о химическом составе и энергетической ценности пищевых продуктов.

ТЕМА 1 ПИЩЕВАРЕНИЕ

1. Общий план строения пищеварительного тракта, функции
2. Физиология пищеварения

1. Общий план строения желудочно-кишечного тракта, функции

В пищеварительной системе условно выделяют три основных отдела: передний, средний и задний. Передний отдел включает органы ротовой полости, глотку и пищевод. В переднем отделе происходит главным образом механическая обработка пищи. Средний отдел состоит из желудка, тонкой и толстой кишки, печени и поджелудочной железы. В этом отделе осуществляется преимущественно химическая обработка пищи, всасывание продуктов ее расщепления и формирование каловых масс. Задний отдел представлен каудальной частью прямой кишки и обеспечивает функцию эвакуации непереваренных остатков пищи из пищеварительного канала (рисунок 1).



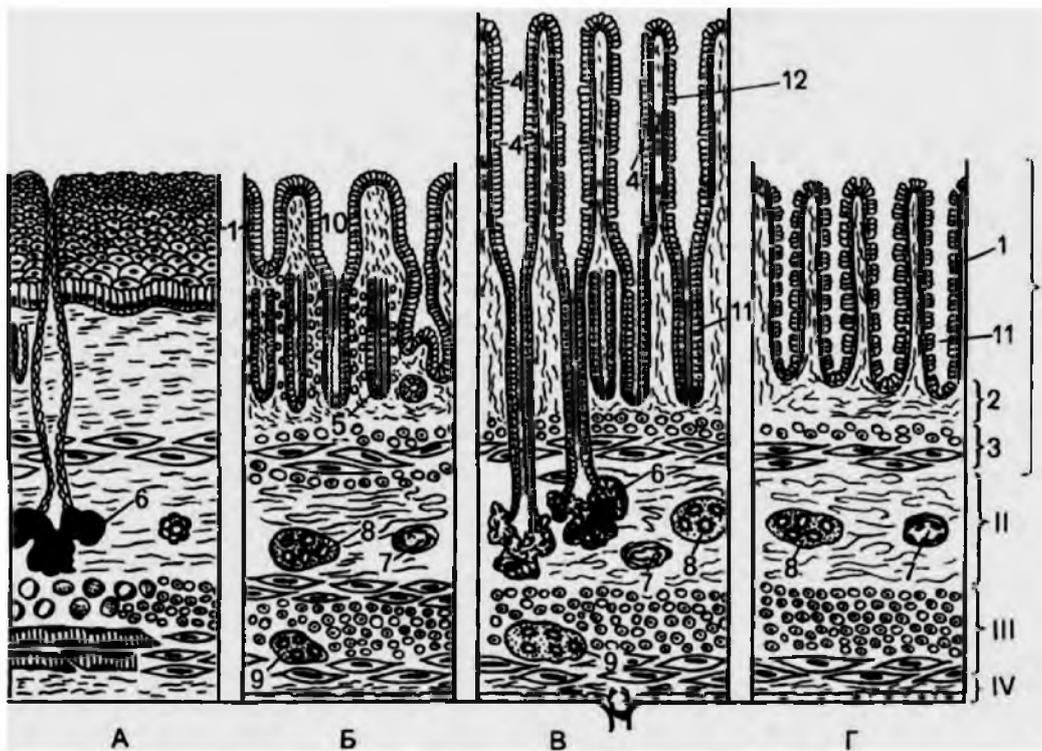
- 1 – глотка; 2 – пищевод; 3 – желудок;
4 – место перехода желудка в двенадцатиперстную кишку;
5 – место перехода двенадцатиперстной кишки в тощую; 6 – тощая кишка;
7 – нисходящая ободочная кишка; 8 – сигмовидная ободочная кишка;
9 – прямая кишка; 10 – червеобразный отросток (аппендикс); 11 – подвздошная кишка;
12 – слепая кишка; 13 – восходящая ободочная кишка; 14 – двенадцатиперстная кишка

Рисунок 1 – Схема пищеварительного тракта

Основная функция пищеварительной системы заключается в приеме пищи, механической и химической ее обработке, усвоении пищевых веществ и выделении непереваренных остатков.

Процесс пищеварения – начальный этап обмена веществ. С пищей человек получает энергию и необходимые для своей жизнедеятельности вещества. Однако поступающие с пищей белки, жиры и углеводы не могут быть усвоены без предварительной обработки. Необходимо, чтобы крупные, сложные, нерастворимые в воде молекулярные соединения превратились в более мелкие, растворимые в воде и лишенные своей специфичности. Этот процесс происходит в пищеварительном тракте и называется пищеварением, а образованные при этом продукты – продуктами переваривания.

Общий план микроскопического строения пищеварительной трубки. Пищеварительная трубка в любом ее отделе состоит из внутренней слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки и наружной оболочки, которая представлена либо серозной оболочкой, либо адвентициальной оболочкой (рисунок 2).



А – пищевод; Б – желудок; В – тонкая кишка; Г – толстая кишка:

I – слизистая оболочка; II – подслизистая основа; III – мышечная оболочка;
IV – серозная (адвентициальная) оболочка;

- 1 – эпителий слизистой оболочки; 2 – собственная пластинка слизистой оболочки;
3 – мышечная пластинка слизистой оболочки; 4 – бокаловидный экзокриноцит;
5 – железы в собственной пластинке слизистой оболочки;
6 – железы, расположенные в подслизистой основе; 7 – сосудистые сплетения;
8 – подслизистое нервное сплетение; 9 – межмышечное нервное сплетение;
10 – желудочные ямки; 11 – крипты; 12 – ворсинки

Рисунок 2 – Общий план строения пищеварительной трубки

Слизистая оболочка. Свое название она получила в связи с тем, что поверхность ее постоянно увлажняется выделяемой железами слизью. Эта оболочка состоит, как правило, из трех пластинок: *эпителия, собственной пластинки слизистой оболочки и мышечной пластинки слизистой оболочки.*

Эпителий в переднем и заднем отделах пищеварительной трубки – многослойный плоский, а в среднем отделе – однослойный призматический. Железы расположены либо эндоэпителиально (например, бокаловидные клетки в кишечнике), либо экзоэпителиально в собственной пластинке слизистой оболочки (пищевод, желудок) и в подслизистой основе (пищевод, двенадцатиперстная кишка) или за пределами пищеварительного канала (печень, поджелудочная железа).

Собственная пластинка слизистой оболочки лежит под эпителием, отделена от него базальной мембраной и представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью. Здесь находятся кровеносные и лимфатические сосуды, нервные элементы, скопления лимфоидной ткани. В некоторых отделах (пищевод, желудок) могут располагаться простые железы.

Мышечная пластинка слизистой оболочки расположена на границе с подслизистой основой и состоит из 1–3 слоев, образованных гладкими мышечными клетками. В некоторых отделах (язык, десны, кроме корня языка, где располагаются сосочки, окруженные валиком) гладкие мышечные клетки отсутствуют.

Рельеф слизистой оболочки на протяжении всего пищеварительного канала неоднороден. Поверхность ее может быть гладкой (губы, щеки), образовывать углубления (ямочки в желудке, крипты в кишечнике), складки (во всех отделах), ворсинки (в тонкой кишке).

Подслизистая основа. Состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Наличие подслизистой основы обеспечивает подвижность слизистой оболочки, образование складок. В подслизистой основе имеются сплетения кровеносных и лимфатических сосудов, скопления лимфоидной ткани и подслизистое нервное сплетение. В некоторых отделах (пищевод, двенадцатиперстная кишка) расположены железы.

Мышечная оболочка. Состоит, как правило, из двух слоев мышечных элементов – внутреннего циркулярного и наружного продольного. В переднем и заднем отделах пищеварительного канала мышечная ткань преимущественно поперечнополосатая, а в среднем – гладкая. Мышечные слои разделены соединительной тканью, в которой находятся кровеносные и лимфатические сосуды и межмышечное нервное сплетение. Сокращения мышечной оболочки способствуют перемешиванию и продвижению пищи в процессе пищеварения.

Серозная оболочка. Большая часть пищеварительной трубки покрыта серозной оболочкой – висцеральным листком брюшины. Брюшина состоит

из соединительнотканной основы, в которой расположены сосуды и нервные элементы и мезотелия. В некоторых отделах (пищевод, часть прямой кишки) серозная оболочка отсутствует. В таких местах пищеварительная трубка покрыта снаружи адвентициальной оболочкой, состоящей только из соединительной ткани [5].

Полость рта. Полость рта является началом пищеварительной системы. К производным ротовой полости относятся губы, щеки, десны, твердое и мягкое небо, язык, миндалины, слюнные железы, зубы. Здесь находится также орган вкуса.

При помощи зубов пища измельчается, пережевывается, при помощи языка размягчается, смешивается со слюной, которая поступает в полость рта из слюнных желез, а затем пищевой комок поступает в глотку.

Особенности строения слизистой оболочки полости рта:

1) эпителий – толстый (200–600 мкм), многослойный, плоский, неороговевающий. В его пласте постоянно встречаются неэпителиальные клетки – лейкоциты (преимущественно лимфоциты) и три типа отростчатых клеток – меланоциты, клетки Лангерганса и Меркеля;

2) собственная пластинка образует сосочки, вдающиеся в эпителий, обычно они тем выше, чем больше механическая нагрузка;

3) мышечная пластинка отсутствует;

4) подслизистая основа в некоторых участках отсутствует (дорсальная и боковые поверхности языка, десна, твердое небо – частично). Она прикрепляет слизистую оболочку к подлежащим мышцам или кости; содержит концевые отделы мелких (чаще смешанных) слюнных желез, крупные сосуды, нервы [3].

Полость рта посредством альвеолярных отростков челюстей и зубов делится на два отдела: преддверие рта и собственно полость рта.

Преддверие рта представляет собой щелевидное пространство, ограниченное снаружи губами и щеками, а изнутри – верхней и нижней зубными дугами и деснами. С внешней средой преддверие рта соединяется ротовой щелью, а с собственно полостью рта – щелью, образованной верхними и нижними зубами и промежутком за большим коренным зубом. Ротовая щель ограничена губами, которые представляют собой кожно-мышечные складки. Основу губ формируют волокна круговой мышцы рта. Губы в углах рта соединены спайками губ. Наружная поверхность губ покрыта кожей, а внутренняя – слизистой оболочкой и многослойным плоским неороговевающим эпителием. В месте перехода слизистой оболочки на десны находятся уздечки верхней и нижней губ.

Собственно полость рта простирается от зубов до входа в глотку. Сверху она ограничена твердым и мягким небом, снизу – мышцами, которые образуют диафрагму рта, спереди и с боков – щеками, зубами, а сзади через широкое отверстие – зевом.

Щеки образованы щечными мышцами. Снаружи они покрыты кожей, а изнутри – слизистой оболочкой. Между кожей и щечными мышцами располагается толстый слой жировой ткани, которая образует *жировое тело щеки*. Оно особенно хорошо развито у детей грудного возраста, что способствует акту сосания. На слизистой оболочке щеки, в преддверии рта открывается проток околоушной слюнной железы.

Десны являются продолжением слизистой оболочки губ и щек; идут на альвеолярные отростки челюстей и плотно окутывают шейки зубов.

Язык – мышечный орган, который участвует в перемешивании пищи в полости рта, определении вкусовых качеств, в акте глотания и в артикуляции. Расположен язык на дне (нижней стенке) полости рта. Он представляет собой плоское тело овально-вытянутой формы. Язык имеет верхушку, тело и корень, а также верхнюю поверхность (спинку языка), нижнюю поверхность и край. Слизистая оболочка спинки языка образует выросты-сосочки разной формы и размеров. Различают грибовидные, листовидные, нитевидные, конусовидные и желобовидные сосочки. Они содержат кровеносные сосуды и нервные окончания вкусовой или общей чувствительности. Слизистая оболочка корня языка не имеет сосочков. Здесь находится много лимфоидных узелков, которые образуют язычную миндалину. На нижней поверхности языка слизистая оболочка при переходе на дно полости рта образует по срединной линии складку – *уздечку языка*.

Мышцы языка парные, делятся на скелетные и собственные. К скелетным относятся три мышцы: *подбородочно-язычная* – выдвигает язык вперед или отклоняет его в сторону; *подъязычно-язычная* – оттягивает язык вниз и назад и *шилоязычная* – оттягивает язык вверх и назад. Собственные мышцы языка представлены четырьмя мышцами, которые идут в толщу языка и пересекаются во взаимно перпендикулярных направлениях: верхняя и нижняя продольные мышцы, поперечная и вертикальная мышцы. При сокращении они изменяют форму языка.

Зубы расположены в зубных альвеолах верхней и нижней челюсти на верхнем крае десен. Зубы служат органом захватывания, откусывания и измельчения пищи, участвуют в звукообразовании. У человека на протяжении жизни зубы меняются дважды: вначале в соответствующей последовательности появляется 20 молочных зубов, а затем 32 постоянных зуба. Все зубы одинаковы по строению. Каждый зуб имеет коронку, шейку и корень. *Коронка* – наиболее массивная часть зуба, выступает над десной. В ней различают язычную, вестибулярную (лицевую), контактную поверхность и поверхность смыкания (жевательная).

При помощи особого вида непрерывного соединения – вколачивания – зубы неподвижно закреплены в зубных альвеолах челюстей. Каждый зуб имеет от одного до трех корней. Корень заканчивается *верхушкой*, на ней находится малое отверстие, через которое в полость зуба входят

и выходят сосуды и нервы. Корень удерживается в зубной ячейке челюсти за счет соединительной ткани – *периодонта*. *Шейка зуба* представляет собой небольшое сужение зуба между коронкой и корнем зуба, ее охватывает слизистая оболочка десны. Внутри зуба находится небольшая *полость зуба*, которая образует *полость коронки* и продолжается в корень зуба в виде *канала корня зуба*. Полость зуба заполнена *пульпой*, которая состоит из соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов. В вещество зуба входят дентин, эмаль и цемент. *Дентин* расположен вокруг полости зуба и коренного канала, он образует основную массу зуба. Снаружи коронка покрыта *эмалью*, а корень *цементом*.

Зубы взрослого человека расположены симметрично на верхней и нижней челюсти, по 16 зубов на каждой. Их можно записать в виде формулы:

$$\begin{array}{cccc|cccc} 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ \hline 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

(2 резца, 1 клык, 2 малых коренных и 3 больших коренных зуба в каждой половине).

Каждый зуб имеет свою форму и выполняет соответствующую функцию, например резцы предназначены для разрезания (отделения) пищи, клыки – для разрывания, коренные зубы – для раздробления и растирания.

Формула молочных зубов выглядит следующим образом:

$$\begin{array}{cccc|cccc} 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0 & 2 \\ \hline 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0 & 2 \end{array}$$

Появление первых молочных зубов начинается у детей в 5–7 месяцев жизни и заканчиваются к началу третьего года. Функционируют они только до 6–7 лет. Затем перед прорезанием соответствующего постоянного зуба молочный выпадает. Постоянные зубы появляются у детей в возрасте 6–7 лет, и процесс этот заканчивается к 13–15 годам.

Небо делится на твердое и мягкое. *Твердое небо* образовано поднебными отростками верхней челюсти и горизонтальными пластинками костей неба, соединенных между собой швом неба. Оно покрыто слизистой оболочкой с многослойным плоским неороговевающим эпителием. Слизистая оболочка плотно срастается с надкостницей твердого неба.

Мягкое небо представляет собой мышечно-апоневротическое образование, покрытое слизистой оболочкой. Передний отдел мягкого неба располагается горизонтально, а задний свисает свободно, образует *небную занавеску с небным язычком* посередине. Они отделяют носоглотку от ротоглотки. От латеральных краев небной занавески отходят

две складки (дужки): передняя *небно-язычная дужка* и задняя – *небно-глоточная дужка*. Первая спускается к боковой поверхности языка, а вторая – к боковой стенке глотки. Между дужками располагается миндаликовая ямка с *небной миндалиной*. В основу мягкого неба входят парные поперечнополосатые мышцы (мышца, напрягающая небную занавеску, мышца, поднимающая небную занавеску, небно-язычная и небно-глоточные мышцы) и непарная мышца язычка. Сокращаясь, они напрягают небную занавеску, расширяют и опускают мягкое небо.

Полость рта кзади посредством *перешейка зева* сообщается с глоткой. Перешеек зева сверху ограничивается мягким небом, снизу – корнем языка, с боков – небно-язычными дужками.

Железы рта. К железам рта относятся большие и малые слюнные железы, протоки которых открываются в полость рта. Слюнные железы – это сложные альвеолярно-трубчатые или альвеолярные железы, разделенные соединительнотканными перегородками на дольки.

Малые слюнные железы находятся в толще слизистой оболочки или в подслизистой основе, выстилающей полость рта. В зависимости от расположения различают губные, молярные, небные и язычные железы. От характера выделяемого ими секрета они делятся на серозные, слизистые и смешанные.

Большие слюнные железы – это парные железы, расположенные за пределами полости рта. К ним относятся околоушные, поднижнечелюстные и подъязычные железы (рисунок 3). Они, как и малые слюнные железы, выделяют серозный, слизистый и смешанный секрет. Смесь секрета всех слюнных желез ротовой полости называется *слюной*.

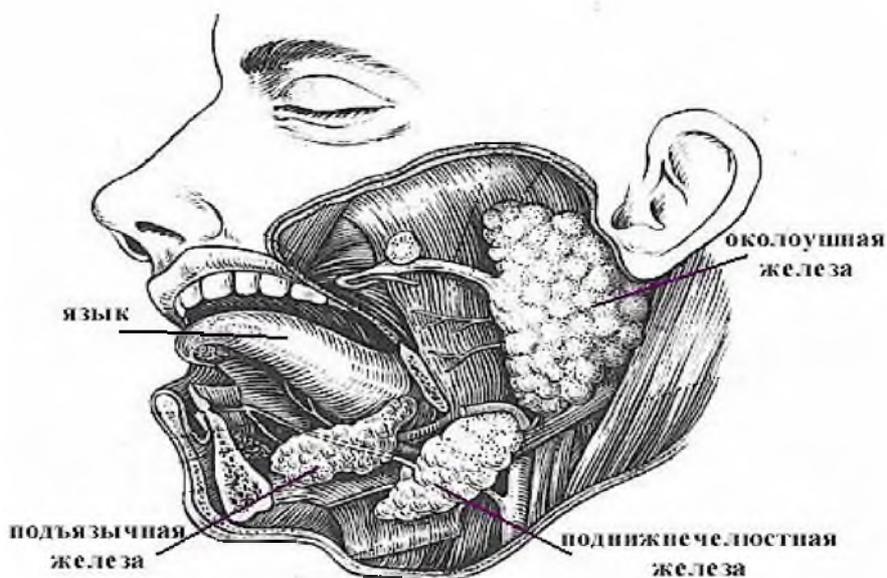


Рисунок 3 – Крупные слюнные железы

В состав слюны входят вода (около 99%), белковые вещества, в том числе ферменты, неорганические вещества, а также клеточные элементы (клетки эпителия, лейкоциты). Слюна увлажняет пищу, придает ей полужидкую консистенцию, что облегчает процессы жевания и глотания. Постоянное смачивание слизистой оболочки щек и губ слюной способствует акту артикуляции. Одной из важных функций слюны является ферментативная обработка пищи. Ферменты слюны могут участвовать в расщеплении полисахаридов (амилаза, мальтаза, гиалуронидаза), клеточных оболочек (лизоцим). Помимо секреторной функции, слюнные железы выполняют экскреторную функцию. Со слюной во внешнюю среду выделяются различные органические и неорганические вещества: мочевая кислота, креатин, железо, йод и др. Защитная функция слюнных желез состоит в выделении бактерицидного вещества – лизоцима. Эндокринная функция слюнных желез обеспечивается наличием в слюне биологически активных веществ типа гормонов – инсулина, паротина, фактора роста нервов, фактора роста эпителия и др. Слюнные железы активно участвуют в регуляции водно-солевого гомеостаза [10].

Серозные мелкие железы в основном язычные, выделяемая ими слюна богата белком. Слизистые железы – небные и часть язычных, продуцируемая ими слюна богата слизью. Смешанные – щечные, молярные, губные и часть язычных секретируют смешанную по составу слюну.

Крупные слюнные железы имеют дольчатое строение и состоят из мешковидных расширений, ацинусов, формирующих небольшие дольки. Стенки ацинусов образованы секреторными эпителиальными клетками и оплетены сетью кровеносных капилляров, которые обладают высокой проницаемостью для минеральных ионов, белков и других веществ плазмы крови. Поэтому многие вещества из плазмы крови могут поступать в состав слюны. Ацинусы открываются в протоки, которые, соединяясь между собой, образуют главный проток железы, заканчивающийся в ротовой полости. Парасимпатическая иннервация слюнных желез осуществляется ветвями языкоглоточного и лицевого черепных нервов [8].

Наиболее крупные из парных слюнных желез – околоушные, располагающиеся ниже и впереди от ушной раковины непосредственно под кожей. Околоушная железа выделяет жидкий белковый секрет, поэтому ее называют белковой железой. Околоушная железа развивается из многослойного эпителия полости рта. Она состоит из отдельных долек, разделенных прослойками рыхлой волокнистой соединительной ткани, в которой располагаются сосуды, нервы и выводные протоки железы. В каждой долке расположены секреторные альвеолярные отделы, в которых происходит образование секрета. В долке имеются также выстланные плоским эпителием вставочные отделы – непосредственное продолжение секреторных отделов и выстланные цилиндрическим эпителием слюнные трубки. Вставочные отделы и слюнные трубки служат для

выведения секрета. Они собираются в мелкие выводные протоки, эпителий которых постепенно становится многослойным. Эти протоки образуют проток околоушной железы. Общий слюнный проток открывается в преддверии ротовой полости между первым и вторым верхними молярами.

Подъязычная и подчелюстная железы содержат клетки, выделяющие, как и клетки околоушной железы, жидкий белковый секрет, и клетки, выделяющие слизь. Поэтому их называют смешанными железами [5].

Подъязычная слюнная железа покрыта фасциальной капсулой и располагается в области подъязычной складки под слизистой оболочкой дна полости рта на верхней поверхности челюстно-подъязычной мышцы. Иногда она имеет нижний отросток, который может достигать поднижнечелюстного треугольника. Железа имеет большой и малые подъязычные протоки, открывающиеся соответственно на подъязычном сосочке и по ходу подъязычной складки. Секрет железы – серозно-слизистый.

Подчелюстная железа – сложная альвеолярная (местами альвеолярно-трубчатая) разветвленная железа. По характеру отделяемого секрета она смешанная, т. е. белково-слизистая. Железа окружена соединительнотканной капсулой. Концевые секреторные отделы подчелюстной железы двух типов: белковые и белково-слизистые, т. е. смешанные, но преобладают в ней белковые концевые отделы. Проток подчелюстной железы открывается рядом с протоком подъязычной железы на переднем крае уздечки языка. Его устье выстлано многослойным плоским эпителием. Проток подчелюстной железы сильнее разветвлен, чем проток околоушной железы [1]. Большой выводной проток подъязычной железы соединяется с конечной частью протока подчелюстной и открывается на подъязычном сосочке. Подчелюстная железа снабжается кровью от лицевой артерии. По одноименным венам осуществляется венозный отток. Лимфа собирается в поднижнечелюстные лимфатические узлы. Иннервируется железа из поднижнечелюстного нервного узла и симпатическими волокнами, проходящими по артериям [10].

Все слюнные железы богато снабжены сосудами. Артерии, входящие в железы, сопровождают разветвления выводных протоков. От них отходят веточки, питающие стенки протоков. У концевых отделов мелкие артерии распадаются на капиллярную сеть, густо оплетающую каждый из этих отделов. Из кровеносных капилляров кровь собирается в вены, которые следуют по ходу артерий. Для кровеносной системы слюнных желез характерно наличие значительного количества артериоловеноулярных анастомозов. Они располагаются в воротах железы, при входе сосудов в дольку и перед капиллярными сетями концевых отделов. Анастомозы в слюнных железах обуславливают возможность значительного изменения интенсивности кровоснабжения отдельных концевых отделов,

долек и даже всей железы, а, следовательно, изменения секреции в слюнных железах.

Функционирование слюнных желез неизбежно сопровождается частичным разрушением эпителиальных железистых клеток. Отмирающие клетки характеризуются крупными размерами, плотной зернистой цитоплазмой, сильно окрашивающейся кислыми красителями. Такие клетки получили название набухающих. Восстановление паренхимы желез осуществляется главным образом путем внутриклеточной регенерации и редкими делениями протоковых клеток.

Глотка. Глотка – непарный орган, расположена в области головы и шеи, является частью пищеварительной и дыхательной систем, представляет собой воронкообразную трубку длиной 12–15 см, подвешенную к основанию черепа. Она прикрепляется к глоточному бугорку базилярной части затылочной кости, к пирамидам височных костей и к крыловидному отростку клиновидной кости; на уровне VI–VII шейных позвонков переходит в пищевод.

В глотку открываются отверстия полости носа (хоаны) и полости рта (зев). Воздух из полости носа через хоаны или из полости рта через зев поступает в глотку, а после в гортань. Пищевая масса из полости рта во время акта глотания проходит в глотку, а далее в пищевод. Вследствие этого глотка является местом, где пересекаются дыхательный и пищеварительный пути. Между задней стенкой глотки и пластинкой шейной фасции располагается заглоточное пространство, заполненное рыхлой соединительной тканью, в которой залегают заглоточные лимфоузлы.

Глотка делится на три части: *носовую, ротовую и гортанную*. В состав этих всех отделов входят три оболочки – *слизистая, мышечная и адвентициальная*.

1. *Слизистая оболочка* состоит из эпителия, собственной пластинки и подслизистой основы:

а) эпителий – в носовом отделе однослойный многорядный реснитчатый; в ротовом и гортанном – многослойный плоский неороговевающий;

б) собственная пластинка – рыхлая волокнистая соединительная ткань, в носовом отделе содержит отдельные лимфатические узелки, а в ротовом и гортанном образует мелкие сосочки и содержит эластические волокна;

в) подслизистая основа – рыхлая соединительная ткань, содержащая в носовом отделе лимфоидную ткань трубных и глоточной миндалин и концевые отделы смешанных желез; в ротовом и гортанном – сеть эластических волокон и концевые отделы слизистых желез.

2. *Мышечная оболочка* – образована внутренним продольным и наружным косым или циркулярным слоями поперечнополосатой мышечной ткани.

3. *Адвентициальная оболочка* – образована рыхлой волокнистой тканью.

Носовая часть составляет верхний отдел глотки и относится только к дыхательным путям. На боковой стенке носоглотки расположено глоточное отверстие слуховой трубы диаметром 3–4 мм, которое соединяет полость глотки с полостью среднего уха. Кроме того, здесь находятся скопления лимфоидной ткани в виде глоточной и трубной миндалин.

Ротовая часть простирается от небной занавески до входа в гортань. Спереди она имеет сообщение с перешейком зева, сзади соответствует III шейному позвонку.

Гортанная часть является нижним отделом глотки и располагается от уровня входа в гортань до перехода глотки в пищевод. На передней стенке этой части находится отверстие, которое ведет в гортань. Оно ограничено сверху надгортанником, с боков – черпалонадгортанными складками, внизу – черпаловидными хрящами гортани. Стенка глотки образована слизистой оболочкой, которая лежит на плотной соединительнотканной пластинке, заменяющей подслизистую основу. Снаружи от подслизистой основы находятся мышечная оболочка и соединительнотканная оболочка (адвентиция). Слизистая оболочка внутри глотки не имеет складок, на уровне носоглотки покрыта реснитчатым (мерцательным) эпителием, а внизу – многослойным плоским эпителием. В слизистой оболочке находятся слизистые железы, которые вырабатывают секрет, увлажняющий ее стенки и способствующий скольжению пищевого комка при глотании. Снаружи подслизистая основа покрыта мышцами глотки, образованными поперечнополосатой мышечной тканью.

Глоточная и трубная миндалины, а также небо и язычная миндалина образуют лимфоэпителиальное кольцо (кольцо Пирогова–Вальдейера). Эти миндалины выполняют важную защитную функцию по обезвреживанию микробов, которые постоянно попадают в организм из внешней среды.

Мышцы глотки делятся на подниматели и сжиматели. В первую группу мышц входят шилоглоточная и трубноглоточная. Во вторую – три сжимателя (констрикторы): верхний, средний и нижний. При прохождении пищевого комка через глотку продольные мышцы поднимают ее, а сжиматели глотки, последовательно сокращаясь сверху вниз, продвигают пищу к пищеводу. На уровне VI–VII шейных позвонков глотка переходит в пищевод.

Пищевод. Пищевод – это цилиндрическая трубка длиной 25–30 см, которая соединяет глотку с желудком. Он начинается на уровне VI шейного позвонка, проходит через грудную полость, диафрагму

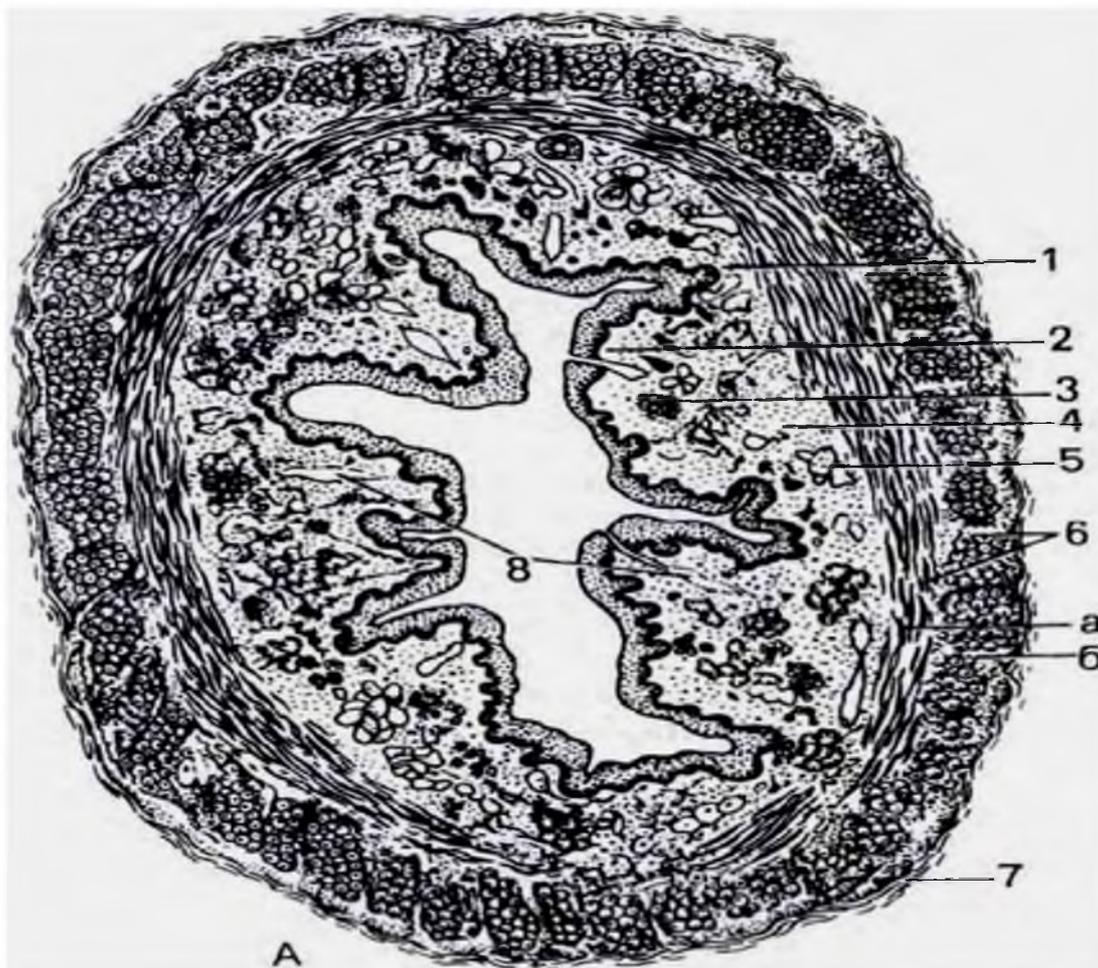
и впадает в желудок слева от X–XI грудного позвонка. Различают три части пищевода: *шейную, грудную и брюшную*.

Шейная часть расположена между трахеей и позвоночником на уровне VI шейного и до II грудного позвонков. По бокам шейной части пищевода проходят возвратный гортанный нерв и общая сонная артерия.

Грудная часть пищевода располагается вначале в верхнем, а затем в заднем средостении. На этом уровне пищевод окружают трахея, перикард, грудная часть аорты, главный левый бронх, правый и левый блуждающие нервы.

Брюшная часть пищевода длиной 1–3 см соединяется с кардиальным отделом желудка.

Стенка пищевода образована тремя оболочками: *слизистой, мышечной, адвентициальной* (рисунок 4).



- 1 – многослойный плоский неороговевающий эпителий;
2 – собственная пластинка слизистой оболочки; 3 – мышечная пластинка слизистой оболочки;
4 – подслизистая основа; 5 – собственные железы пищевода; 6 – мышечная оболочка:
а – циркулярный слой, б – продольный слой;
7 – адвентициальная оболочка; 8 – выводные протоки железы

Рисунок 4 – Строение пищевода (поперечный срез в средней трети)

Слизистая оболочка состоит из четырех слоев: эпителия, собственной пластинки, мышечной пластинки и подслизистой основы:

а) *эпителий* – толстый, многослойный плоский неороговевающий, с возрастом может ороговеть;

б) *собственная пластинка* – образована рыхлой волокнистой тканью, вдающейся в эпителий высокими сосочками. Содержит скопления лимфоцитов, лимфатические узелки и концевые отделы кардиальных желез пищевода (сходны с кардиальными железами желудка);

в) *мышечная пластинка* слизистой оболочки – образована одним (продольным) слоем гладкомышечных клеток; утолщается в направлении желудка;

г) *подслизистая основа* – образована волокнистой соединительной тканью с высоким содержанием эластических волокон; обеспечивает подвижность слизистой оболочки, вместе с мышечной пластинкой формирует продольные складки. В ней располагаются лимфоциты, лимфатические узелки (непостоянно), элементы подслизистого нервного сплетения и концевые отделы альвеолярно-трубчатых собственных желез пищевода. Их ампулообразно расширенные протоки выводят на поверхность эпителия слизь, способствующую продвижению пищевого комка и содержащую антибактериальное вещество – лизоцим, а также бикарбонатные ионы (защищают эпителий от кислот).

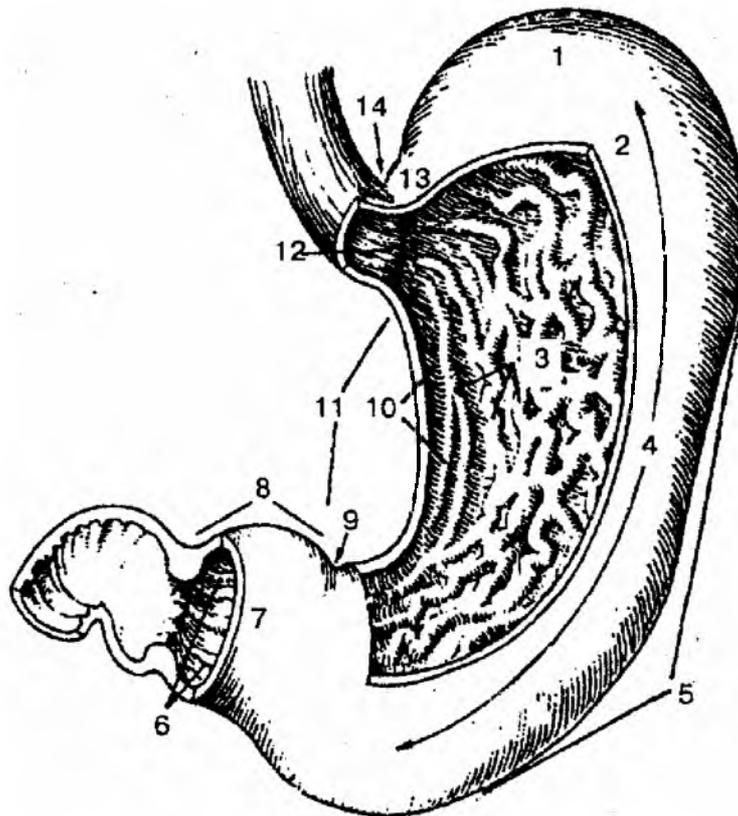
Мышечная оболочка – образована внутренним циркулярным и наружным продольным слоями; в верхней части органа эти слои представлены поперечнополосатой, в нижней – гладкой мышечной тканью, в средней – их сочетанием. В прослойках соединительной ткани между слоями располагаются элементы межмышечного нервного сплетения.

Адвентициальная оболочка – образована рыхлой волокнистой тканью, в брюшном отделе (ниже диафрагмы) сменяется серозной оболочкой [3].

Переход пищевода в желудок. Место перехода слизистой оболочки пищевода в желудок расположено на уровне диафрагмы. Здесь многослойный плоский эпителий пищевода заменяется на однослойный цилиндрический железистый эпителий желудка. Мышечная оболочка в месте впадения пищевода в желудок формирует нижний сфинктер пищевода [6].

Желудок. Желудок представляет собой расширенную часть пищеварительного тракта, которая служитместилищем для пищи и находится между пищеводом и двенадцатиперстной кишкой.

В желудке различают переднюю и заднюю стенки, малую и большую кривизну, кардиальную часть, дно (свод), тело и пилорическую (привратниковую) часть (рисунок 5).



- 1 – дно желудка; 2 – передняя стенка; 3 – складки желудка; 4 – тело желудка;
 5 – большая кривизна желудка; 6 – канал привратника; 7 – привратниковая пещера;
 8 – привратниковая (пилорическая) часть; 9 – угловая вырезка; 10 – канал желудка;
 11 – малая кривизна желудка; 12 – кардиальное отверстие;
 13 – кардиальная часть желудка; 14 – кардиальная вырезка

Рисунок 5 – Желудок (вскрыт)

Размеры желудка сильно варьируют в зависимости от телосложения и степени наполнения органа. При среднем наполнении желудок имеет длину 24–26 см, а натошак – 18–20 см. Вместимость желудка взрослого человека составляет в среднем 3 л (1,5–4,0 л).

Желудок расположен в верхней части брюшной полости, под диафрагмой и печенью. Три четверти его находятся в левом подреберье, одна четвертая – в надчревной области. Входное кардиальное отверстие располагается на уровне тел X–XI грудных позвонков, а выходное отверстие привратника – у правого края XII грудного и I поясничного позвонков.

Продольная линия желудка проходит косо сверху вниз, слева направо и сзади вперед. Передняя поверхность желудка в кардиальной части дна и тела соприкасается с диафрагмой, а в области малой кривизны – с левой долей висцеральной поверхности печени. Небольшая часть тела желудка прилегает непосредственно к передней брюшной стенке.

Задняя поверхность желудка по большой кривизне соприкасается с поперечной ободочной кишкой, а в области дна – с селезенкой.

За желудком находится щелевидное пространство – *сальная сумка*, которая ограничивает его от органов, лежащих на задней брюшной стенке: левой почки, надпочечника и поджелудочной железы. Относительно устойчивое положение желудка обеспечивается его соединением с окружающими органами при помощи печеночно-желудочной, желудочно-ободочной и желудочно-селезеночной связок.

Функции желудка:

1) накопление пищевых масс, их механическая обработка и продвижение в дистальные отделы пищеварительного тракта;

2) химическая обработка пищевых масс путем воздействия на них желудочного сока (секретируемого в количестве 1–1,5 л/сут), содержащего ферменты пепсин, химозин, желудочную липазу и соляную кислоту;

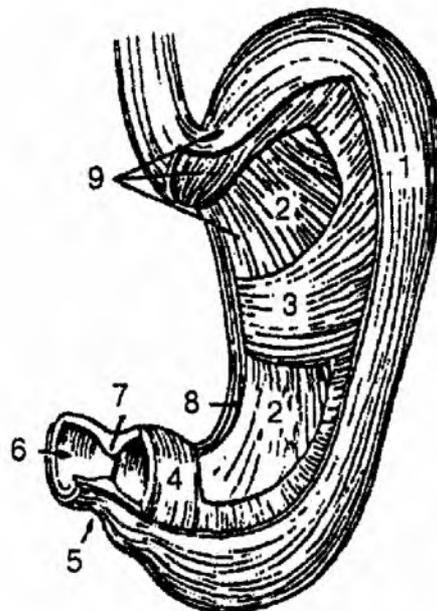
3) секреция антианемического фактора, способствующего всасыванию из пищи витамина В₁₂;

4) всасывание ряда веществ (воды, соли, сахара и др.);

5) экскреция – выведение продуктов обмена через слизистую оболочку (усиливается при почечной недостаточности);

6) эндокринная – выработка ряда гормонов и биологически активных веществ (гастрина, соматостатина, гистамина, серотонина).

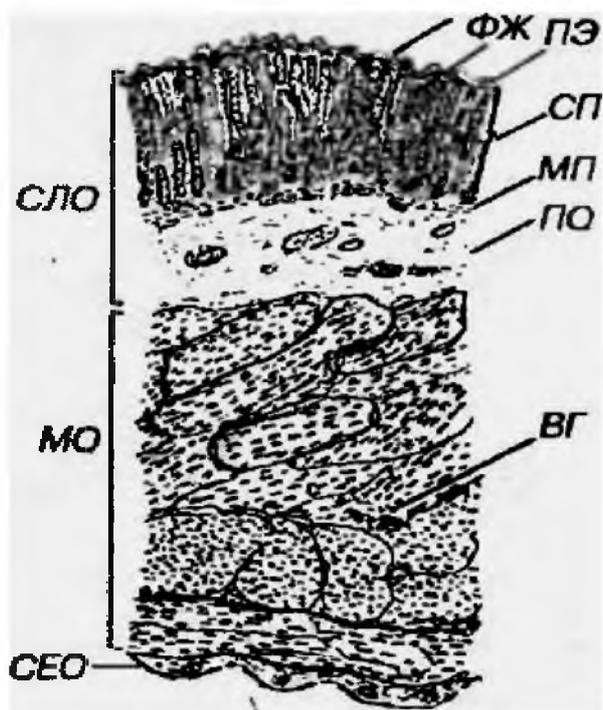
Анатомически желудок состоит из четырех частей: кардиальной, тела, дна и пилорической; гистологически в нем выделяют только три отдела, т. к. слизистая оболочка дна и тела имеют сходное строение и рассматриваются как единое целое (рисунок 6).



1, 8 – продольный слой; 2 – косые волокна; 3, 4 – круговой слой; 5 – привратник;
6 – отверстие привратника; 7 – сфинктер привратника; 9 – мышечная оболочка

Рисунок 6 – Мышечная оболочка желудка

Стенка желудка образована тремя оболочками: слизистой, мышечной и серозной (рисунок 7).



СЛО – слизистая оболочка; ПЭ – покровный эпителий; СП – собственная пластинка;
ФЖ – фундальные железы; МП – мышечная пластинка; ПО – подслизистая основа;
МО – мышечная оболочка; ВГ – вегетативный ганглий (межмышечного сплетения);
СЕО – серозная оболочка

Рисунок 7 – Стенка желудка (продольный срез)

Слизистая оболочка имеет сложный рельеф, в котором выделяют крупные продольные желудочные складки (расправляются при наполнении желудка), желудочные поля (участки полигональной формы, отграниченные друг от друга бороздками и соответствующие группам желез желудка) и многочисленные (около 3,5 млн.) желудочные ямки (шелевидные вдавления покровного эпителия в собственную пластинку глубиной 100–200 мкм, в которые открываются железы желудка).

Слизистая оболочка состоит из четырех слоев: *эпителия, собственной пластинки, мышечной пластинки и подслизистой основы.*

1. *Эпителий* – однослойный высокопризматический железистый, выстилающий желудочные ямки и одинаковый во всех отделах желудка; все его клетки синтезируют, накапливают в виде крупных гранул в апикальной части и выделяют на поверхность слизистой оболочки особый слизистый секрет, покрывающий ее непрерывным слоем толщиной 0,5 мм. Бикарбонат, диффундирующий в слизь, нейтрализует соляную кислоту, проникающую в нее из просвета. Для секреции ферментов и соляной кислоты в просвет желудка в слое слизи формируются временные каналы.

Слизь образует защитный барьер, предотвращающий механические повреждения слизистой оболочки и ее переваривание желудочным соком. Этот барьер повреждается алкоголем и аспирином. Покровный эпителий полностью обновляется в течение 1–3 суток.

2. *Собственная пластинка* – образована рыхлой волокнистой тканью с большим количеством кровеносных и лимфатических сосудов; в виде тонких прослоек проходит между железами желудка, занимающими основную часть объема этого слоя. Содержит также диффузные скопления лимфоидной ткани и отдельные лимфатические узелки. Железы желудка (около 15 млн.) – простые трубчатые разветвленные; подразделяются на *собственные (фундальные), кардиальные и пилорические*.

а) собственные (фундальные) железы располагаются в теле и дне желудка и численно преобладают над другими типами желез. Группами по 3–7 впадают в неглубокие желудочные ямки. Имеют вид узких трубок, слабо разветвленных у основания, в которых выделяют суженную шейку, удлиненное тело и дно. Состоят из клеток четырех типов: *главных, париетальных, шейчных и эндокринных*.

- *главные клетки* – наиболее многочисленны в нижней части и дне железы, образуют крупные секреторные (зимогенные) гранулы (содержат пепсиноген и другие проферменты), накапливающиеся в апикальной части клетки и выделяющиеся в просвет железы. В просвете желудка пепсиноген под влиянием кислой среды превращается в пепсин.

- *париетальные (обкладочные) клетки* – преобладают в верхней части железы. Париетальные клетки через апикальный полюс секреторируют ионы водорода и хлора, которые, соединяясь, образуют соляную кислоту, создающую в просвете желудка кислую (рН < 2,0) среду. Кислая среда обеспечивает: разрушение белков, превращение пепсиногена в пепсин, угнетение роста патогенных микроорганизмов.

Через базальную плазмолемму париетальная клетка выделяет ионы гидрокарбоната, которые капиллярами собственной пластинки приносятся к базальной поверхности покровных клеток, транспортирующих их в слизь, где они нейтрализуют соляную кислоту. Секреция париетальных клеток стимулируется гистамином, гастрином и ацетилхолином.

Париетальные клетки синтезируют и выделяют антианемический фактор, образующий в желудке комплекс с витамином В₁₂, который далее всасывается в подвздошной кишке и необходим для нормального кроветворения. При недостаточности этого фактора (в результате аутоиммунного поражения париетальных клеток или после удаления желудка) развивается злокачественная анемия.

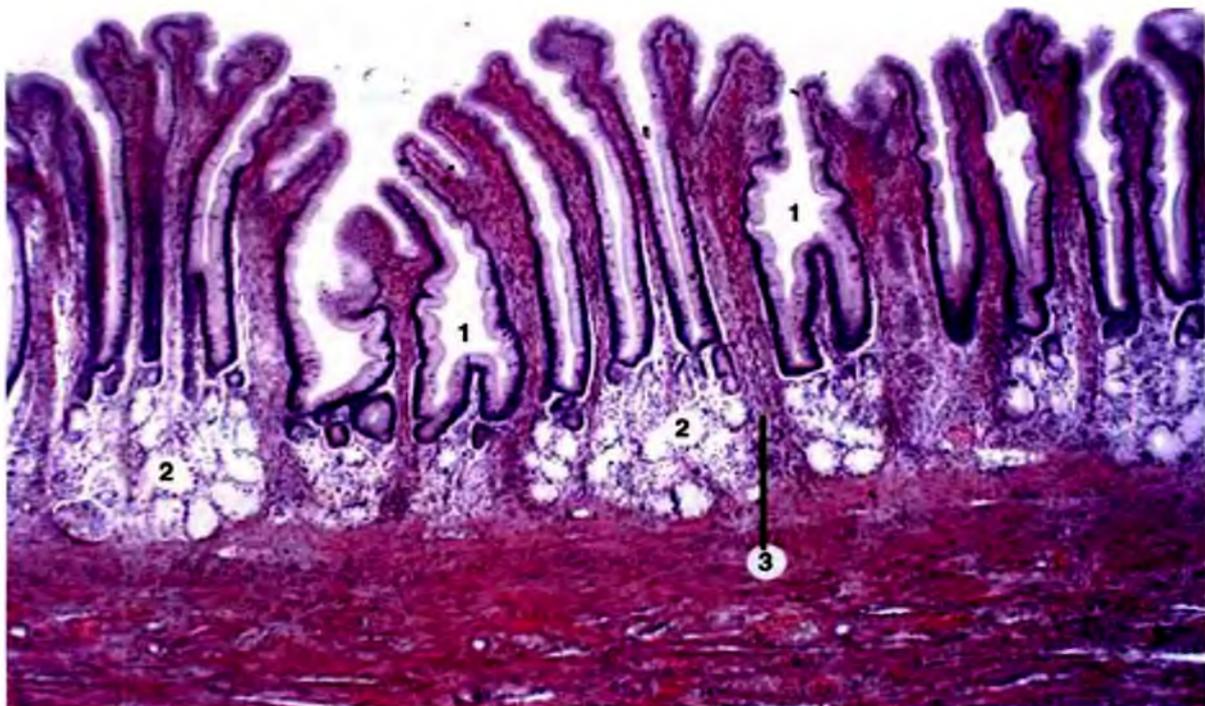
- *слизистые шейчные клетки* – относительно немногочисленны, располагаются в шейке поодиночке или мелкими группами между париетальными клетками. Эти клетки часто делятся и рассматриваются как камбиальные элементы эпителия желез и покровного эпителия

желудка, куда они, дифференцируясь, мигрируют. Обновление клеток в железах протекает значительно медленнее, чем в покровном эпителии. Слизь, вырабатываемая шейными клетками, возможно, предохраняет их от повреждения.

- *эндокринные клетки* – располагаются на дне желез; светлые, треугольной, овальной или полигональной формы; апикальный полюс содержит ядро и не всегда достигает просвета железы, в базальном полюсе находятся плотные секреторные гранулы, выделяющиеся в кровь. Гранулы покрыты мембраной, окрашиваются солями серебра и хрома и содержат пептидные гормоны и амины.

б) кардиальные железы – трубчатые, с сильно разветвленными концевыми отделами, часто имеющими широкий просвет. Располагаются в кардиальном отделе желудка и сходны с аналогичными железами пищевода. Содержат слизистые клетки, которые вырабатывают мукоидный секрет, бикарбонаты и хлориды калия и натрия. Встречаются также отдельные главные, париетальные и эндокринные клетки.

в) пилорические железы – трубчатые, с сильно разветвленными и извитыми концевыми отделами; располагаются в пилорическом отделе. Впадают в очень глубокие желудочные ямки. Образованы слизистыми клетками, секрет которых защищает слизистую оболочку от кислого желудочного сока. Содержат также париетальные клетки и отдельные эндокринные (преимущественно *G-*, меньше *ЕС*-клетки) (рисунок 8).



1 – желудочные ямки; 2 – пилорические железы; 3 – концевые отделы

Рисунок 8 – Пилорический отдел желудка

3. *Мышечная пластинка слизистой оболочки* – образована тремя слоями гладкомышечных клеток (внутренним и наружным циркулярными и средним продольным), от нее тонкие пучки гладкомышечных клеток направляются в промежутки между железами.

4. *Подслизистая основа* – образована рыхлой волокнистой соединительной тканью с высоким содержанием эластических волокон, в которой располагаются крупные сосуды и подслизистое нервное сплетение; участвует в образовании желудочных складок.

Мышечная оболочка – образована тремя толстыми слоями гладкой мышечной ткани: внутренним косым, средним циркулярным (наиболее развит и в области привратника образует пилорический сфинктер) и наружным продольным. Между мышечными слоями располагаются прослойки соединительной ткани и элементы межмышечного нервного сплетения.

Серозная оболочка образована слоем мезотелия и подлежащей соединительной тканью [3].

Тонкая кишка. Тонкая кишка – самая длинная часть пищеварительного тракта. Здесь происходит дальнейшее переваривание пищи, расщепление всех пищевых веществ под воздействием кишечного сока, сока поджелудочной железы, желчи печени и всасывание продуктов в кровеносные и лимфатические сосуды (капилляры). Длина тонкой кишки у человека колеблется от 2,2 до 4,5 м. У мужчин она несколько длиннее, чем у женщин. Тонкая кишка имеет форму трубки, которая в поперечнике составляет около 47 мм, а в конце – около 27 мм. Верхней границей тонкой кишки является привратник желудка, а нижней – илеоцекальный клапан (место входа в слепую кишку). В тонкой кишке выделяют три отдела: двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. В отличие от двенадцатиперстной тощая и подвздошная кишки имеют брыжейку и рассматриваются как брыжеечная часть тонкой кишки.

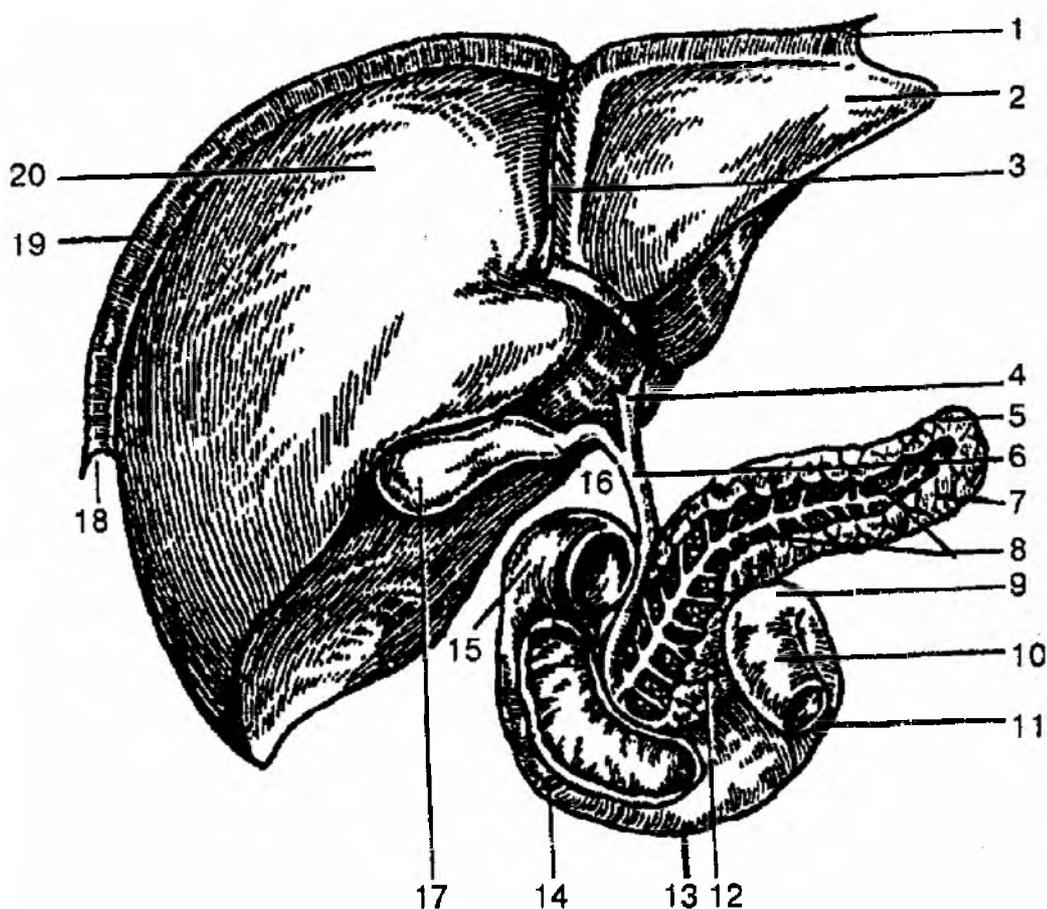
Двенадцатиперстная кишка имеет общую длину 17–21 см и является начальным отделом тонкой кишки. В ней выделяют четыре части: верхнюю, нисходящую, горизонтальную и восходящую (рисунок 9).

Двенадцатиперстная кишка располагается забрюшинно и не имеет своей брыжейки. Брюшина прилегает к кишке спереди, покрывает со всех сторон только ее начальный отдел – ампулу. Двенадцатиперстная кишка фиксируется печеночно-дуоденальной, двенадцатиперстно-печеночной и подвешивающей связками. Слизистая оболочка этой кишки образует круговые складки, характерные для всего тонкого кишечника. Кроме того, на внутренней стенке ее находится продольная складка, в нижней части которой расположен большой сосочек двенадцатиперстной кишки, где открываются общим отверстием общий желчный проток и проток поджелудочной железы. На 2–3 см выше от сосочка располагается малый

сосочек двенадцатиперстной кишки, на котором открывается устье добавочного протока поджелудочной железы.

Особенности строения двенадцатиперстной кишки определяются наличием дуоденальных желез в подслизистой основе. Мышечная оболочка состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольных слоев гладких мышечных волокон. Снаружи двенадцатиперстная кишка покрыта адвентицией.

В двенадцатиперстную кишку открываются протоки двух крупных желез – печени и поджелудочной железы. Химус из желудка поступает в двенадцатиперстную кишку и подвергается дальнейшей обработке ферментами кишечного и панкреатического соков и желчных кислот. Здесь же начинаются активные процессы всасывания.



- 1 – левая треугольная связка; 2 – левая доля печени; 3 – серповидная связка (печени);
4 – общий печеночный проток; 5 – поджелудочная железа; 6 – общий желчный проток;
7 – хвост поджелудочной железы; 8 – проток поджелудочной железы;
9 – двенадцатиперстно-тощий изгиб; 10 – тощая кишка; 11 – восходящая часть двенадцатиперстной кишки; 12 – головка поджелудочной железы; 13 – горизонтальная часть двенадцатиперстной кишки; 14 – нисходящая часть двенадцатиперстной кишки; 15 – верхняя часть двенадцатиперстной кишки; 16 – пузырный проток; 17 – желчный пузырь; 18 – правая треугольная связка; 19 – венечная связка; 20 – правая доля печени

Рисунок 9 – Печень, двенадцатиперстная кишка, поджелудочная железа

Дуоденальные железы (бруннеровы железы). У человека дуоденальные железы закладываются на 20–22-й неделе эмбриогенеза. Они расположены в подслизистой основе по всей длине двенадцатиперстной кишки. Дуоденальные железы у всех млекопитающих и человека альвеолярно-трубчатые, разветвленные. Их выводные протоки открываются в крипты либо у основания ворсинок непосредственно в полость кишки. Гландулоциты концевых отделов – типичные слизистые (мукозные) клетки с характерными гранулами секрета. Камбиальные элементы расположены в устье протоков, поэтому обновление клеток желез идет от протоков в направлении концевых отделов. В дуоденальных железах имеются эндокриноциты различных видов – Ee, G, S, D.

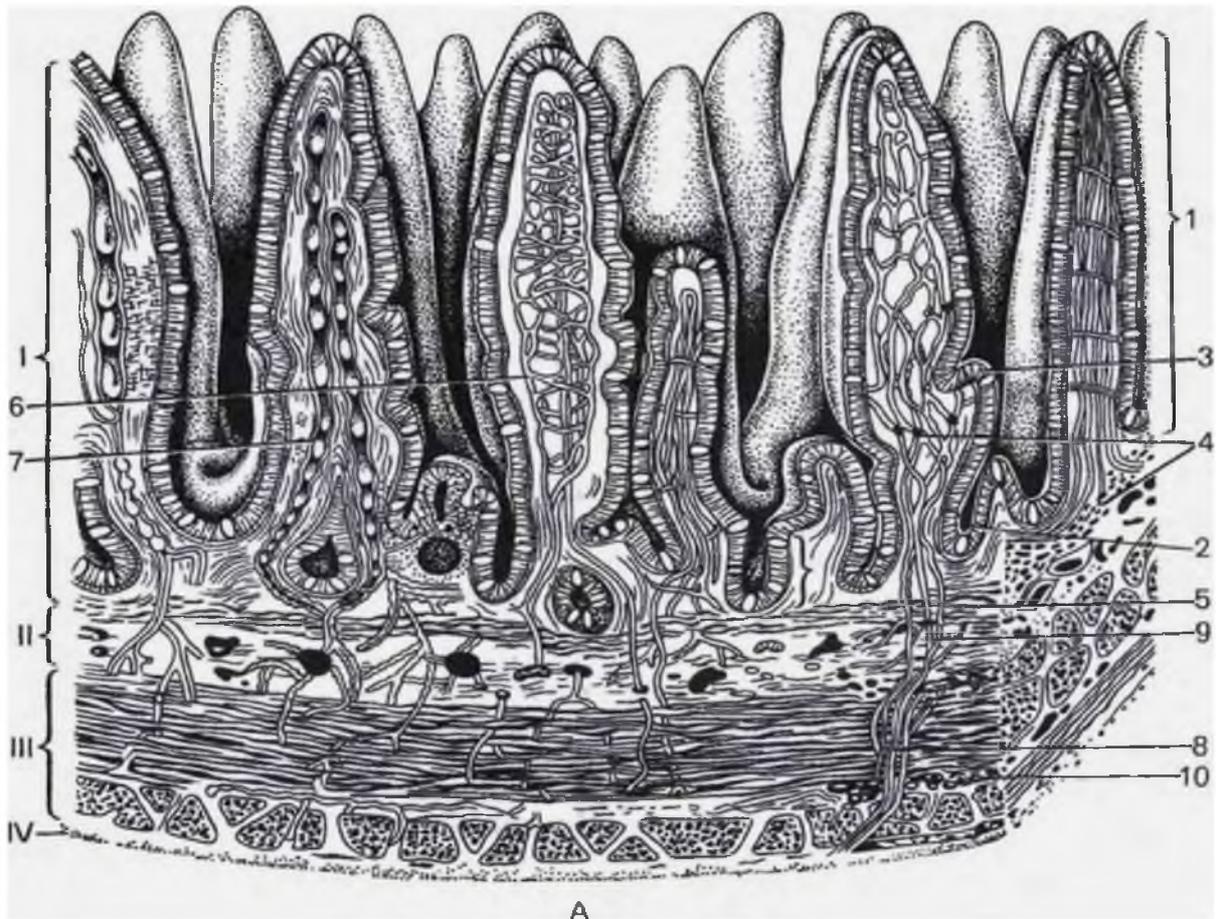
Секрет дуоденальных желез выполняет две основные функции: 1) пищеварительную – участвует в пространственной и структурной организации процессов гидролиза и всасывания; 2) защитную – предохраняет стенку кишечника от механических и химических повреждений [5].

Часть тонкой кишки, имеющая брыжейку, лежит ниже поперечной ободочной кишки, и ее брыжейка образует 14–16 петель, покрытых спереди большим сальником. Около $\frac{2}{5}$ брыжеечной части тонкой кишки относится к тощей кишке и $\frac{3}{5}$ – к подвздошной. Четко обозначенной границы между этими отделами тонкой кишки не существует.

Тощая кишка лежит непосредственно после двенадцатиперстной кишки, ее петли расположены в левой верхней части брюшной полости. Диаметр тощей кишки составляет 3,5–4,5 см.

Подвздошная кишка является продолжением тощей кишки. Она занимает правую нижнюю часть брюшной полости и соединяется со слепой кишкой в области правой подвздошной ямки.

Стенка тонкой кишки построена из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной и серозной оболочек (рисунок 10).



I – слизистая оболочка; II – подслизистая основа; III – мышечная оболочка;
 IV – серозная оболочка; 1 – кишечные ворсинки; 2 – кишечные железы (крипты);
 3 – эпителий; 4 – собственная пластинка слизистой оболочки;
 5 – мышечная пластинка слизистой оболочки; 6 – сосудистая сеть;
 7 – лимфатическая сеть; 8 – нервное волокно; 9 – подслизистое нервное сплетение;
 10 – мышечно-кишечное нервное сплетение

Рисунок 10 – Строение тонкой кишки

Внутренняя поверхность тонкой кишки имеет характерный рельеф благодаря наличию ряда образований – циркулярных складок, ворсинок и крипт (кишечные железы). Эти структуры увеличивают общую поверхность тонкого кишечника, что способствует выполнению его основных функций пищеварения. Кишечные ворсинки и крипты являются основными структурно-функциональными единицами слизистой оболочки тонкого кишечника. Циркулярные складки образованы слизистой оболочкой и подслизистой основой.

Кишечные ворсинки представляют собой выпячивания слизистой оболочки пальцевидной или листовидной формы, свободно вдающиеся в просвет тонкой кишки.

Число ворсинок в тонкой кишке очень велико. Больше всего их в двенадцатиперстной и тощей кишке (22–40 ворсинок на 1 мм^2), несколько меньше – в подвздошной кишке (18–31 ворсинка на 1 мм^2).

В двенадцатиперстной кишке ворсинки широкие и короткие (высота их 0,2–0,5 мм), в тощей и подвздошной кишке они несколько тоньше, но выше (до 0,5–1,5 мм). В образовании каждой ворсинки участвуют структурные элементы всех слоев слизистой оболочки.

Кишечные крипты (железы) представляют собой углубления эпителия в виде многочисленных трубочек, лежащих в собственной пластинке слизистой оболочки. Их устья открываются в просвет между ворсинками. На 1 мм² поверхности кишки приходится до 100 крипт, а всего в тонком кишечнике более 150 млн крипт. Каждая крипта имеет длину около 0,25–0,5 мм, диаметр до 0,07 мм. Общая площадь крипт в тонком кишечнике составляет около 14 м².

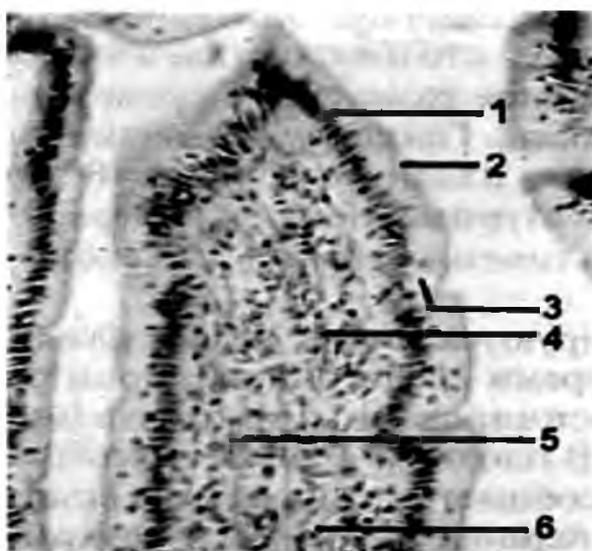
Слизистая оболочка тонкой кишки состоит из однослойного призматического каемчатого эпителия, собственного слоя слизистой оболочки и мышечного слоя слизистой оболочки.

Эпителиальный пласт тонкой кишки содержит четыре типа клеток – столбчатые эпителиоциты, бокаловидные экзокриноциты, клетки Панета, а также М-клетки, являющиеся модификацией столбчатых эпителиоцитов. Источником развития этих популяций являются стволовые клетки, находящиеся на дне крипт, из которых вначале образуются клетки-предшественники, которые делятся митозом и дифференцируются в конкретный вид эпителиоцитов. Клетки-предшественники также находятся в криптах, а в процессе дифференцировки перемещаются в направлении вершины ворсинки, где располагаются дифференцированные клетки, неспособные к делению, которые здесь заканчивают жизненный цикл и слущиваются. Весь цикл обновления эпителиоцитов у человека составляет 5–6 суток.

Таким образом, эпителий крипт и ворсинок представляет единую систему, в которой можно выделить несколько компартментов клеток, находящихся на различных стадиях дифференцировки, и каждый компартмент составляет около 7–10 слоев клеток. Все клетки кишечной крипты представляют собой один клон, т. е. являются потомками одной стволовой клетки. Первый компартмент представлен 1–5 рядами клеток в базальной части крипт – клетками-предшественниками всех четырех видов клеток – столбчатых, бокаловидных, клеток Панета и эндокринных. Клетки Панета, дифференцирующиеся из стволовых клеток и клеток-предшественников, не перемещаются, а остаются на дне крипт. Остальные клетки после 3–4 делений клеток-предшественников в криптах (делящаяся транзитная популяция, составляющая 5–15-е ряды клеток) перемещаются в ворсинку, где составляют транзитную неделяющую популяцию и популяцию дифференцированных клеток. Физиологическая регенерация (обновление) эпителия в комплексе крипта – ворсинка обеспечивается митотическим делением клеток-предшественников. В основе репаративной регенерации лежит подобный механизм, и дефект эпителия ликвидируется

размножением клеток. Кроме эпителиоцитов, в эпителиальном пласте могут находиться лимфоциты, располагающиеся в межклеточных пространствах и далее мигрирующие в лимфокапилляры. Лимфоциты стимулируются антигенами, попадающими в кишечник, и играют важную роль в иммунологической защите кишечника.

Строение кишечной ворсинки. С поверхности каждая кишечная ворсинка выстлана однослойным призматическим эпителием (рисунок 11).



- 1 – однослойный призматический каемчатый эпителий; 2 – исчерченная каемка;
3 – бокаловидный экзокриноцит; 4 – собственная пластинка слизистой оболочки;
5 – кровеносный капилляр; 6 – лимфатический капилляр

Рисунок 11 – Продольный срез ворсинки

В эпителии различают три основных вида клеток: столбчатые эпителиоциты (и их разновидность – М-клетки), бокаловидные экзокриноциты, эндокриноциты.

Столбчатые эпителиоциты ворсинки, или энтероциты, составляют основную массу эпителиального пласта, покрывающего ворсинку. По форме это призматические клетки, имеющие высоту около 22–26 мкм и ширину около 8 мкм. Они характеризуются выраженной полярностью строения, что отражает их функциональную специализацию – обеспечение резорбции и транспорта веществ, поступающих с пищей.

На апикальной поверхности клеток имеется исчерченная каемка, образованная множеством микроворсинок. Количество микроворсинок на 1 мкм^2 поверхности клетки составляет от 60 до 90. Высота каждой микроворсинки у человека около 0,9–1,25 мкм, диаметр – 0,08–0,11 мкм, промежутки между микроворсинками равны 0,01–0,02 мкм. Благодаря огромному числу микроворсинок поверхность всасывания кишки увеличивается в 30–40 раз. В микроворсинках имеются тонкие филаменты и микротрубочки. В каждой микроворсинке имеется центральная часть,

где вертикально расположен пучок актиновых микрофиламентов, которые соединены с одной стороны с плазмолеммой верхушки ворсинки, а в основании ворсинки соединяются с терминальной сетью – горизонтально ориентированными микрофиламентами в апикальной части цитоплазмы энтероцита. Этот комплекс обеспечивает сокращение микроворсинок в процессе всасывания. На поверхности микроворсинок расположен гликокаликс, представленный липопротеидами и гликопротеинами. В плазмолемме и гликокаликсе микроворсинок исчерченной каемки обнаружено высокое содержание ферментов, участвующих в расщеплении и транспорте всасываемых веществ: фосфатазы, нуклеозиддифосфатазы, L-, D-гликозидазы, аминопептидазы и др. Содержание фосфатаз в эпителии тонкой кишки превышает их уровень в печени почти в 700 раз, причем $\frac{3}{4}$ их количества находится в каемке. Установлено, что расщепление пищевых веществ и всасывание их наиболее интенсивно происходят в области исчерченной каемки. Эти процессы получили название пристеночного и мембранного пищеварения в отличие от полостного, совершающегося в просвете кишечной трубки, и внутриклеточного. В апикальной части клетки имеется хорошо выраженный терминальный слой, который состоит из сети филаментов, расположенных параллельно поверхности клетки. Терминальная сеть содержит актиновые и миозиновые микрофиламенты и соединена с межклеточными контактами на боковых поверхностях апикальных частей энтероцитов. В апикальных частях энтероцитов расположены соединительные комплексы, состоящие из двух типов межклеточных контактов (соединений) плотных изолирующих контактов и адгезивных поясков, или лент, соединяющих соседние клетки и закрывающих сообщение между просветом кишки и межклеточными пространствами.

При участии микрофиламентов терминальной сети обеспечивается закрытие межклеточных щелей между энтероцитами, что предотвращает поступление в них различных веществ в процессе пищеварения. Под терминальной сетью в апикальной части энтероцита расположены трубочки и цистерны гладкой эндоплазматической сети, участвующие в процессах всасывания жиров, а также митохондрии, обеспечивающие энергией процессы всасывания и транспорта метаболитов.

Энтероциты выполняют секреторную функцию, продуцируя метаболиты и ферменты, необходимые для терминального пищеварения (пристеночного и мембранного).

М-клетки (клетки с микроскладками) являются разновидностью энтероцитов, располагаются на поверхности групповых лимфатических фолликулов (пейеровых бляшек) и одиночных лимфатических фолликулов. Они имеют уплощенную форму, малое число микроворсинок и получили свое название в связи с наличием на их апикальной поверхности *микроскладок*. С помощью микроскладок они способны захватывать

макромолекулы из просвета кишки и формировать эндоцитозные везикулы, транспортируемые к базолатеральным плазмолеммам и далее в межклеточное пространство. Таким образом, могут поступать из полости кишки антигены, которые привлекают лимфоциты, что стимулирует иммунный ответ в лимфоидной ткани кишечника.

Бокаловидные экзокриноциты в ворсинках расположены поодиночке среди столбчатых клеток. Число их увеличивается по направлению от двенадцатиперстной кишки и подвздошной. По своему строению это типичные слизистые клетки. В них наблюдаются циклические изменения, связанные с накоплением и последующим выделением слизи. В фазе накопления секрета ядра этих клеток оказываются прижатыми к их основанию, в цитоплазме же клеток над ядром видны капли слизи. Аппарат Гольджи и митохондрии располагаются около ядра. Формирование секрета происходит в области аппарата Гольджи. В стадии накопления слизи в клетке обнаруживается большое число сильно измененных митохондрий. Они крупные, светлые, с короткими кристами. После выделения секрета бокаловидная клетка становится узкой, ядро ее уменьшается, цитоплазма освобождается от гранул секрета. Слизь, выделяемая бокаловидными экзокриноцитами, служит для увлажнения поверхности слизистой оболочки кишечника и этим способствует продвижению пищевых частиц, а также участвует в процессах пристеночного пищеварения. Под эпителием ворсинки находится базальная мембрана, за которой следует рыхлая волокнистая соединительная ткань собственной пластинки слизистой оболочки. В ней проходят кровеносные и лимфатические сосуды и нервы, ориентированные вдоль ворсинки. В строме ворсинки всегда присутствуют отдельные гладкие мышечные клетки – производные мышечного слоя слизистой оболочки. Пучки гладких миоцитов обвиты сетью ретикулярных волокон, которые связывают их со стромой ворсинки и базальной мембраной. Сокращение миоцитов способствует проталкиванию всасывающихся продуктов гидролиза пищи в кровь и лимфу ворсин кишечника. Другие пучки гладких мышечных клеток, проникающие в подслизистую основу, образуют циркулярные слои вокруг проходящих там сосудов. Сокращение этих мышечных групп регулирует кровоснабжение органа [5].

Строение кишечной крипты

1. Слизистая оболочка состоит из *эпителия, собственного слоя слизистой оболочки и мышечного слоя слизистой оболочки.*

а) Эпителиальная выстилка кишечных крипт содержит стволовые клетки, клетки-предшественники столбчатых эпителиоцитов, бокаловидных экзокриноцитов, эндокриноцитов и клетки Панета на всех стадиях развития (экзокриноциты с ацидофильными гранулами). Столбчатые эпителиоциты составляют основную массу эпителиальной выстилки крипт. По сравнению с аналогичными клетками ворсинок они более низкие, имеют более тонкую исчерченную каемку и базофильную цитоплазму.

В эпителиоцитах нижней половины крипт часто видны фигуры митоза. Эти элементы служат источником регенерации как для эпителиальных клеток ворсинок, так и для клеток крипт. Бокаловидные экзокриноциты постоянно находятся в криптах, их строение сходно с описанным в ворсинке. Экзокриноциты с ацидофильными гранулами, или клетки Панета, располагаются группами или поодиночке на дне крипт. В их апикальной части видны плотные сильно преломляющие свет гранулы. Эти гранулы резко ацидофильны, окрашиваются эозином в ярко-красный цвет, растворяются в кислотах, но устойчивы к щелочам. Цитохимически в гранулах обнаружены белково-полисахаридный комплекс, ферменты, лизоцим. Наличие в этих клетках ряда ферментов указывает на участие их секрета в процессах пищеварения – расщеплении дипептидов до аминокислот. Не менее важной является антибактериальная функция секрета, связанная с выработкой лизоцима, который разрушает клеточные стенки бактерий и простейших. Таким образом, клетки Панета играют важную роль в регуляции бактериальной флоры тонкого кишечника.

Эндокриноцитов в крипте значительно больше, чем в ворсинках. Наиболее многочисленными являются *ЕС-клетки*, секретирующие серотонин, мотилин и вещество Р. *А-клетки*, продуцирующие энтероглюкагон, малочисленны. *S-клетки*, вырабатывающие секретин, распределены в разных отделах кишечника нерегулярно. Кроме того, в кишечнике найдены *I-клетки*, секретирующие холецистокинин и панкреозимин – биологически активные вещества, оказывающие стимулирующее действие на функции поджелудочной железы и печени. Обнаружены также *G-клетки*, вырабатывающие гастрин, *D-клетки*, продуцирующие активные пептиды (соматостатин и вазоактивный интестинальный пептид – ВИП).

б) Для *собственной пластинки слизистой оболочки* характерно содержание большого количества ретикулярных волокон. Они образуют густую сеть по всей собственной пластинке и, подходя к эпителию, участвуют в образовании базальной мембраны. С ретикулярными волокнами тесно связаны отростчатые клетки, сходные по строению с ретикулярными клетками кроветворных органов. В собственной пластинке постоянно встречаются эозинофилы, лимфоциты, а также плазматические клетки. В ней расположены сосудистые и нервные сплетения.

в) *Мышечная пластинка слизистой оболочки* состоит из двух слоев: внутреннего циркулярного и наружного (более рыхлого) – продольного. Толщина обоих слоев около 40 мкм. В них имеются косо идущие пучки мышечных клеток. От внутреннего циркулярного мышечного слоя отдельные мышечные клетки отходят в собственную пластинку слизистой оболочки.

2. *Подслизистая основа* нередко содержит дольки жировой ткани. В ней располагаются сосуды и подслизистое нервное сплетение.

3. *Мышечная оболочка* тонкой кишки состоит из двух слоев: внутреннего – циркулярного (более мощного) и наружного – продольного. Направление хода пучков мышечных клеток в обоих слоях не строго циркулярное и продольное, а спиральное. В наружном слое завитки спирали более растянуты по сравнению с внутренним слоем. Между обоими мышечными слоями располагается прослойка рыхлой волокнистой соединительной ткани, в которой находятся узлы мышечно-кишечного нервного сплетения и сосуды.

Функция мышечной оболочки заключается в перемешивании и проталкивании химуса по ходу кишечника. В тонкой кишке различают сокращения двух видов. Сокращения местного характера обусловлены главным образом сокращениями внутреннего слоя мышечной оболочки. Они совершаются ритмически – 12–13 раз в минуту. Другие сокращения – перистальтические – вызываются действием мышечных элементов обоих слоев и распространяются последовательно по всей длине кишки. Перистальтические сокращения прекращаются после разрушения мышечно-кишечного нервного сплетения. Усиление перистальтики тонкой кишки происходит при возбуждении симпатических нервов, ослабление – при возбуждении блуждающего нерва.

4. *Серозная оболочка* покрывает снаружи тонкую кишку со всех сторон, за исключением двенадцатиперстной кишки, которая покрыта брюшиной только спереди, а в остальных частях имеет соединительнотканную оболочку [6].

В тонкой кишке подвергаются химической обработке все виды питательных веществ – белки, жиры и углеводы.

В переваривании белков участвуют ферменты панкреатического сока (трипсин, химотрипсин, коллагеназа, эластаза, карбоксилаза) и кишечного сока (аминопептидаза, лейцинаминопептидаза, аланинаминопептидаза, три пептидазы, дипептидазы, энтерокиназа).

Энтерокиназа вырабатывается клетками слизистой оболочки кишки в неактивной форме (киназоген), обеспечивает превращение неактивного фермента трипсиногена в активный трипсин. Пептидазы обеспечивают дальнейший последовательный гидролиз пептидов, начавшийся в желудке, до свободных аминокислот, которые всасываются эпителиоцитами кишечника и поступают в кровь.

В переваривании углеводов также участвуют ферменты поджелудочной железы и кишечного сока: β -амилаза, мальтаза, лактаза, которые расщепляют полисахариды и дисахариды до простых сахаров (моносахаридов) – глюкозы, фруктозы, галактозы, всасываемых эпителиоцитами кишки и поступающих в кровь.

Переваривание жиров осуществляют панкреатические липазы, расщепляющие триглицериды, и кишечная липаза, обеспечивающая гидролитическое расщепление моноглицеридов. Продуктами расщепления жиров в кишечнике являются жирные кислоты, глицерин, моноглицериды. В тонкой кишке происходит также процесс всасывания продуктов расщепления белков, жиров и углеводов в кровеносные и лимфатические сосуды. Кроме того, кишечник выполняет механическую функцию: проталкивает химус в каудальном направлении. Эта функция осуществляется благодаря перистальтическим сокращениям мышечной оболочки кишечника. Эндокринная функция, выполняемая специальными секреторными клетками, заключается в выработке биологически активных веществ – серотонина, гистамина, мотилина, секретина, энтероглюкагона, холецистокинина, панкреозимины, гастрин и ингибитора гастрин.

Толстая кишка. Толстая кишка является продолжением тонкого кишечника и конечным отделом пищеварительного тракта. В ней завершается переваривание пищи, формируются и выводятся наружу через анальное отверстие каловые массы.

Расположена толстая кишка в брюшной полости и в полости малого таза; длина ее колеблется от 1 до 1,7 м; диаметр – до 4–8 см. В толстую кишку входят слепая кишка с червеобразным отростком; восходящая, поперечная нисходящая и сигмовидная ободочные кишки; прямая кишка.

Слепая кишка имеет длину около 6 см и диаметр 7,0–7,5 см. Она представляет собой начальную расширенную часть толстой кишки ниже места входа подвздошной кишки в толстую. Брюшина покрывает слепую кишку со всех сторон, но не имеет брыжейки. Положение слепой кишки очень вариабельно, она часто может находиться у входа в малый таз. От задней поверхности слепой кишки отходит червеобразный отросток (аппендикс). Последний представляет собой вырост слепой кишки длиной 2–20 см (в среднем 8 см) и диаметром 0,5–1,0 см. Чаще червеобразный отросток расположен в правой подвздошной ямке и может иметь нисходящее, латеральное или восходящее направление. При переходе подвздошной кишки в слепую образуется илеоцекальное отверстие, напоминающее горизонтальную щель, ограниченную сверху и снизу двумя складками, которые формируют илеоцекальный клапан. Последний предупреждает возвращение содержимого из слепой кишки в подвздошную. Несколько ниже илеоцекального клапана, на внутренней поверхности находится отверстие червеобразного отростка.

Восходящая ободочная кишка продолжает слепую кишку вверх, расположена в правой боковой области брюшной полости. Дойдя до висцеральной поверхности правой доли печени, кишка резко поворачивает

влево и образует правый выгиб ободочной кишки, а затем переходит в поперечную ободочную кишку.

Поперечная ободочная кишка берет начало от правого изгиба ободочной кишки, идет поперек до левого изгиба ободочной кишки. Сверху к поперечной ободочной кишке, к ее правому изгибу прилегает печень, а к левому изгибу – желудок и селезенка, снизу – петли тонкой кишки, спереди – передняя брюшная стенка, сзади – двенадцатиперстная кишка и поджелудочная железа. Кишка со всех сторон покрыта брюшиной, имеет брыжейку, при помощи которой прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

Нисходящая ободочная кишка имеет длину 10–30 см, начинается от левого изгиба ободочной кишки и идет вниз до левой подвздошной ямки, где переходит в сигмовидную кишку. Находясь в левом отделе брюшной полости, кишка прилегает к квадратной мышце поясницы, левой почке, подвздошной мышце; справа от кишки находятся петли тощей кишки, слева – левая брюшная стенка; передняя поверхность нисходящей ободочной кишки соприкасается с передней брюшной стенкой. Брюшина покрывает нисходящую ободочную кишку с боков и спереди.

Сигмовидная кишка находится в левой подвздошной ямке, вверху начинается от уровня гребня подвздошной кости и заканчивается на уровне крестцово-подвздошного сустава, где переходит в прямую кишку. По ходу сигмовидная кишка образует две петли, форма и размер которых могут иметь индивидуальную вариабельность. Длина этой кишки у взрослого человека колеблется от 15 до 67 см. Брюшина покрывает ее со всех сторон и, образовав брыжейку, прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

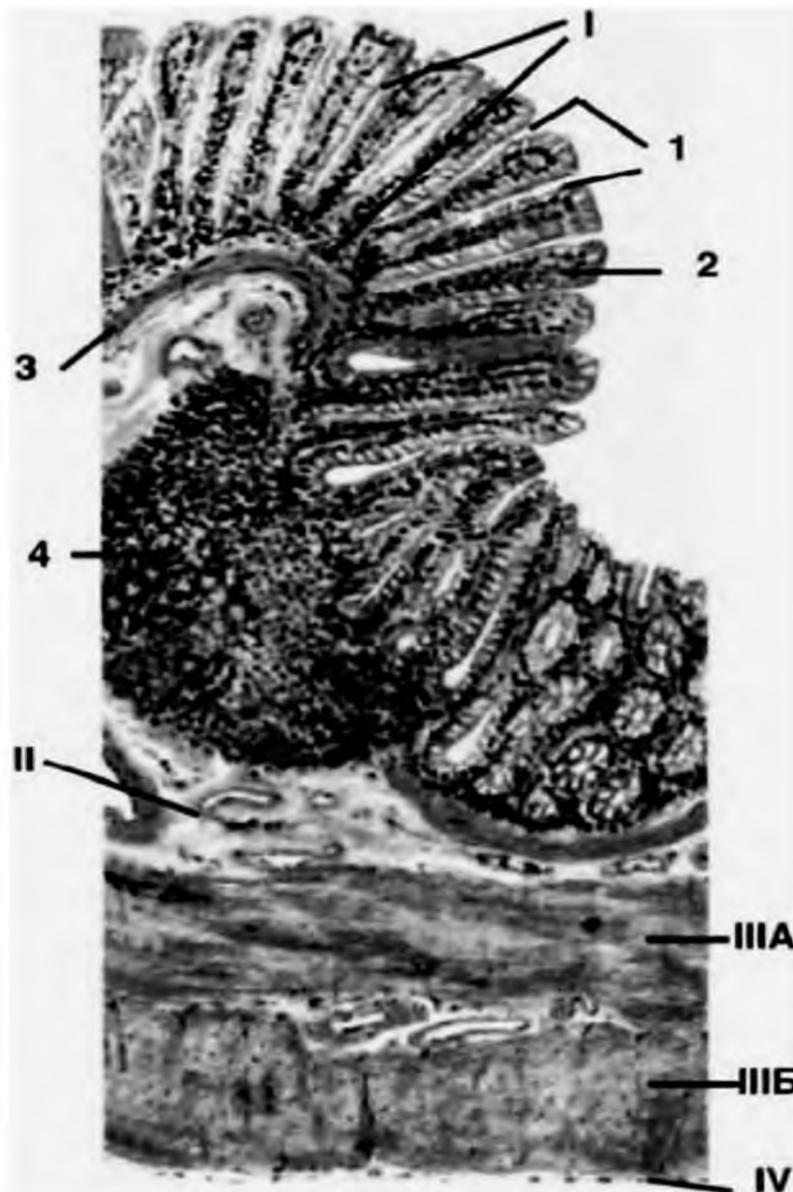
Стенка ободочной кишки образована слизистой оболочкой, подслизистой основой, мышечной и серозной оболочками.

Для рельефа внутренней поверхности ободочной кишки характерно наличие большого количества циркулярных складок и кишечных крипт (желез), значительно увеличивающих ее площадь. В отличие от тонкой кишки здесь отсутствуют ворсинки.

Циркулярные складки образуются на внутренней поверхности кишки из слизистой оболочки и подслизистой основы. Они располагаются поперек и имеют полулунную форму.

Кишечные железы (крипты) в ободочной кишке развиты больше, чем в тонкой, расположены чаще, размеры их больше (0,4–0,7 мм), они шире, содержат очень много бокаловидных экзокриноцитов.

Слизистая оболочка ободочной кишки, как и тонкой, имеет три слоя – эпителий, собственную пластинку и мышечную пластинку (рисунок 12).



I – Слизистая оболочка: 1 – крипты, 2 – собственная пластинка слизистой оболочки: тонкие соединительнотканые прослойки между криптами, 3 – мышечная пластинка слизистой оболочки;
 II – Подслизистая основа: 4 – лимфоидные узелки; III – Мышечная оболочка; IIIА – внутренний циркулярный; IIIБ – наружный продольный; IV – Серозная оболочка
Рисунок 12 – Строение толстой кишки

Эпителий слизистой оболочки однослойный призматический. Он состоит из трех основных видов клеток: столбчатых эпителиоцитов, бокаловидных экзокриноцитов и желудочно-кишечных эндокриноцитов. Кроме того, имеются недифференцированные эпителиоциты. *Столбчатые эпителиоциты* располагаются на поверхности слизистой оболочки и в ее криптах. По своему строению они сходны с аналогичными клетками тонкой кишки, но у них более тонкая исчерченная каемка. *Бокаловидные экзокриноциты*, выделяющие слизь, имеются в большом количестве

в криптах. У основания кишечных крипт лежат недифференцированные эпителиоциты. В них часто видны митозы. За счет этих клеток происходит регенерация столбчатых эпителиоцитов и бокаловидных экзокриноцитов. Изредка встречаются эндокринные клетки и клетки с ацидофильными гранулами.

Собственная пластинка слизистой оболочки образует тонкие соединительнотканые прослойки между кишечными криптами. В этой пластинке часто встречаются одиночные лимфоидные узелки, из которых лимфоциты мигрируют в окружающую соединительную ткань и проникают в эпителий.

Мышечная пластинка слизистой оболочки сильнее выражена, чем в тонкой кишке, и состоит из двух слоев. Внутренний слой более плотный, образован преимущественно циркулярно расположенными пучками гладких миоцитов. Наружный слой представлен пучками гладких миоцитов, ориентированных частично продольно, частично косо по отношению к оси кишки. Мышечные клетки в этом слое расположены более рыхло, чем во внутреннем.

Подслизистая основа содержит много жировых клеток. Здесь располагаются сосудистые, а также нервное подслизистое сплетения. В подслизистой основе ободочной кишки всегда очень много лимфоидных узелков; они распространяются сюда из собственной пластинки слизистой оболочки.

Мышечная оболочка представлена двумя слоями гладких мышц: внутренним – циркулярным и наружным – продольным. Наружный слой мышечной оболочки в ободочной кишке имеет особое строение. Этот слой не сплошной, и пучки гладких миоцитов в нем собраны в три ленты, тянущиеся вдоль всей ободочной кишки. В участках кишки, лежащих между лентами, обнаруживается лишь тонкий слой, состоящий из незначительного количества продольно расположенных пучков гладких миоцитов. Эти участки кишки образуют вздутия, выступающие наружу. Между двумя слоями мышечной оболочки есть прослойка рыхлой волокнистой соединительной ткани, в которой проходят сосуды и находится мышечно-кишечное нервное сплетение.

Серозная оболочка покрывает ободочную кишку снаружи. Иногда она имеет пальцеобразные выросты. Эти выросты представляют собой скопления жировой ткани, покрытые брюшиной.

Для червеобразного отростка характерны большие скопления лимфоидной ткани. Червеобразный отросток имеет просвет треугольной формы у детей и круглой – у взрослых. С годами этот просвет может зарастать соединительной тканью. Слизистая оболочка червеобразного отростка имеет кишечные железы (крипты), покрытые однослойным призматическим эпителием с небольшим содержанием бокаловидных клеток. На дне кишечных крипт чаще, чем в других отделах толстой

кишки, встречаются эзокриноциты с ацидофильными гранулами. Здесь же располагаются недифференцированные эпителиоциты и эндокринные клетки, причем их здесь больше, чем в криптах тонкой кишки (в среднем в каждой около 5 клеток). Червеобразный отросток осуществляет защитную функцию, скопления лимфоидной ткани в нем входят в состав периферических отделов иммунной системы [5].

Прямая кишка – конечная часть толстой кишки; в ней накапливаются, а затем выводятся из нее каловые массы. Длина прямой кишки в среднем составляет около 15 см, диаметр колеблется от 2,5 до 7,5 см; располагается она в полости малого таза. Сзади нее находятся крестец и копчик, спереди – предстательная железа, мочевого пузыря, семенные пузырьки и ампулы семявыводящих протоков у мужчин, матка и влагалище – у женщин. По ходу прямая кишка образует два изгиба в сагиттальной плоскости: крестцовый, который соответствует кривизне крестца, и промежностный, направленный выпуклостью вперед. На уровне крестца прямая кишка образует расширение – *ампулу*. Узкая часть кишки, проходящая через промежность, называется заднепроходным каналом, который открывается наружным отверстием – задним проходом.

Слизистая оболочка прямой кишки содержит кишечные железы (слизистые и бокаловидные) и одиночные лимфоидные узелки; образует продольные и поперечные складки.

Подслизистая основа содержит сосудистые и нервные сплетения, лимфоидные фолликулы. В ампуле прямой кишки расположены 2–3 поперечные складки, а в заднепроходном канале – 6–10 постоянных продольных складок (столбов). Между ними находятся углубления – заднепроходные анальные пазухи, ограниченные снизу заднепроходными (анальными) заслонками.

Мышечная оболочка прямой кишки имеет круговой и продольный слой. Внутренний круговой слой заднепроходного канала образует внутренний (непроизвольный) сфинктер заднего прохода высотой 2–3 см. Наружный (произвольный) сфинктер заднего прохода формируется из слоя круговых поперечнополосатых мышечных волокон, которые затем входят в состав мышц диафрагмы таза.

Серозная оболочка покрывает со всех сторон верхнюю часть прямой кишки, среднюю – с трех сторон, а нижняя лежит за брюшиной.

Печень. Желчный пузырь. Печень является самой крупной железой в человеческом теле. Ее вес достигает 1,5 кг, вещество ее мягкой консистенции, красно-бурого цвета. Печень является многофункциональным органом [9].

Она выполняет следующие функции:

1. Участвует в обмене белков. Эта функция выражается в расщеплении и перестройке аминокислот. В ней происходит

переработка аминокислот с помощью ферментов. В печени содержится резервный белок, который используется при ограниченном поступлении белка с пищей.

2. Печень участвует в обмене углеводов. Глюкоза и другие моносахара, поступающие в печень, превращаются в ней в гликоген, который откладывается как резерв сахара. В гликоген превращается молочная кислота и продукты расщепления белков и жиров. При расходовании глюкозы гликоген в печени превращается в глюкозу, которая поступает в кровь.

3. Печень участвует в жировом обмене путем воздействия желчи на жиры в кишечнике. В печени происходит окисление жирных кислот. Одна из важнейших функций печени – образование жира из сахара. При избытке углеводов и белков преобладает липогенез (синтез липоидов), а при недостатке углеводов – гликогенез (синтез гликогена) из белка. Печень является депо жира.

4. Печень участвует в обмене витаминов. Все жирорастворимые витамины всасываются в стенке кишечника только в присутствии желчных кислот, выделяемых печенью. Некоторые витамины депонируются (задерживаются) в печени.

5. В печени происходит расщепление многих гормонов: тироксина, альдостерона, инсулина и др.

6. Печень играет важную роль в поддержании гормонального баланса организма, благодаря ее участию в обмене гормонов.

7. Печень участвует в обмене микроэлементов. Она оказывает влияние на всасывание железа в кишечнике и депонирует его. Печень – депо меди и цинка. Она принимает участие в обмене марганца, кобальта и др.

8. Защитная (барьерная) функция печени проявляется в следующем. Во-первых, микробы в печени подвергаются фагоцитозу. Во-вторых, печеночные клетки обезвреживают токсические вещества. Вся кровь от желудочно-кишечного тракта по системе воротной вены поступает в печень, где происходит обезвреживание таких веществ как аммиак (превращается в мочевины). В печени ядовитые вещества превращаются в безвредные парные соединения (индол, скатол, фенол).

9. В печени синтезируются вещества, которые участвуют в свертывании крови, и компоненты противосвертывающей системы.

10. Печень является депо крови.

11. Участие печени в процессах пищеварения обеспечивается главным образом за счет желчи, которая синтезируется клетками печени и накапливается в желчном пузыре.

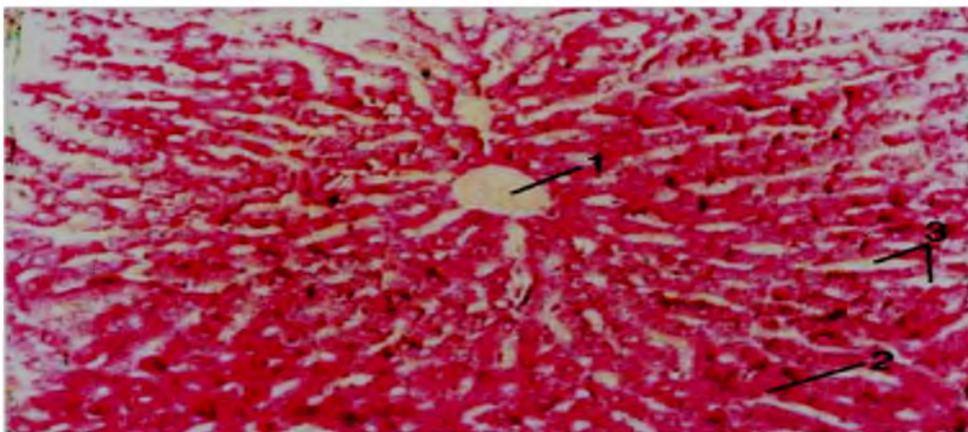
Желчь выполняет следующие функции в процессах пищеварения:

1. Эмульгирует жиры, тем самым увеличивая поверхность для гидролиза их липазой.

-
2. Растворяет продукты гидролиза жира, чем способствует их всасыванию.
 3. Повышает активность ферментов (панкреатических и кишечных), особенно липаз.
 4. Нейтрализует кислое желудочное содержимое.
 5. Способствует всасыванию жирорастворимых витаминов, холестерина, аминокислот и солей кальция.
 6. Участвует в пристеночном пищеварении, облегчая фиксацию ферментов.
 7. Усиливает моторную и секреторную функцию тонкой кишки.
 8. Обладает бактериостатическим действием: тормозит развитие микробов [13].

Печень расположена в правой верхней части брюшной полости; она прикрепляется связками к диафрагме, брюшной стенке, желудку и кишечнику и покрыта тонкой фиброзной оболочкой – глиссоновой капсулой. Печень состоит обычно из четырех долей: большой правой доли, меньшей левой и гораздо меньших хвостатой и квадратной долей, образующих заднюю нижнюю поверхность печени [11].

Доли состоят из мелких структурных единиц – долек. Печеночные дольки – структурно-функциональные единицы печени (рисунок 13). В печени человека печеночных долек насчитывается около ста тысяч, каждая 1,5–2 мм длиной и 1–1,2 мм шириной. Иногда простые дольки сливаются (по 2 и более) своими основаниями и формируют более крупные сложные печеночные дольки. Количество долек в печени человека достигает 500 тысяч. Междольковая соединительная ткань образует строму органа. В ней проходят кровеносные сосуды и желчные протоки, структурно и функционально связанные с печеночными дольками. У человека междольковая соединительная ткань развита слабо, и вследствие этого печеночные дольки плохо отграничены друг от друга [3].



1 – центральная вена; 2 – печеночные балки; 3 – синусоидальные капилляры

Рисунок 13 – Печень человека. Печеночная долька

Долька состоит из печеночных клеток – гепатоцитов, расположенных вокруг центральной вены. Гепатоциты содержат крупное ядро, аппарат Гольджи, многочисленные митохондрии и лизосомы, а также множество гликогеновых гранул и липидных капелек. Они плотно примыкают друг к другу и на поверхности, обращенной к кровеносным капиллярам, имеют микроворсинки, через которые и происходит обмен веществами между гепатоцитами и кровью. Гепатоциты содержат различного рода включения: гликоген, липиды, пигменты и др., образующиеся из продуктов, приносимых кровью. Количество их меняется в различные фазы деятельности печени. Наиболее легко эти изменения обнаруживаются в связи с процессами пищеварения. Уже через 3–5 часов после приема пищи количество гликогена в гепатоцитах возрастает, достигая максимума через 10–12 часов. Гепатоциты выделяют в кровь глюкозу, мочевины, белки, жиры, а в желчные капилляры – желчь [1]. Гепатоциты объединяются в слои толщиной в одну клетку – печеночные пластинки. Они радиально расходятся от центральной вены, ветвятся и соединяются друг с другом, формируя сложную систему стенок; узкие щели между ними, наполненные кровью, известны под названием синусоидов. Синусоиды эквивалентны капиллярам; переходя один в другой, они образуют непрерывный лабиринт. Печеночные дольки снабжаются кровью от ветвей воротной вены и печеночной артерии, а образующаяся в дольках желчь поступает в систему канальцев, из них – в желчные протоки и выводится из печени. Печень человека производит около 600 мл желчи в сутки [14].

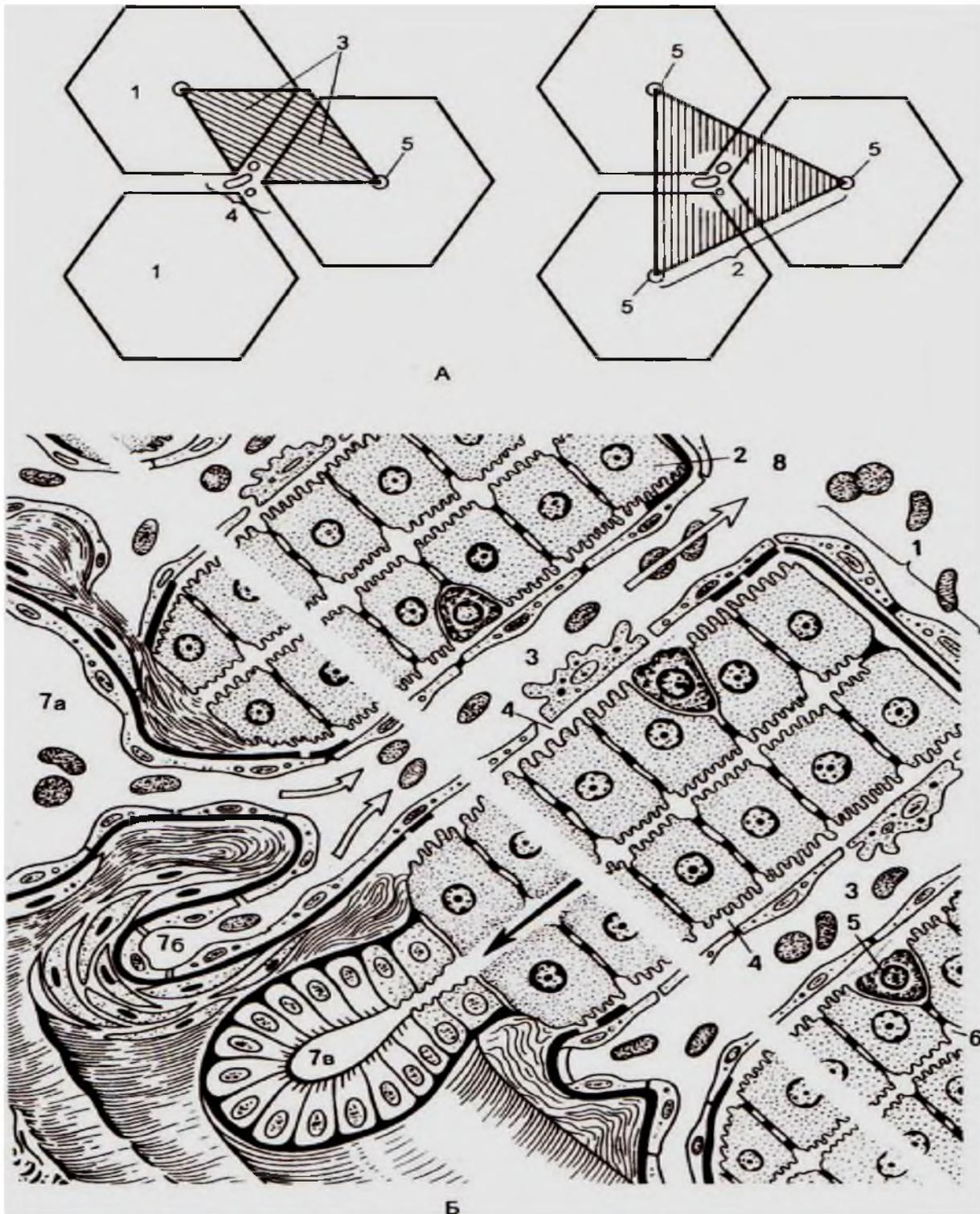
Печеночные дольки образованы печеночными балками и внутридольковыми синусоидными кровеносными капиллярами. Печеночные балки, построенные из гепатоцитов, расположены в радиальном направлении. Балки анастомозируют между собой, и поэтому их радиальное направление в дольках не всегда четко заметно. В печеночных балках и анастомозах между ними гепатоциты располагаются двумя рядами, тесно прилегающими друг к другу. В связи с этим на поперечном срезе каждая балка представляется состоящей из двух клеток. По аналогии с другими железами печеночные балки можно считать концевыми отделами печени, так как образующие их гепатоциты секретируют глюкозу, белки крови и ряд других веществ. Между рядами гепатоцитов, составляющих балку, располагаются желчные капилляры, или канальцы, диаметром от 0,5 до 1 мкм. Эти капилляры не имеют собственной стенки, так как образованы соприкасающимися поверхностями гепатоцитов,

на которых имеются небольшие углубления, совпадающие друг с другом и вместе образующие просвет желчного капилляра. Просвет желчного капилляра не сообщается с межклеточной щелью благодаря тому, что мембраны соседних гепатоцитов в этом месте плотно прилегают друг к другу, образуя замыкательные пластинки. Поверхности гепатоцитов, ограничивающие желчные капилляры, имеют микроворсинки, которые вдаются в их просвет (рисунок 14). Циркуляция желчи по этим капиллярам (канальцам) регулируется с помощью микрофиламентов, располагающихся в цитоплазме гепатоцитов вокруг просвета канальцев. При угнетении их сократительной способности в печени может наступить холестаз, т. е. застой желчи в канальцах и протоках. Холангиолы впадают в междольковые желчные протоки.

Таким образом, желчные капилляры располагаются внутри печеночных балок, тогда как между балками проходят кровеносные капилляры. Поэтому каждый гепатоцит в печеночной балке имеет две стороны. Одна сторона – билиарная, обращена к просвету желчного капилляра, куда клетки секретируют желчь, другая – васкулярная, направлена к кровеносному внутридольковому капилляру, в который клетки выделяют глюкозу, мочевины, белки и другие вещества. Между кровеносными и желчными капиллярами нигде нет непосредственной связи, так как их отделяют друг от друга печеночные и эндотелиальные клетки. Только при заболеваниях (паренхиматозная желтуха и др.), связанных с повреждением и гибелью части печеночных клеток, желчь может поступать в кровеносные капилляры. В этих случаях желчь разносится кровью по всему организму и окрашивает его ткани в желтый цвет (желтуха).

Гистофункциональными единицами печени являются портальные печеночные дольки и печеночные ацинусы. Портальная печеночная долька включает сегменты трех соседних классических печеночных долек, окружающих триаду. Поэтому она имеет треугольную форму, в ее центре лежит триада, а на периферии, т. е. по углам – вены (центральные). В связи с этим в портальной долке кровоток по кровеносным капиллярам направлен от центра к периферии.

Печеночный ацинус образован сегментами двух рядом расположенных классических долек, благодаря чему имеет форму ромба. У острых его углов проходят вены (центральные), а у тупого угла – триада, от которой внутрь ацинуса идут ее ветви (вокругдольковые). От этих ветвей к венам (центральным) направляются гемокапилляры.



А – схема строения портальной дольки и ацинуса печени:

1 – классическая печеночная долька; 2 – портальная долька; 3 – печеночный ацинус;

4 – триада; 5 – центральные вены. Б – схема строения печеночной балки:

1 – печеночная балка (пластинка); 2 – гепатоцит; 3 – кровеносные капилляры;

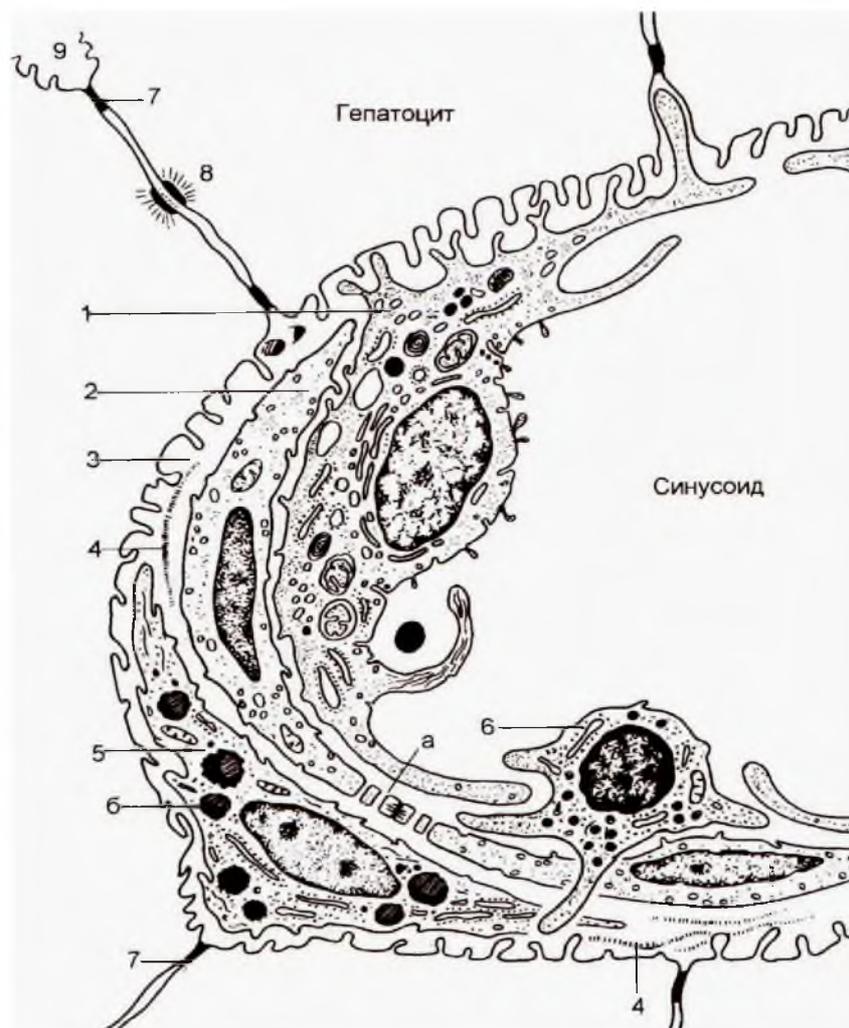
4 – перисинусоидальное пространство; 5 – перисинусоидальный липоцит;

6 – желчный каналец; 7а – вокругдольковая вена; 7б – вокругдольковая артерия;

7в – вокругдольковый желчный проточек; 8 – центральная вена

Рисунок 14 – Строение долек (А) и балок (Б) печени

В направлении от периферии к центру печеночных долек проходят кровеносные капилляры. Внутривидольковые кровеносные капилляры выстланы плоскими эндотелиоцитами. В области соединения эндотелиальных клеток друг с другом имеются мелкие поры. Эти участки эндотелия называются ситовидными. Между эндотелиоцитами рассеяны многочисленные звездчатые макрофаги (клетки Купфера), не образующие сплошного пласта. В отличие от эндотелиоцитов они имеют моноцитарное происхождение и являются макрофагами печени, с которыми связаны ее защитные реакции. Ямочные клетки относятся к большим гранулярным лимфоцитам, которые обладают эндокринной функцией. Основная часть ямочных клеток находится в зонах, окружающих сосуды портального тракта (рисунок 15).



- 1 – звездчатый макрофаг (клетки Купфера); 2 – эндотелиоцит;
 а – поры (сетевидная зона), б – липидные гранулы (включения);
 3 – перисинусоидальные пространства; 4 – ретикулярные волокна; 5 – липоцит;
 6 – ямочная клетка (гранулированный лимфоцит); 7 – плотные контакты гепатоцитов;
 8 – десмосома гепатоцитов; 9 – желчный капилляр

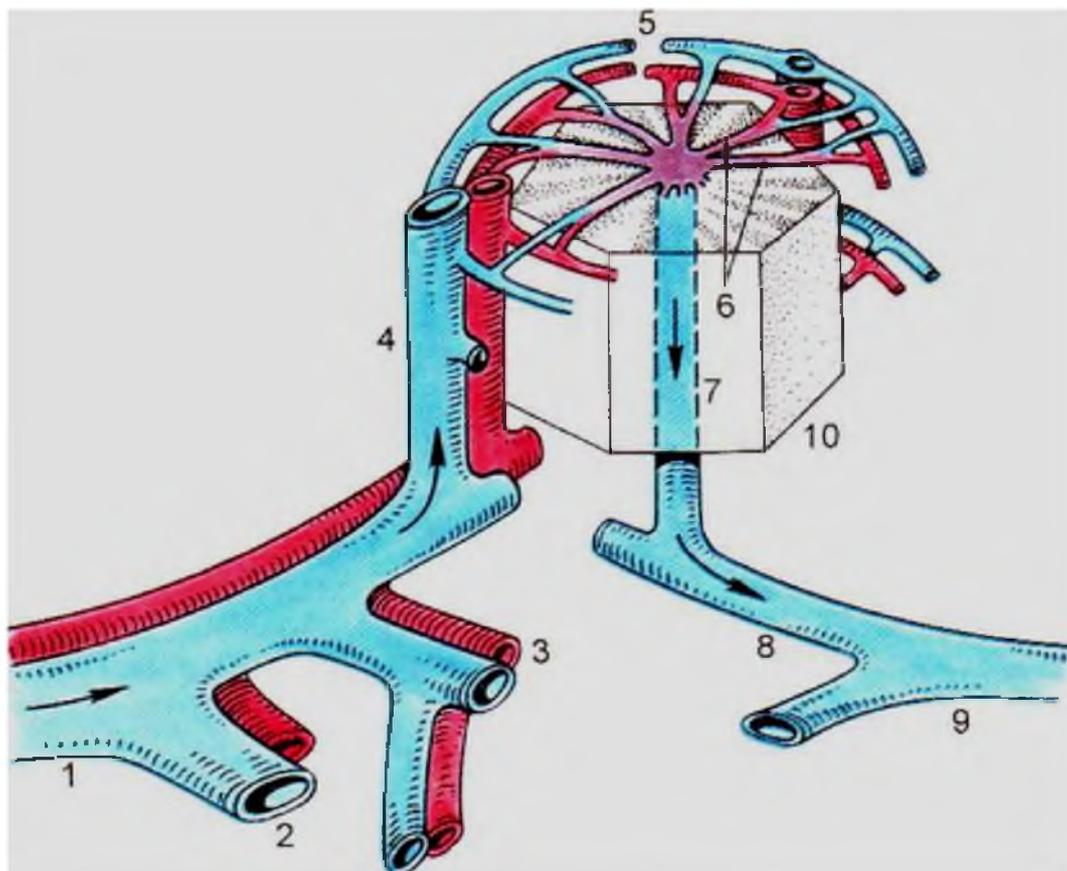
Рисунок 15 – Строение синусоида печени

Кровеносную систему печени условно можно разделить на три части: систему притока крови к долькам, систему циркуляции крови внутри них и систему оттока крови от долек. Система притока представлена воротной веной и печеночной артерией. Воротная вена печени и печеночная артерия обеспечивают печень необычным, двойным кровоснабжением. Обогащенная питательными веществами кровь из капилляров желудка, кишечника и нескольких других органов собирается в воротную вену, которая вместо того, чтобы нести кровь к сердцу, как большинство других вен, несет ее в печень. В дольках печени воротная вена распадается на сеть капилляров (синусоидов).

Второй источник кровоснабжения печени, печеночная артерия, несет обогащенную кислородом кровь от сердца к наружным поверхностям долек. Печеночная артерия приносит кровь от аорты, насыщенную кислородом. В печени они многократно разделяются на все более мелкие сосуды: долевые, сегментарные, междольковые вены и артерии, вокругдольковые вены и артерии. На всем протяжении эти сосуды сопровождаются аналогичными по названию желчными протоками. Вместе ветви воротной вены, печеночной артерии и желчные протоки составляют так называемые триады. Рядом с ними лежат лимфатические сосуды. Междольковые вены и артерии, подразделяющиеся по размеру на 8 порядков, идут вдоль боковых граней печеночных долек. Отходящие от них вокругдольковые вены и артерии опоясывают дольки на разных уровнях. Междольковые и вокругдольковые вены являются сосудами со слабо развитой мышечной оболочкой. Однако в местах разветвления в их стенках наблюдаются и скопления мышечных элементов, образующих сфинктеры. Соответствующие междольковые и вокругдольковые артерии относятся к сосудам мышечного типа. При этом артерии обычно в несколько раз меньше по диаметру, чем рядом лежащие вены. От вокругдольковых вен и артерий начинаются кровеносные капилляры. Они входят в печеночные дольки и сливаются, образуя внутريدольковые синусоидные сосуды, которые составляют систему циркуляции крови в печеночных дольках. По ним течет смешанная кровь в направлении от периферии к центру долек. Соотношение между венозной и артериальной кровью во внутريدольковых синусоидных сосудах определяется состоянием сфинктеров междольковых вен. Внутридольковые капилляры относятся к синусоидному (до 30 мкм в диаметре) типу капилляров с прерывистой базальной мембраной. Они идут между тяжами печеночных клеток – печеночными балками, радиально сходясь к центральным венам, которые лежат в центре печеночных долек. Центральными венами начинается система оттока крови от долек. По выходе из долек эти вены впадают в собирательные, или поддольковые вены, проходящие в междольковых перегородках. Поддольковые вены не сопровождаются артериями и желчными

протоками, т. е. не входят в состав триад. По этому признаку их легко отличить от сосудов системы воротной вены – междольковых и вокругдольковых вен, приносящих кровь к долькам. Центральные и поддольковые вены – сосуды безмышечного типа. Они сливаются и образуют ветви печеночных вен, которые в количестве 3–4 выходят из печени и впадают в нижнюю полую вену. Ветви печеночных вен имеют хорошо развитые мышечные сфинктеры. С их помощью регулируется отток крови от долек и всей печени в соответствии с ее химическим составом и массой (рисунок 16).

Воротная вена обеспечивает 75–80%, а печеночная артерия 20–25% общего кровоснабжения печени. В целом за минуту через печень проходит около 1500 мл крови, т. е. четверть сердечного выброса. Кровь из обоих источников попадает в конечном итоге в синусоиды, где смешивается и идет к центральной вене. От центральной вены начинается отток крови к сердцу через долевые вены в печеночную [12].



- 1 – воротная вена и печеночная артерия; 2 – долевая вена и артерия;
- 3 – сегментарная вена и артерия; 4 – междольковая артерия и вена;
- 5 – вокругдольковая вена и артерия; 6 – внутридольковые гемокапилляры;
- 7 – центральная вена; 8 – собирающая вена; 9 – печеночные вены;
- 10 – печеночная долька

Рисунок 16 – Кровеносная система печени

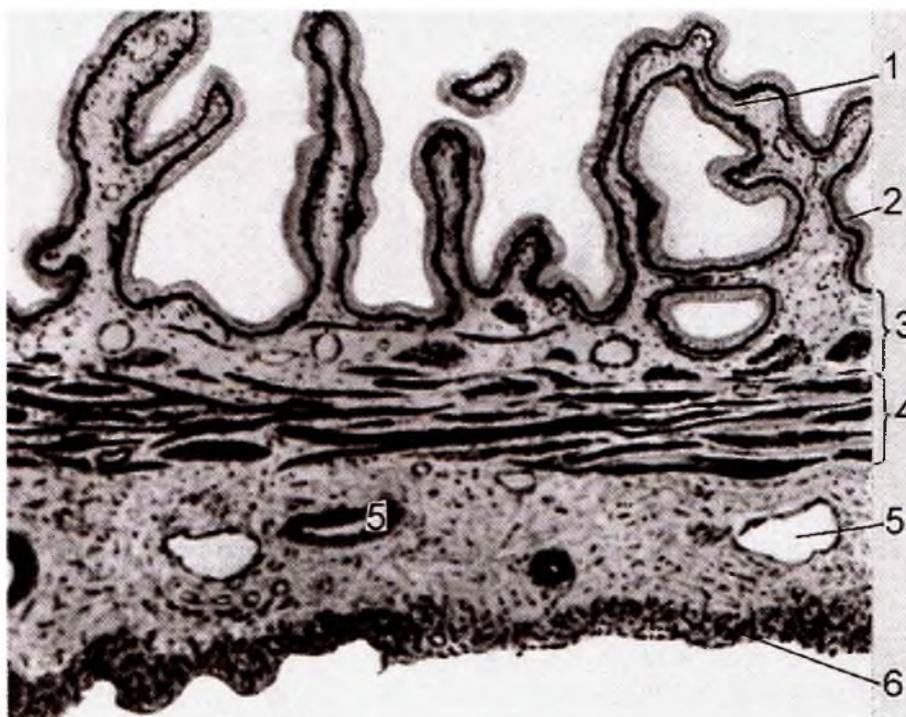
Таким образом, печень снабжается кровью из двух мощных источников – воротной вены и печеночной артерии. Благодаря этому через печень проходит за непродолжительное время вся кровь организма, обогащаясь белками, освобождаясь от продуктов азотистого обмена и других вредных веществ. Паренхима печени имеет огромное число кровеносных капилляров, и вследствие этого кровотока в печеночных дольках осуществляется медленно, что способствует обмену между кровью и клетками печени, выполняющими защитную, обезвреживающую, синтетическую и другие важные для организма функции. При необходимости в сосудах печени может депонироваться большая масса крови.

Желчный пузырь. Желчь секретруется клетками печени в мельчайшие каналцы между клетками – желчные капилляры. По внутренней системе каналцев и протоков она собирается в желчный проток. Часть желчи направляется прямо в общий желчный проток и изливается в тонкий кишечник, но большая часть по пузырному протоку возвращается на хранение в желчный пузырь. Когда пища поступает в кишечник, желчный пузырь сокращается и выбрасывает содержимое в общий желчный проток, открывающийся в двенадцатиперстную кишку [8].

Желчный пузырь – это полый орган с тонкой стенкой. Стенка желчного пузыря состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и адвентициальной (рисунок 17). Пузырь со стороны брюшной полости покрыт серозной оболочкой. Слизистая оболочка желчного пузыря образует складки, анастомозирующие друг с другом, а также крипты или синусы в виде карманов. В области шейки пузыря в ней находятся альвеолярно-трубчатые железы, выделяющие слизь. Эпителий слизистой оболочки обладает способностью всасывать воду и некоторые другие вещества из желчи, заполняющей полость пузыря. В связи с этим пузырная желчь всегда более густой консистенции и более темного цвета, чем желчь, выходящая непосредственно из печени.

Мышечная оболочка желчного пузыря состоит из гладких мышечных клеток, которые особенно хорошо развиты в области шейки пузыря.

Адвентициальная оболочка желчного пузыря состоит из плотной волокнистой соединительной ткани, в которой содержится много толстых эластических волокон, образующих сети [1].

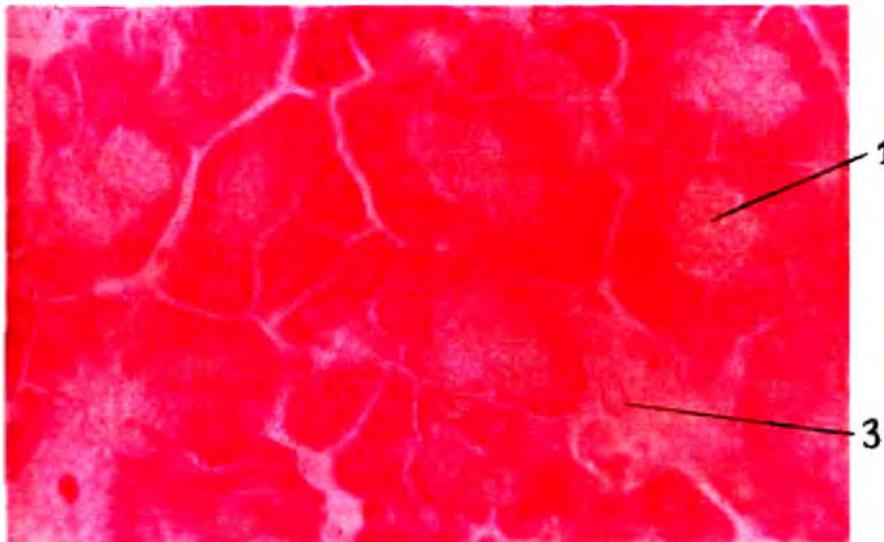
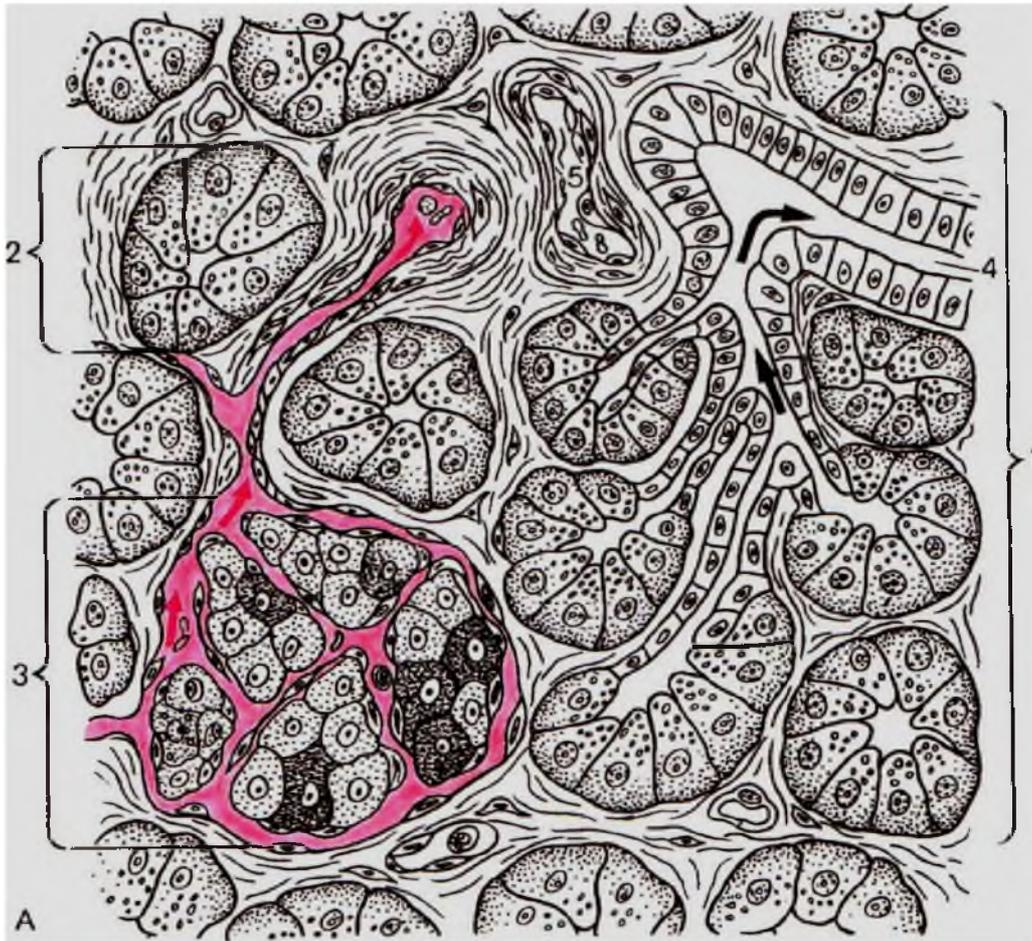


- 1 – складки слизистой оболочки; 2 – эпителий слизистой оболочки;
 3 – собственная пластинка слизистой оболочки; 4 – мышечная оболочка;
 5 – кровеносные сосуды; 6 – наружная оболочка

Рисунок 17 – Строение стенки желчного пузыря

Поджелудочная железа. Поджелудочная железа является второй по величине пищеварительной железой со смешанной функцией. Она выделяет в двенадцатиперстную кишку до двух литров пищеварительного сока в сутки (экзокринная функция), содержащего ферменты для расщепления углеводов, жиров, белков. Поджелудочная железа имеет особые скопления железистых клеток – островки, которые выделяют свой секрет в тканевую жидкость, а затем в кровь [10]. В паренхиме железы содержится до 1,5 миллионов панкреатических островков (островки Лангенгарса-Соболева), которые выделяют в кровь ряд гормонов (инсулин, глюкагон), регулирующих процессы усвоения и расщепления клетками углеводов (эндокринная функция) [15]. Поджелудочная железа образовалась из однослойного эпителия кишки, поэтому все ее отделы состоят из однослойного эпителия.

Поджелудочная железа с поверхности покрыта тонкой соединительнотканной капсулой, срастающейся с висцеральным листком брюшины. Ее паренхима разделена на дольки, между которыми проходят соединительнотканые тяжи. В них расположены кровеносные сосуды, нервы, интрамуральные нервные ганглии, пластинчатые тельца и выводные протоки. Дольки включают экзокринную и эндокринную части железы. На долю первой части приходится около 97%, а второй – до 3% всей массы железы (рисунок 18).



А – схема; Б – микрофотография. 1 – долька;
 2 – экзокринные отделы (панкреатические ацинусы);
 3 – панкреатический островок; 4 – внутридольковый проток
Рисунок 18 – Строение поджелудочной железы

Эндокринная часть поджелудочной железы образована группами клеток – панкреатическими островками (островки Лангерганса), которые располагаются в виде округлых, неправильной формы образований диаметром 0,1–0,3 мм в толще железистых долек, между панкреатическими ацинусами. Они обычно имеют округлую или овальную форму, но наряду с этим могут встречаться островки лентовидной и звездчатой формы [7]. В среднем их диаметр колеблется от 100 до 300 мкм. Наибольшее количество островков располагается в хвостовой части железы. Общее их число колеблется от 1 до 2 миллионов и более, но при этом их объем не превышает 3% объема всей железы. Островки состоят из эндокринных клеток – инсулоцитов, между которыми находятся кровеносные капилляры, окруженные перикапиллярным пространством. Различают 5 основных видов клеток – инсулоцитов.

β -клетки составляют основную массу клеток островков. Секреторные β -гранулы клеток не растворяются в воде, но полностью растворяются в спирте. Гранулы β -клеток состоят из гормона инсулина, синтезирующегося в этих клетках. Одним из наиболее ярких эффектов инсулина является его гипогликемическое действие, так как он способствует усвоению глюкозы крови клетками тканей. Поэтому при недостатке инсулина количество глюкозы в тканях снижается, а содержание ее в крови резко возрастает, что приводит к сахарному мочеизнурению (сахарный диабет).

α -клетки составляют примерно 20–25% от всей массы инсулярных клеток. В островках они занимают преимущественно периферическое положение. α -гранулы клеток устойчивы к спирту, но растворяются в воде. В гранулах α -клеток обнаружен гормон глюкагон. По своему действию он является антагонистом инсулина. Под его влиянием в тканях происходит усиленное расщепление гликогена до глюкозы. В связи с этим в случаях его недостатка количество глюкозы в крови может снижаться. Следовательно, инсулин и глюкагон строго поддерживают постоянство сахара в крови и определяют содержание гликогена в тканях (прежде всего в печени).

D-клетки, число которых в островках невелико (5–10%), располагаются в основном на их периферии, имеют грушевидную и реже звездчатую форму. D-клетки секреторируют гормон соматостатин. Этот гормон задерживает выделение инсулина и глюкагона α -клетками и β -клетками, а также подавляет синтез ферментов ацинозными клетками поджелудочной железы.

PP-клетки (2–5%) вырабатывают панкреатический полипептид, стимулирующий выделение желудочного и панкреатического сока. PP-клетки обычно локализуются по периферии островков в области

головки железы, а также встречаются вне островков среди экзокринных отделов и протоков.

Помимо экзокринных (ацинозных) и эндокринных (инсулярных) клеток, в дольках поджелудочной железы описан еще один тип секреторных клеток – промежуточные, или ациноостровковые, клетки. Они располагаются группами вокруг островков среди экзокринной паренхимы. Характерной особенностью промежуточных клеток является наличие в них гранул двух типов: крупных зимогенных, присущих ацинозным клеткам, и мелких, типичных для инсулярных клеток (α , β , D, PP). Гранулы ациноостровковых клеток напоминают гранулы одного из видов клеток островков – α , β или D. В связи с этим ациноостровковые клетки классифицируются по их гормональному профилю на три типа: α , β и D. Большая часть ациноостровковых клеток выделяет в кровь как эндокринные, так и зимогенные гранулы. Реже встречаются клетки, из которых те и другие гранулы поступают в выводные протоки железы. Ациноостровковые клетки выделяют в кровь трипсиноподобные ферменты, которые освобождают из проинсулина активный инсулин [1].

Экзокринная часть поджелудочной железы в дольках представлена панкреатическими ацинусами, вставочными и внутريدольковыми протоками, а также междольковыми протоками и общим панкреатическим протоком, открывающимся в двенадцатиперстную кишку. Структурно-функциональной единицей экзокринной части поджелудочной железы является панкреатический ацинус. Он включает секреторный отдел и вставочный проток, которым начинается вся протоковая система железы. Внешне ацинус напоминает мешочек размером 100–150 мкм. Между ацинусами располагаются ретикулярные волокна, кровеносные капилляры, а также нервные волокна и нервные ганглии вегетативной нервной системы. Ацинусы состоят из 8–12 крупных экзокринных панкреатоцитов или ациноцитов, расположенных на базальной мембране, и нескольких мелких протоковых или центрoацинозных эпителиоцитов. Экзокринные панкреатоциты (ациноциты) выполняют секреторную функцию, синтезируя пищеварительные ферменты панкреатического сока. Они имеют форму конуса с суженной верхушкой и широким основанием, лежащим на базальной мембране ацинуса. Цитолемма на базальной поверхности клеток образует внутренние складки, а на апикальной поверхности микроворсинки. Между боковыми поверхностями клеток имеются контакты типа замыкательных пластинок и десмосом. Верхушечные (апикальные) части клеток называют зимогенными зонами, а противоположные базальные части клеток – гомогенными зонами. Зимогенные зоны клеток окрашиваются кислыми красителями, являются оксифильными.

Зимогенная зона клеток в основном занята крупными секреторными гранулами. Среди них выделяют гранулы различной степени зрелости (плотности). Зимогенные гранулы содержат синтезируемые в клетках ферменты в неактивной форме, т. е. в виде зимогена. В гомогенной зоне преобладает гранулярная эндоплазматическая сеть, состоящая из массы плоских мешочков, мембраны которых усеяны рибосомами. В них осуществляется синтез ферментов панкреатического сока. Обилие рибосом обуславливает базофилию этой зоны. Ядра ацинозных клеток, содержащие 1–2 ядрышка, преимущественно располагаются в их базальной части. В надъядерной части клеток расположен обширный аппарат Гольджи. Митохондрии рассеяны по всей цитоплазме, но большинство их находится под цитолеммой и рядом с комплексом Гольджи. Они отличаются разнообразной формой. Секреторную деятельность ациноциты осуществляют циклически. Их секреторный цикл, включающий фазы поглощения исходных веществ, синтеза секрета, накопления его и затем выделения по мерокриновому типу, занимает в среднем 1–2 часа. Однако в зависимости от физиологических потребностей организма в пищеварительных ферментах этот цикл может сократиться или, наоборот, увеличиться. Выделившийся из ациноцитов секрет попадает во вставочный проток, стенка которого состоит из мелких клеток. В одних случаях они примыкают к ациноцитам сбоку, имея общую с ними базальную мембрану, в других – проникают в центр ацинуса, располагаясь на апикальной поверхности ациноцитов. При такой локализации они называются центроацинозными эпителиоцитами. Центроацинозные клетки имеют неправильную, уплощенную форму, их овальное ядро окружено узким слоем светлой цитоплазмы, бедной органеллами. На свободной, обращенной в просвет ацинуса поверхности имеются единичные микроворсинки.

Вставочные протоки переходят в межаацинозные протоки. Стенки этих протоков выстланы однослойным кубическим эпителием. Их цитолемма образует внутренние складки и микроворсинки. Клетки соединяются друг с другом с помощью десмосом. В цитоплазме клеток много митохондрий и хорошо развит аппарат Гольджи. Эпителиальные клетки протоков продуцируют жидкий компонент панкреатического сока. Межаацинозные протоки впадают в более крупные внутридольковые протоки, стенки которых покрыты однослойным кубическим эпителием. Ядра эпителиальных клеток крупные, в цитоплазме немногочисленные митохондрии, слабовыраженный аппарат Гольджи, свободные рибосомы, гладкая эндоплазматическая сеть. Вокруг протоков расположена рыхлая волокнистая соединительная ткань, в которой проходят кровеносные капилляры и нервные волокна. Внутридольковые протоки далее продолжают в междольковые протоки, которые лежат в соединительнотканых

перегородках (септах) между дольками. Они впадают в общий проток поджелудочной железы, проходящий в ее толще от хвоста к головке, где он открывается (вместе с общим желчным протоком) в полость двенадцатиперстной кишки. Все эти протоки выстланы слизистой оболочкой, состоящей из высокого призматического эпителия и собственной соединительнотканной пластинки. В устье общего протока, кроме того, имеются циркулярнорасположенные гладкие миоциты, образующие его сфинктер. В эпителии протоков имеются бокаловидные экзокриноциты, а также эндокриноциты, вырабатывающие гормоны панкреозимин и холецистокинин. Под их влиянием стимулируются секреторная активность ациноцитов поджелудочной железы и отделение желчи из печени. В собственной пластинке протоков находятся мелкие слизистые железы.

Панкреас хорошо васкуляризирована за счет верхней и нижней поджелудочно-двенадцатиперстных артерий. Венозная кровь оттекает в систему воротной вены. Иннервация осуществляется ветвями чревного, верхнебрыжеечного, почечного и селезеночного сплетений. В поджелудочном соке (его выделяется до 2 литров в сутки) содержится 3 группы ферментов – амилазы – переваривающие углеводы, протеазы – расщепляющие белки и липазы – разрушающие жиры.

Поджелудочная железа новорожденного очень мала, она весит около 2–3 г. К 3–4 мес. жизни масса железы увеличивается вдвое, к 3 годам она достигает 20 г, а в 10–12 лет ее масса равна 30 г. К 5–6 годам железа принимает вид, характерный для железы взрослого человека. У новорожденных и детей раннего возраста железа отличается очень обильным кровоснабжением, а также большим количеством панкреатических островков. Так, в 6 мес. их около 120 тыс., у взрослого около 800 тыс. при массе железы, равной 70–100 г.

2. Физиология пищеварения

Начальным этапом обмена веществ является пищеварение. Для возобновления и роста тканей организма необходимо поступление с пищей соответствующих веществ. Пищевые продукты содержат белки, жиры и углеводы, а также необходимые организму витамины, минеральные соли и воду. Однако белки, жиры и углеводы, содержащиеся в пище, не могут быть усвоены его клетками в первоначальном виде. В пищеварительном тракте происходит не только механическая обработка пищи, но и химическое расщепление под воздействием ферментов пищеварительных желез, которые расположены по ходу желудочно-кишечного тракта.

Пищеварение в полости рта. В полости рта осуществляется гидролиз полисахаридов (крахмала, гликогена). α -амилаза слюны расщепляет гликозидные связи гликогена и молекул амилазы и амилопектина, которые входят в структуру крахмала, с образованием декстринов. Действие α -амилазы в полости рта кратковременное. Под влиянием соляной кислоты активного желудочного сока α -амилаза инактивируется и прекращает свое действие.

Пищеварение в желудке. В желудке происходит переваривание пищи под влиянием желудочного сока. Последний продуцируется неоднородными в морфологическом отношении клетками, которые входят в состав пищеварительных желез.

Секреторные клетки дна и тела желудка выделяют кислый и щелочной секрет, а клетки кардиального отдела – только щелочной. У человека объем суточной секреции желудочного сока составляет 2–3 л. Натощак реакция желудочного сока нейтральная или слабнокислая, после приема пищи – сильноокислая (рН 0,8–1,5). В состав желудочного сока входят такие ферменты, как пепсин, гастрин и желудочная липаза, а также значительное количество слизи – муцина.

В желудке происходит начальный гидролиз белков под влиянием протеолитических ферментов желудочного сока с образованием полипептидов. Здесь гидролизуется около 10% пептидных связей. Вышеперечисленные ферменты активны только при соответствующем уровне HCl. Оптимальная величина рН для пепсина составляет 1,2–2,0; для гастрина – 3,2–3,5. Соляная кислота вызывает набухание и денатурацию белков, что облегчает дальнейшее расщепление их протеолитическими ферментами. Действие ферментов реализуется преимущественно в верхних слоях пищевой массы, прилегающих к стенке желудка. По мере переваривания этих слоев пищевая масса смещается в пилорический отдел, откуда после частичной нейтрализации перемещается в двенадцатиперстную кишку. В регуляции желудочной секреции главное место занимают ацетилхолин, гастрин, гистамин. Каждый из них возбуждает секреторные клетки.

Различают три фазы секреции: мозговую, желудочную и кишечную. Стимулом для появления секреции желудочных желез в мозговой фазе являются все факторы, которые сопровождают прием пищи. При этом условные рефлексy, возникающие на вид и запах пищи, сочетаются с безусловными рефлексами, которые образуются при жевании и глотании.

В желудочной фазе стимулы секреции возникают в самом желудке, при его растяжении, при воздействии на слизистую оболочку продуктов гидролиза белка, некоторых аминокислот, а также экстрактивных веществ мяса и овощей.

Влияние на железы желудка происходит и в третьей, кишечной, фазе секреции, когда в кишечник поступает недостаточно переработанное желудочное содержимое.

Секретин двенадцатиперстной кишки тормозит секрецию HCl, но повышает секрецию пепсиногена. Резкое торможение желудочной секреции возникает при поступлении в двенадцатиперстную кишку жиров.

Пищеварение в тонком кишечнике. У человека железы слизистой оболочки тонкой кишки образуют кишечный сок, общее количество которого за сутки достигает 2,5 л. Его рН составляет 7,2–7,5, но при усилении секреции может увеличиться до 8,6. Кишечный сок содержит более 20 различных пищеварительных ферментов. Значительное выделение жидкой части сока наблюдается при механическом раздражении слизистой оболочки кишки. Продукты переваривания пищевых веществ также стимулируют выделение сока, богатого ферментами. Кишечную секрецию стимулирует и вазоактивный интестинальный пептид.

В тонком кишечнике происходят два вида переваривания пищи: полостное и мембранное (пристеночное). Первое осуществляется непосредственно кишечным соком, второе – ферментами, адсорбированными из полости тонкой кишки, а также кишечными ферментами, синтезируемыми в кишечных клетках и встроенными в мембрану. Начальные стадии пищеварения происходят исключительно в полости желудочно-кишечного тракта. Мелкие молекулы (олигомеры), образовавшиеся в результате полостного гидролиза, поступают в зону щеточной каймы, где происходит их дальнейшее расщепление. Вследствие мембранного гидролиза образуются преимущественно мономеры, которые транспортируются в кровь.

Таким образом, усвоение пищевых веществ осуществляется в три этапа: полостное пищеварение, мембранное пищеварение, всасывание. Последний этап включает процессы, которые обеспечивают перенос веществ из просвета тонкой кишки в кровь и лимфу. Всасывание происходит большей частью в тонком кишечнике. Общая площадь всасывающей поверхности тонкой кишки составляет приблизительно около 200 м². За счет многочисленных ворсинок поверхность клетки увеличивается более чем в 30 раз. Через эпителиальную поверхность кишки вещества поступают в двух направлениях: из просвета кишки в кровь и одновременно из кровеносных капилляров в полость кишечника.

Физиология желчеобразования и выделения желчи. Процесс образования желчи происходит непрерывно как путем фильтрации ряда веществ (вода, глюкоза, электролиты и др.) из крови в желчные капилляры, так и при активной секреции гепатоцитами солей желчных кислот и ионов натрия.

Окончательное формирование желчи происходит в результате реабсорбции воды и минеральных солей в желчных капиллярах, протоках и желчном пузыре.

У человека в течение суток образуется 0,5–1,5 л желчи. Основными компонентами являются желчные кислоты, пигменты и холестерин. Кроме

того, она содержит жирные кислоты, муцин, ионы (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^-) и др.; рН печеночной желчи составляет 7,3–8,0, пузырной – 6,0–7,0.

Первичные желчные кислоты (холевая, хемодезоксихолевая) образуются в гепатоцитах из холестерина, соединяются с глицином или таурином и выделяются в виде натриевой соли гликохолевой и калиевой соли таурохолевой кислоты. В кишечнике под влиянием микрофлоры они превращаются во вторичные желчные кислоты – дезоксихолевую и липохолевую. До 90% желчных кислот активно реабсорбируется из кишечника в кровь и по портальным сосудам возвращается в печень. Желчные пигменты (билирубин, биливердин) – это продукты распада гемоглобина, они дают желчи характерную окраску.

Процесс образования желчи и ее выделения связан с пищей, секретинном, холецистокинином. Среди продуктов сильными возбудителями желчеотделения являются яичные желтки, молоко, мясо и жиры. Прием пищи и связанные с ним условно- и безусловно-рефлекторные раздражители активизируют желчевыделение. Вначале происходит расслабление желчного пузыря, а затем его сокращение. Через 7–10 мин после приема пищи наступает период эвакуаторной деятельности желчного пузыря, который характеризуется чередованием сокращений и расслаблений и продолжается 3–6 ч. После окончания этого периода наступает торможение сократительной функции желчного пузыря и в нем снова начинает накапливаться печеночная желчь.

Физиология поджелудочной железы. Поджелудочный сок представляет собой бесцветную жидкость. В течение суток поджелудочная железа человека вырабатывает 1,5–2,0 л сока; его рН составляет 7,5–8,8. Под влиянием ферментов поджелудочного сока происходит расщепление кишечного содержимого до конечных продуктов, пригодных для усвоения организмом. α -амилаза, липаза, нуклеаза секретируются в активном состоянии, а трипсиноген, хемотрипсиноген, профосфолипаза А, проэластаза и прокарибоксипептидазы А и В – в виде проферментов. Трипсиноген в двенадцатиперстной кишке превращается в трипсин. Последний активизирует профосфолипазу А, проэластазу и прокарибоксипептидазы А и В, которые превращаются соответственно в фосфолипазу А, эластазу и карбоксипептидазы А и В.

Ферментный состав сока поджелудочной железы зависит от вида принимаемой пищи: при приеме углеводов возрастает преимущественно секреция амилазы; белков – трипсина и хемотрипсина; жирной пищи – липазы. В состав сока поджелудочной железы входят бикарбонаты, хлориды Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} .

Секреция поджелудочной железы регулируется нервно-рефлекторным и гуморальным путями. Различают спонтанную (базальную) и стимулирующую секрецию. Первая обусловлена способностью клеток поджелудочной

железы к автоматизму, вторая – влиянием на клетки нейрогуморальных факторов, которые включаются в процесс приемом пищи.

Основными стимуляторами экзокринных клеток поджелудочной железы являются ацетилхолин и гастроинтестинальные гормоны – холецистокинин и секретин. Они усиливают выделение ферментов и бикарбонатов поджелудочным соком. Поджелудочный сок начинает выделяться через 2–3 мин после начала принятия пищи в результате рефлекторного возбуждения железы с рецепторов ротовой полости. А затем воздействие желудочного содержимого на двенадцатиперстную кишку высвобождает гормоны холецистокинин и секретин, которые и определяют механизмы секреции поджелудочной железы.

Пищеварение в толстом кишечнике. Пищеварение в толстом кишечнике практически отсутствует. Низкий уровень ферментативной активности связан с тем, что поступающий в этот отдел пищеварительного тракта химус беден непереваренными пищевыми веществами. Однако толстая кишка в отличие от других отделов кишечника богата микроорганизмами. Под влиянием бактериальной флоры происходит разрушение остатков непереваренной пищи и компонентов пищеварительных секретов, в результате чего образуются органические кислоты, газы (CO_2 , CH_4 , H_2S) и токсичные для организма вещества (фенол, скатол, индол, крезол). Часть этих веществ обезвреживается в печени, другая – выводится с каловыми массами. Большое значение имеют ферменты бактерий, расщепляющие целлюлозу, гемицеллюлозу и пектины, на которые не действуют пищеварительные ферменты. Эти продукты гидролиза всасываются толстой кишкой и используются организмом. В толстой кишке микроорганизмами синтезируются витамин К и витамины группы В. Наличие в кишечнике нормальной микрофлоры защищает организм человека и повышает иммунитет. Остатки непереваренной пищи и бактерии, склеенные слизью сока толстой кишки, образуют каловые массы. При определенной степени растяжения прямой кишки возникает позыв к дефекации и происходит произвольное опорожнение кишечника; рефлекторный произвольный центр дефекации находится в крестцовом отделе спинного мозга.

Всасывание. Продукты пищеварения проходят через слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и всасываются в кровь и лимфу при помощи транспорта и диффузии. Всасывание происходит главным образом в тонком кишечнике. Слизистая оболочка ротовой полости также обладает способностью к всасыванию, это свойство используется в применении некоторых лекарственных препаратов (валидол, нитроглицерин и др.). В желудке всасывание практически не происходит. В нем всасываются вода, минеральные соли, глюкоза, лекарственные вещества и др. В двенадцатиперстной кишке также происходит всасывание

воды, минеральных веществ, гормонов, продуктов расщепления белка. В верхних отделах тонкого кишечника углеводы в основном всасываются в виде глюкозы, галактозы, фруктозы и других моносахаридов. Аминокислоты белков всасываются в кровь при помощи активного транспорта. Продукты гидролиза основных пищевых жиров (триглицериды) способны проникать через клетку кишечника (энтероцит) только после соответствующих физико-химических преобразований. Моноглицериды и жирные кислоты всасываются в энтероцитах только после взаимодействия с желчными кислотами путем пассивной диффузии. Образовав с желчными кислотами комплексные соединения, они транспортируются главным образом в лимфу. Часть жиров может поступать непосредственно в кровь, минуя лимфатические сосуды. Всасывание жиров тесно связано с всасыванием жирорастворимых витаминов (А, D, Е, К). Витамины, растворимые в воде, могут всасываться методом диффузии (например, аскорбиновая кислота, рибофлавин). Фолиевая кислота усваивается в конъюгированном виде; витамин В₁₂ (цианокобаламин) – в подвздошной кишке при помощи внутреннего фактора, который образуется в теле и дне желудка.

В тонкой и толстой кишках происходит всасывание воды и минеральных солей, которые поступают с пищей и секретируются пищеварительными железами. Общее количество воды, которое всасывается в кишечнике человека в течение суток, составляет около 8–10 л, натрия хлорида – 1 моль. Транспорт воды тесно связан с транспортом ионов Na⁺ и определяется им.

Регуляция пищеварения. Регуляция процессов пищеварения обеспечивается местным и центральным уровнями.

Местный уровень регуляции осуществляется нервной системой, которая представляет комплекс связанных между собой сплетений, расположенных в толще стенок желудочно-кишечного тракта. В их состав входят чувствительные (сенсорные), эффекторные и вставочные нейроны симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы. Кроме того, в желудочно-кишечном тракте находятся нейроны, вырабатывающие нейропептиды, которые влияют на процессы пищеварения. К ним относятся холецистокинин, гастриносвобождающий пептид, соматостатин, вазоактивный интестинальный пептид и др. Вместе с нейронной сетью в желудочно-кишечном тракте находятся эндокринные клетки (диффузная эндокринная система), расположенные в эпителиальном слое слизистой оболочки и в поджелудочной железе. Они содержат гастроинтестинальные гормоны и другие биологически активные вещества и освобождаются при механическом и химическом воздействии пищи на эндокринные клетки просвета желудочно-кишечного тракта. Важную роль в регуляции функций желудочно-кишечного тракта играют и простогландины групп Е и F.

Центральный уровень регуляции пищеварительной системы включает ряд структур центральной нервной системы (спинного мозга и ствола мозга), которые входят в состав пищевого центра. Он, кроме координирующей деятельности желудочно-кишечного тракта, осуществляет регуляцию пищевых отношений. В формировании целенаправленных пищевых отношений принимают участие гипоталамус, лимбическая система и кора головного мозга. Компоненты пищевого центра, несмотря на то, что располагаются на разных уровнях центральной нервной системы, имеют функциональную связь. Действие пищевого центра многостороннее. За счет его активности формируется пищедобывающее поведение (пищевая мотивация), при этом происходит сокращение скелетной мускулатуры (необходимо найти пищу и приготовить ее).

Пищевой центр регулирует моторную, секреторную и всасывающую активность желудочно-кишечного тракта. Функция пищевого центра обеспечивает появление сложных субъективных ощущений, таких, как голод, аппетит, чувство сытости [16].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте структурно-функциональную характеристику пищеварительной системы.
2. Опишите строение полости рта.
3. Объясните морфологические особенности строения зуба.
4. Что такое зубная формула?
5. Расскажите о слюнных железах и процессе пищеварения в полости рта.
6. Что вы знаете о глотке и ее отделах?
7. Объясните строение пищевода.
8. Расскажите о строении стенок пищевода.
9. Расскажите о строении стенки желудка.
10. Расскажите о физиологии пищевода.
11. Назовите фермент желудочного сока.
12. Назовите отделы тонкой кишки, особенности их строения.
13. Расскажите о строении двенадцатиперстной кишки.
14. Расскажите о физиологии пищеварения в тонком кишечнике.
15. Перечислите отделы толстой кишки и особенности их строения.
16. Расскажите о строении стенок толстой кишки.
17. Какие физиологические процессы происходят в толстом кишечнике?
18. Опишите строение печени.
19. Каковы механизмы желчеобразования и желчевыделения?
20. Назовите отделы поджелудочной железы.
21. Расскажите о составе поджелудочного сока и его значении в процессе пищеварения.

Лабораторная работа 1

Специфичность действия ферментов

Цель: изучение специфичности действия ферментов.

Материалы и оборудование: пробирки, спиртовка, спички, держалка для пробирок, слюна человека, 0,5%-ный раствор крахмала, 1%-ный раствор сахарозы, вытяжка из дрожжей, раствор Люголя, реактив Троммера.

Ход работы

1. В данной работе необходимо изучить специфичность действия амилазы слюны человека и сахаразы дрожжей. Для проведения работы надо собрать слюну естественным путем, выпуская ее через воронку в пробирку.

2. В две пробирки поместить по 5–6 капель 0,5%-ного раствора крахмала. В одну из них добавить 8–10 капель разведенной в 5 раз слюны (содержащей амилазу и мальтазу), в другую – 8–10 капель вытяжки из дрожжей, содержащей фермент сахаразу. Обе пробирки выдержать 10 минут при комнатной температуре, затем прибавить в каждую по капле раствора Люголя, который при наличии крахмала окрашивает содержимое пробирок в синий цвет.

3. В две другие пробирки поместить по 10–12 капель 1%-ного раствора сахарозы и добавить в первую пробирку 8–10 капель вытяжки из дрожжей, во вторую – 8–10 капель разведенной слюны. Выдержать пробирки при комнатной температуре 5 минут, проделать с их содержимым пробу Троммера. Для этого надо добавить к исследуемому раствору 3 мл 10%-ного раствора NaOH и 1–2 капли 0,1%-ного раствора CuSO_4 и нагреть до кипения. В присутствии сахара окрашивается в кирпично-красный цвет.

Действие ферментов в обоих опытах обнаруживается либо по исчезновению субстрата, либо по появлению продуктов его гидролиза. Результаты исследований показывают, что амилаза катализирует гидролиз крахмала, но не сахарозы, а сахараза – гидролиз сахарозы, но не крахмала.

4. В выводе показать специфичность действия ферментов [9].

Лабораторная работа 2

Определение саливации у человека

Цель: изучение саливации человека при различных состояниях путем определения объема выделяемой слюны.

Материалы и оборудование: четыре марлевые салфетки 10 x 10 см, сложенные вчетверо, пинцет, клюква или лимон, сахар, электрические весы.

Ход работы

1. Оценка основного слюноотделения.

Перед проведением работы необходимо взвесить марлевые салфетки на электрических весах и записать их массу. Затем с помощью пинцета поместить одну салфетку, сложенную вчетверо на спинку языка и закрыть рот. Через 2 минуты извлечь салфетку изо рта пинцетом и взвесить на весах. По разности массы салфетки до и после исследования определить прирост массы, который отражает объем выделившейся слюны.

Аналогичным образом определить объем выделяемой слюны при различных условиях.

2. Влияние задержки дыхания на саливацию. Поместить на спинку языка новую салфетку, сделать вдох и задержать дыхание на максимально возможное время. Определить объем выделившейся слюны.

3. Действие первой сигнальной системы на саливацию. Одновременно с помещением марлевой салфетки начинают разминать на блюдечке клюкву (дольку лимона), посыпая ее сахаром. Необходимо отметить усиление слюноотделения на вид, запах и ожидаемый вкус данных продуктов. Определить объем выделившейся слюны.

4. Действие второй сигнальной системы на саливацию. Для проведения данного исследования необходимо после помещения марлевой салфетки на язык в течение 2 минут с интересом рассказывать о свойствах и вкусе продуктов или блюд, вызывающих обильное слюноотделение. Отмечают, что не только вид продуктов, но и рассказ о них, представление их оказывает влияние на саливацию. Раздражителем в данном случае является слово, которое только для человека наполнено смыслом и заменяет действие безусловного раздражителя, например, пищи. Определить объем выделившейся слюны [9].

5. Занести полученные в ходе исследований данные в таблицу 1, сравнить полученные результаты. В выводе определить, при каких условиях и насколько происходит изменение объема выделившейся слюны. Как влияют на саливацию первая и вторая сигнальные системы?

Таблица 1 – Определение объема слюны в различных условиях

Условия исследования	Прирост массы марлевой салфетки, г
Основная секреция	
При максимальной задержке дыхания	
При разминании клюквы перед едой	
Слушая рассказ о лимоне	

Лабораторная работа 3

Переваривание крахмала ферментами слюны человека

Цель: изучение условий действия ферментов слюны человека; наблюдение расщепления крахмала ферментами слюны.

Материалы и оборудование: термостат, спиртовка, спички, штатив с пробирками (11 штук), стеклограф, пипетки, маленькая воронка, 1%-ный раствор вареного крахмала, 1%-ный раствор сырого крахмала, раствор Люголя, реактив Фелинга, 0,5%-ный раствор HCl, лакмусовая бумага, лед или холодильник, слюна человека.

Ход работы

1. Подготовка необходимых растворов и реактивов.

Крахмальный клейстер готовится непосредственно перед проведением опыта. Для этого 4 г крахмала необходимо растереть с водой в тарелке. Нагреть 200 мл воды до кипения и прилить к ней, непрерывно помешивая стеклянной палочкой, растертый крахмал. После того как клейстер закипит, его охладить.

Для йодо-крахмальной пробы приготовить 2%-ный раствор KI (2 г KI + 98 мл H₂O) и добавить к нему металлический йод до появления желтого цвета (раствор Люголя). Этот раствор окрашивает крахмал в темно-синий цвет.

Реактив Фелинга состоит из двух растворов, которые надо готовить и сохранять отдельно. Смешать растворы в равных объемах только перед употреблением.

Раствор 1: 5 г NaOH и 17,5 г сегнетовой соли растворить в 50 мл воды.

Раствор 2: 3,5 г CuSO₄ · 5H₂O растворить в 50 мл воды.

2. Собрать слюну естественным путем, выпуская ее через воронку в пробирку, предварительно прополоскав рот. Для работы необходимо 8–10 мл слюны. С помощью лакмусовой бумаги определить pH слюны.

3. Пронумеровать 6 пробирок, поставить их в штатив. В 1–5 пробирки поместить 1–2 мл слюны, в шестую пробирку налить 3 мл вареного крахмала.

Пятую и шестую пробирки поместить на 10 минут в холодильник.

В первую пробирку со слюной добавить 3 мл вареного крахмала.

Слюну во второй пробирке нагреть до кипения на спиртовке, охладить и добавить к прокипяченной слюне 3 мл вареного крахмала.

К слюне в третьей пробирке добавить несколько капель 0,5%-ного раствора HCl до появления стойкого окрашивания лакмусовой бумаги, затем прилить 3 мл вареного крахмала.

К слюне в четвертой пробирке прилить 3 мл сырого крахмала. **Внимание!** Раствор сырого крахмала перед забором в пипетку необходимо тщательно перемешать, раствор должен быть мутный.

4. Первые четыре пробирки поместить на 30 минут в термостат с температурой 37–38° С. Охлажденный раствор крахмала из шестой пробирки добавить к охлажденной слюне в пятую пробирку и поместить в холодильник (или в стакан со льдом) на 30 минут.

5. Через 30 минут пробирки достать из термостата и холодильника, перемешать содержимое и разделить на две части (для чего нумеруют еще 5 пробирок). Содержимое пробирок исследовать на наличие крахмала и простых сахаров. В 1–5 пробирки добавить 2–3 капли раствора Люголя: при наличии крахмала раствор приобретает синий цвет. В 6–10 пробирки прилить 1 мл реактива Фелинга, нагреть содержимое пробирок до кипения. При наличии простых сахаров – продуктов расщепления крахмала ферментами слюны – содержимое пробирки окрашивается в буро-красный цвет.

6. После проведения эксперимента необходимо отметить, в каких пробирках крахмал превратился в сахар (полностью или частично), в каких он остался без изменений. Как влияют различные условия на ферментативные свойства слюны?

Для удобства анализа полученных данных занести их в таблицу 2, отметить большое количество сахара или крахмала знаком «++», следы этих веществ – знаком «+», их отсутствие – знаком «–».

7. По результатам проведенного опыта определить оптимальные условия для ферментативного действия ферментов слюны. Таблицу 2 заполнить [9].

Таблица 2 – Схема и результаты влияния различных факторов на ферментативные свойства слюны

№ пробирок	Содержимое пробирок	Цвет содержимого пробирок после добавления	
		Раствора Люголя	Реактива Фелинга
1	1 мл слюны + 3 мл вареного крахмала, 37–38° С		
2	1 мл прокипяченной слюны + 3 мл вареного крахмала, 37–38° С		
3	1 мл слюны + 0,5%-ный раствор HCl + 3 мл вареного крахмала, 37–38° С		
4	1 мл слюны + 3 мл сырого крахмала, 37–38° С		
5	1 мл охлажденной слюны + 3 мл охлажденного вареного крахмала, холод		

Лабораторная работа 4

Действие ферментов желудочного сока

Цель: изучение действия ферментов желудочного сока на белки.

Материалы и оборудование: желудочный сок (натуральный или искусственный), куриный белок или фибрин, 0,5%-ный раствор NaOH, 0,5%-ный раствор HCl, пробирки, штатив для пробирок, термостат, лед, спиртовка, держалка для пробирок, лакмусовая бумага.

Ход работы

1. Подготовка необходимых растворов и субстратов. В случае отсутствия натурального желудочного сока можно приготовить искусственный. Для этого надо смешать 2,5 мл 0,2%-ного раствора соляной кислоты (6 мл концентрированной HCl растворить в 1 л воды) и 2,5 мл 0,4%-ного раствора пепсина (4 г препарата пепсина растворить в 1 л дистиллированной воды).

При отсутствии фибрина можно воспользоваться яичным белком. Перед опытом разбить сырое куриное яйцо и белок вылить в стакан, куда прибавить 100 мл дистиллированной воды. Для лучшего растворения белка добавить 1/3 чайной ложки химически чистого NaCl. Содержимое стакана тщательно перемешать, а затем профильтровать через тонкий слой ваты. После этого белок свернуть, нагревая его (яичный белок альбумин свертывается при + 73° С). Образующиеся белые хлопья белка служат для исследования действия на него желудочного сока.

2. Пронумеровать пять пробирок. В первые четыре пробирки налить по 5 мл желудочного сока. В пробирку 5 поместить 5 мл 0,5%-ного раствора HCl.

Пробирку 2 с желудочным соком нагреть до кипения и охладить. Желудочный сок в пробирке 3 нейтрализовать 0,5%-ным раствором NaOH, добавив 0,5–1,0 мл этого раствора до изменения значения pH. Пробирку 4 необходимо поместить в стакан со льдом на 10 минут для охлаждения желудочного сока.

3. Во все пробирки добавить небольшое количество приготовленного белка – фибрина или хлопьев вареного белка яйца. Пробирки 1, 2, 3, 5 встряхнуть и поместить на 30–40 минут в термостат при t 37–38° С. Пробирку 4 поставить в стакан со льдом. Каждые 8–10 минут содержимое пробирок необходимо хорошо встряхивать.

4. Через 30–40 минут пробирки достать из термостата, рассмотреть содержимое и отметить, какие изменения произошли с белком (провести биуретовую реакцию т. е. прилить в каждую пробирку 7 капель раствора гидроксида натрия и 4 капли раствора сернистой кислоты меди. В пробирках с нещипавшимся белком содержимое окрашивается в сине-фиолетовый

цвет, а с продуктами гидролиза белка пептонами – в розово-фиолетовый. Результаты работы занести в таблицу 3.

В первой пробирке белок исчез полностью или в основном.

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

В третьей пробирке фибрин остался без изменения, так как отсутствовала соляная кислота.

В четвертой пробирке также переваривания не наблюдают, так как не соблюдались оптимальные температурные условия. В пятой пробирке белок набух.

Таблица 3 – Схема и результаты влияния различных факторов на ферментативные свойства желудочного сока

№ пробирок	Содержимое пробирок	Отсутствие или содержание пептонов
1	5 мл желудочного сока + фибрин	
2	5 мл желудочного сока прокипятить и добавить фибрин	
3	5 мл желудочного сока + фибрин + питьевая сода	
4	5 мл желудочного сока + фибрин + холод	
5	5 мл соляной кислоты + фибрин	

5. На основании результатов опыта сделать вывод о значении компонентов желудочного сока – пепсина и соляной кислоты – в переваривании белков. Необходимо указать, какие условия при этом должны соблюдаться [9].

Лабораторная работа 5 Роль желчи в процессе пищеварения

Цель: определение влияния желчи на жиры.

Материалы и оборудование: штатив с пробирками, две маленькие воронки, фильтры, желчь, жидкий растительный жир, 0,5% раствор двууглекислой соды (Na_2CO_3).

Ход работы

1. Для изучения эмульгирования жиров желчью:
 - в пробирку 1 налить 3 мл дистиллированной воды;
 - в пробирку 2 – 3 мл двууглекислой соды;
 - в пробирку 3 – 3 мл дистиллированной воды и несколько капель желчи.

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

В одной из пробирок образуется белое «молоко» – жировая эмульсия. Через 10–15 минут рассмотреть содержимое всех пробирок и убедиться, что эмульсия стойкая, так как границы между слоями не намечается. В качестве контроля использовать пробирку 1.

3. В протоколе необходимо охарактеризовать стойкость образовавшейся эмульсии во всех трех пробирках.

4. Влияние желчи на жиры можно наблюдать и с помощью лупы или микроскопа. Для этого на предметное стекло пипеткой нанести каплю воды и каплю желчи. К каждой капле добавить небольшое количество растительного масла, перемешать и рассмотреть содержимое обеих капель под лупой или под микроскопом. В тетрадях необходимо зарисовать, как распределяется жир в капле воды и капле желчи сразу после добавления масла и через 10–15 минут.

5. Для установления влияния желчи на фильтрацию жира необходимо проделать следующее.

В небольшие воронки вложить бумажные фильтры. Один из фильтров смочить желчью, другой – водой. Поставить воронки в пробирки, находящиеся в штативе, и налить в каждую по 10 мл растительного масла. Через 45 минут определить количество профильтровавшегося жира в обеих пробирках. Масло довольно быстро пройдет через фильтр, обработанный желчью, и сохранится в воронке, смоченной водой.

6. В выводе показать роль желчи в пищеварении и объяснить, почему жир свободно проникает через фильтр, смоченный желчью [9].

Лабораторная работа 6 Состав и свойства сока поджелудочной железы

Цель: изучение условий переваривания и наблюдение действия ферментов поджелудочной железы.

Для работы необходимы: активный поджелудочный сок (можно заменить раствором ферментативных препаратов с желчью), желудочный сок (натуральный или искусственный), препарат задних конечностей лягушки (препарат мышцы курицы), штатив с пробирками, термостат, жидкое растительное масло, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, спиртовка, держалка для пробирок, дистиллированная вода, 1%-ный крахмальный клейстер, раствор Люголя, реактив Фелинга, взвесь крахмала в воде (1:100).

Ход работы

I Сравнение протеолитического действия ферментов: желудочного сока – пепсина и поджелудочного сока – трипсина

1. Две одинаковые пробирки наполнить на три четверти объема: одну желудочным соком, другую активным поджелудочным соком. Обе пробирки поставить в узкий химический стакан, наполненный водой t 37–38° С, который также необходимо поставить в термостат с такой же температурой.

2. Приготовить препарат задних конечностей лягушки, снять с них кожу и на обеих лапках надрезать до половины икроножные мышцы (препарат конечностей лягушки можно заменить препаратом мышц курицы). Одну из лапок поместить в пробирку с желудочным соком, другую в пробирку с таким же количеством поджелудочного сока. Обе пробирки поставить в термостат на 20–40 минут t 37–38° С.

3. По истечении указанного времени извлечь пробирки и рассмотреть, что произошло с лапками. Необходимо отметить, что конечность лягушки, погруженная в желудочный сок, вся развалилась и на дне пробирки видны отдельные ее части, а также большие скопления волокон мышечной ткани и виде буро-желтого осадка. Конечность, находящаяся в поджелудочном соке, имеет белесоватый цвет, мышечная ткань икроножной мышцы, куда сок проник благодаря разрезу фасции, почти полностью переварилась; фасция же осталась без изменения и представляет собой полый мешочек.

4. В выводе необходимо отметить, что пепсин переваривает белки соединительной ткани, трипсин же действует на белки мышечной ткани.

II Фермент поджелудочного сока – липаза

Липаза панкреатического сока выделяется в малоактивном состоянии. Активируется она в полости двенадцатиперстной кишки желчью.

1. Налить в две пробирки по 1 мл поджелудочного сока, в две другие – по 1 мл прокипяченного поджелудочного сока. Затем, во все четыре пробирки прилить по 9 мл воды и по 0,5 мл нейтрального жира (можно брать жидкое растительное масло). Растительное масло не должно быть окисленным. Для избавления от кислот масло промывают. Для этого налить в колбочку треть масла и две трети воды, взболтать 1–2 минуты, дать отстояться, слить сверху масло в другую колбочку и опять его промыть. Эту процедуру повторить 2–3 раза (промыть лучше в делительной воронке).

2. Во все три пробирки прибавить по две-три капли индикатора – фенолфталеина.

3. В одну пробирку с нормальным и в одну пробирку с прокипяченным поджелудочным соком добавить по 0,1 мл желчи.

Таким образом, четыре подготовленные пробирки содержат:

1 – 1 мл поджелудочного сока, 9 мл воды, 0,5 мл жира, индикатор;

2 – 1 мл поджелудочного сока, 9 мл воды, 0,1 мл желчи, индикатор;

3 – 1 мл прокипяченного поджелудочного сока, 9 мл воды, 0,5 мл жира, 0,1 мл желчи, индикатор;

4 – 1 мл прокипяченного поджелудочного сока, 9 мл воды, 0,5 мл жира, индикатор.

Пробирка 4 служит контрольной и показывает, что взятое масло не содержит кислот.

4. Все пробирки поместить на 30 минут в термостат с t 37–38° С. По истечении указанного времени достать все четыре пробирки и исследовать их окраску.

Оказывается, что в пробирках 1 и 2 появилась розовая окраска, что указывает на кислую реакцию содержимого этих пробирок. Эта окраска значительно резче выражена во второй пробирке. Результаты опыта показывают, что в пробирках 1 и 2 жир под влиянием поджелудочного сока расщепился на глицерин и жирные кислоты. Содержимое пробирок 3 и 4 остается бесцветным.

5. Чтобы установить, где расщепление жира произошло интенсивнее и где образовалось больше жирных кислот, в пробирке 1 (без желчи) или 2 (с добавлением желчи), содержимое обеих пробирок надо оттитровать щелочью.

Результат титрования показывает, что для обесцвечивания жидкости (появления щелочной реакции) в пробирке 2 необходимо затратить щелочи значительно больше, чем для обесцвечивания содержимого пробирки 1, и, следовательно, в присутствии желчи, которая активирует липазу, расщепление жиров поджелудочным соком происходит интенсивнее. В пробирке 3, где фермент был разрушен кипячением, жирные кислоты не образовались, и ее содержимое не приобрело розовой окраски.

III Фермент поджелудочного сока – амилаза

Амилаза панкреатического сока расщепляет не только вареный, но и сырой крахмал. Выделяется амилаза в активном состоянии.

1. В две пробирки налить по 1 мл поджелудочного сока и добавить туда по 2 мл воды. В первую пробирку прибавить 5 мл 1%-ного крахмального клейстера, во вторую – 5 мл взвеси крахмала в воде. Обе пробирки поставить в термостат при t 37–38° С.

2. Через 15 минут в первой пробирке произвести пробу на сахар, которая оказывается положительной; во второй пробирке с сырым крахмалом произвести тот же анализ через 30–40 минут – и здесь обнаруживается сахар.

Таким образом, опыт показывает, что амилаза поджелудочного сока переводит в сахар не только вареный, но и сырой крахмал; сырой крахмал расщепляется значительно медленнее.

Интересно сравнить активность действия слюнной и поджелудочной амилазы, действие последней на крахмал выражено значительно интенсивнее.

3. В протоколе работы описать содержимое пробирок до после исследований; объяснить полученные результаты.

В выводе указать оптимальные условия для действия ферментов поджелудочной железы [9].

ТЕМА 2 ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Различные формы проявления жизни всегда неразрывно связаны с превращением энергии. Энергетический обмен является своеобразным свойством каждой живой клетки. Богатые энергией вещества усваиваются, а конечные продукты обмена веществ с более низким содержанием энергии выделяются клетками. Согласно первому закону термодинамики, энергия не исчезает и не появляется снова. Живой организм должен получать энергию в доступной для него форме из окружающей среды и возвращать среде соответствующее количество энергии в форме, менее пригодной для дальнейшего использования.

Известно, что живой организм и окружающая среда образуют единую систему, между ними происходит непрерывный обмен энергией и веществами. Нормальная жизнедеятельность организма поддерживается регуляцией внутренних компонентов, требующих затраты энергии. Использование химической энергии в организме называют *энергетическим обменом*. Только он служит показателем общего состояния и физиологической активности организма.

Обменные (метаболические) процессы, при которых специфические элементы организма синтезируются из пищевых продуктов, называют *анаболизмом (ассимиляцией)*, а те метаболические процессы, при которых происходит распад структурных элементов организма или усвоение пищевых продуктов, – *катаболизмом (диссимиляцией)*.

Белковый обмен. Известно, что белок состоит из аминокислот. В свою очередь аминокислоты являются не только источником синтеза новых структурных белков, ферментов, веществ гормональной, белковой, пептидной природы и других, но и источником энергии. Характеристика белков, входящих в состав пищи, зависит как от энергетической ценности, так и от спектра аминокислот.

Средний период распада белка неодинаков в разных живых организмах. Так, у человека он составляет 80 суток. При этом многие белки у одного и того же организма обновляются с разной скоростью. Намного медленнее обновляются мышечные белки. Белки плазмы крови у человека имеют период полураспада около 10 суток, а гормоны белково-пептидной природы живут всего несколько минут. У человека за сутки подвергаются разрушению и синтезу около 400 г белка. Причем около 70% образовавшихся свободных аминокислот снова идет на синтез нового белка, около 30% превращается в энергию и должно пополняться экзогенными аминокислотами из пищи.

Много белковых структур построено из неповторимых комбинаций только 20 аминокислот. Одни из них могут синтезироваться в организме

(глицин, цистеин и др.) заменимые аминокислоты, другие (аргинин, лейцин, лизин, триптофан и др.) не синтезируются и должны обязательно поступать с пищей. Такие аминокислоты называются *незаменимыми*. Те и другие очень важны для организма. Белки, содержащие полный набор незаменимых аминокислот, называются *биологически полноценными*. В сутки в организм взрослого человека должно поступать с едой около 70–90 г белка (1 г на 1 кг массы тела), причем 30 г белка должно быть растительного происхождения. Количество поступающего белка зависит и от выполняемой физической нагрузки. При средней нагрузке человек должен получать 100–120 г белка в сутки, а при тяжелой физической работе количество белка возрастает до 150 г. О количестве расщепленного в организме белка судят по количеству выделяемого из организма азота (с мочой, потом). Это положение основано на том, что азот входит только в состав белков (аминокислот). Состояние, при котором количество поступившего азота равно количеству выведенного из организма, *называется азотистым равновесием*. Известно, что 1 г азота соответствует 6,25 г белка.

Так, при расчете азотистого баланса исходят из того, что в белке содержится примерно 16% азота. Состояние, при котором в организм с пищей поступает меньше азота, а больше его выводится, получило название *отрицательного азотистого баланса*. В данном случае разрушение белка преобладает над его синтезом. Это наблюдается при белковом голодании, лихорадочных состояниях, нарушениях нейроэндокринной регуляции белкового обмена. *Положительный азотистый баланс* – это состояние, при котором количество выведенного из организма азота значительно меньше, чем его содержится в пище (наблюдается накопление его в организме). Положительный азотистый баланс отмечается у беременных, у детей в связи с их ростом, при выздоровлении после тяжелых заболеваний и др.

Белки в организме выполняют в основном пластическую функцию. Они входят в состав ферментов, гормонов, регулируют различные процессы в организме, осуществляют защитные функции, определяют видовую и индивидуальную особенности организма. Кроме того, белки используются в качестве энергетического материала, недостаточное обеспечение ими приводит к потере внутренних белков. Источником свободных аминокислот в первую очередь являются белки плазмы, ферментные белки, белки печени, слизистой оболочки кишечника и мышц, что позволяет длительное время поддерживать без потерь обновление белков мозга и сердца.

На регуляцию белкового обмена влияют нервная система, гормоны гипофиза (соматотропный гормон), щитовидной железы (тироксин), надпочечников (глюкокортикоиды).

Углеводный обмен. В организме человека до 60% требуемой энергии удовлетворяется за счет углеводов. Вследствие этого энергообмен мозга почти исключительно осуществляется глюкозой. Углеводы выполняют и пластическую функцию. Они входят в состав сложных клеточных структур (гликопептиды, гликопротеины, гликолипиды, липополисахариды и др.). Углеводы делятся на простые и сложные. Последние при расщеплении в пищеварительном тракте образуют простые моносахариды, которые затем из кишечника поступают в кровь. В организм углеводы поступают главным образом с растительной пищей (хлеб, овощи, крупы, фрукты) и откладываются в основном в виде гликогена в печени, мышцах. Количество гликогена в организме взрослого человека составляет около 400 г. Однако эти запасы легко истощаются и используются главным образом для неотложных потребностей энергообмена.

Процесс образования и накопления гликогена регулируется гормоном поджелудочной железы *инсулином*. Процесс расщепления гликогена до глюкозы происходит под влиянием другого гормона поджелудочной железы – *глюкагона*.

Содержание глюкозы в крови, а также запасы гликогена регулируются и центральной нервной системой. Нервное воздействие от центров углеводного обмена поступает к органам по вегетативной нервной системе. В частности, импульсы, идущие от центров по симпатическим нервам, непосредственно усиливают расщепление гликогена в печени и мышцах, а также выделение из надпочечников *адреналина*. Он способствует преобразованию гликогена в глюкозу и усиливает окислительные процессы в клетках. В регуляции углеводного обмена также принимают участие гормоны коры надпочечников, средней доли гипофиза и щитовидной железы.

Оптимальное количество углеводов в сутки составляет около 500 г, но эта величина в зависимости от энергетических потребностей организма может значительно изменяться. Необходимо учитывать, что в организме процессы обмена углеводов, жиров и белков взаимосвязаны, возможны их преобразования в определенных границах. Дело в том, что промежуточный обмен углеводов, белков и жиров образует общие промежуточные вещества для всех обменов. Основным же продуктом обмена белков, жиров и углеводов является ацетилкоэнзим А. При его помощи обмен белков, жиров и углеводов сводится к циклу трикарбоновых кислот, в котором в результате окисления высвобождается около 70% всей энергии превращений.

Конечные продукты обмена веществ составляют незначительное количество простых соединений. Азот выделяется в виде азотсодержащих соединений (главным образом мочевины и аммиака), углерод – в виде CO_2 , H_2 , H_2O .

Липидный обмен. Липиды – сложные органические вещества, к которым относятся нейтральные жиры, состоящие из глицерина и жирных кислот, липоидов (лицетин, холестерин). Кроме жирных кислот, в состав липоидов входят многоатомные спирты, фосфаты и азотистые соединения.

Липиды играют важную роль в жизнедеятельности организма. Некоторые из них (фосфолипиды) составляют основной компонент клеточных мембран или являются источником синтеза стероидных гормонов (холестерин). Часть жира накапливается в клетках жировой ткани как нейтральный запасной жир, количество которого составляет 10–30% массы тела, а при нарушениях обмена веществ и больше. Мобилизация жира на энергетические потребности организма заключается в гидролизе триглицеридов и образовании свободных жирных кислот. В энергетическом отношении окисление жирных кислот даст в 2 раза больше энергии, чем белки и углеводы (1 г – 9,3 ккал). Взрослому человеку ежедневно необходимо 70–80 г жира. Жиры имеют не только энергетическое значение. Они растворяют и выводят из организма так называемые незаменимые жирные кислоты (линолевая, линоленовая, арахидиновая), которые условно объединяют в группу витамина F, а также жирорастворимые витамины (витамины А, D, Е, К). Обмен липидов тесно связан с обменом белков и углеводов. При увеличении поступления в организм белки и углеводы могут превращаться в жиры.

В регуляции липидного обмена значительную роль играют центральная нервная система, а также многие железы внутренней секреции (половые, щитовидная железа, гипофиз, надпочечники).

Водный и минеральный обмен. Вода является важной составной частью любой клетки, жидкой основы крови и лимфы. У человека содержание воды в разных тканях неодинаково. Так, в жировой ткани ее около 10%, в костях – 20%, в почках – 83%, головном мозге – 85%, в крови – 90%, что в среднем составляет 70% массы тела.

Вода в организме выполняет ряд важных функций. В ней растворено много химических веществ, она активно участвует в процессах обмена, с ней выделяются продукты обмена из организма. Вода обладает большой теплоемкостью и теплопроводностью, что способствует процессам терморегуляции.

Основная масса воды содержится внутри клеток, в плазме крови и межклеточном пространстве.

Взрослый человек в обычных условиях употребляет около 2,5 л воды в сутки. Кроме того, в организме образуется около 300 мл метаболической воды, как одного из конечных продуктов энергообмена. В соответствии с потребностями человек в течение суток теряет около 1,5 л воды в виде мочи, 0,9 л путем испарения через легкие и кожу (без потоотделения) и приблизительно 0,1 л с калом. Таким образом, обмен воды в обычных

условиях не превышает 5% массы тела в сутки. Повышение температуры тела и высококалорийная пища способствуют выделению воды через кожу и легкие, увеличивают ее потребление.

Регуляция водного обмена в основном контролируется гормонами гипоталамуса, гипофиза и надпочечников.

Минеральные вещества поступают в организм с продуктами питания и водой. Потребность организма в минеральных солях различная. В основную группу входит семь элементов: кальций, фосфор, натрий, сера, калий, хлор и магний. Это так называемые *макроэлементы*. Они необходимы для формирования скелета (кальций, фосфор) и для осмотического давления биологических жидкостей (натрий). Эти ионы влияют на физико-химическое состояние белков, нормальное функционирование возбудительных структур (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-), мышечное сокращение (Ca^{2+} , Mg^{2+}), аккумулярование энергии (P^{5+}).

Однако организму необходимо еще 15 элементов, общее количество которых составляет менее 0,01% массы тела. Они называются *микроэлементами*. Среди них следует выделить железо (составная часть гемоглобина и тканевых цитохромов); кобальт (компонент цианокобаламина); медь (компонент цитохромоксидазы); цинк (фактор потенцирующего действия инсулина на проницаемость мембраны клетки для глюкозы); молибден (компонент ксантиноксидазы); марганец (активатор некоторых ферментных систем); кремний (регулятор синтеза коллагена костной ткани); фтор (участвует в синтезе костных структур и прочности зубной эмали); йод (составная часть тиреоидных гормонов), а также никель, ванадий, олово, мышьяк, селен и др. В большинстве случаев – это составная часть ферментов, гормонов, витаминов или катализаторы их действия на ферментные процессы.

Специфическая роль ряда неорганических ионов в жизнедеятельности организма в первую очередь зависит от их свойств: заряда, размера, способности образовывать химические связи, реактивности в отношении к воде.

Витамины. Витамины – это органические вещества, которым свойственна интенсивная биологическая активность. Они отличаются по своей структуре. Не синтезируются организмом или синтезируются недостаточно, поэтому должны поступать с пищей.

Витамины относятся к разным видам соединений и выполняют катализирующую роль в обмене веществ, чаще являются составной частью ферментных систем. Таким образом, витамины – это регуляторные вещества.

Источником витаминов служат пищевые продукты растительного и животного происхождения. В пищевых продуктах они могут находиться в активной или неактивной форме (провитамины). В последнем случае они

в организме переходят в активное состояние. Некоторые витамины могут синтезироваться микрофлорой кишечника.

В настоящее время известно около 40 витаминов. Они делятся на жирорастворимые (А, D, Е, К, F) и водорастворимые (В₁, В₅, В₆, В₁₂, С, РР и др.). Источником жирорастворимых витаминов являются продукты животного происхождения, растительные масла и частично зеленые листья овощей. Носители водорастворимых витаминов – пищевые продукты растительного происхождения (зерновые и бобовые культуры, овощи, свежие фрукты, ягоды) и в меньшей степени продукты животного происхождения. Однако основным источником никотиновой кислоты и цианокобаламина являются продукты животного происхождения. Одни витамины устойчивы к разрушению, другие превращаются в неактивную форму при хранении и переработке.

Недостаточное поступление в организм суточной дозы одного или группы витаминов вызывает нарушение обмена веществ и приводит к заболеванию. При снижении поступления витаминов с пищей или нарушении их всасывания появляются признаки *гиповитаминоза*, а при полном их отсутствии наступает *авитаминоз*. Различные нарушения функций организма появляются при авитаминозах. Они связаны с разнообразным участием витаминов в регуляторных процессах. Витамины участвуют в регуляции промежуточного обмена и клеточного дыхания (витамины группы В, никотиновая кислота); в синтезе жирных кислот, стероидных гормонов (пантотеновая кислота), нуклеиновых кислот (фолиевая кислота, цианокобаламин); в регуляции процессов фоторецепции и размножения (ретинол); обмена кальция и фосфора (кальциферолы); окислительно-восстановительных процессах (аскорбиновая кислота, токоферолы); в гемопоезе и синтезе факторов свертывания крови (филлохиноны) и др.

Некоторые вещества обладают свойствами витаминов, например парааминобензойная кислота, инозит, пангамовая кислота, витамин U, липоевая кислота и др.

В ряде случаев суточная потребность в водорастворимых и жирорастворимых витаминах колеблется от 2 мкг (цианокобаламин) до 50–100 мг (аскорбиновая кислота) и 200 г (фолиевая кислота).

Суточная потребность в витамине А у взрослого человека составляет 1 мг, а витамина D – 100 МЕ.

Известно, что водорастворимые витамины выполняют антиоксидантную функцию, а жирорастворимые участвуют в стабилизации биологических мембран, предохраняя их от окислительного разрушения.

Образование и расход энергии. Жизнедеятельность организма поддерживается благодаря постоянному поступлению энергии в процессе окисления сложных органических молекул при разрыве химических

связей. Молекулы распадаются до трехуглеродных соединений, которые включаются в цикл Кребса (лимонная кислота), окисляясь далее до CO_2 и H_2O . Все энергетические процессы, протекающие с участием кислорода, образуют систему *аэробного обмена*. Выделение энергии без кислорода называется *анаэробным обменом*. Накопление энергии происходит главным образом в высокоэнергетических фосфатных связях аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ служит также средством переноса энергии, поскольку диффундирует в те места, где необходима энергия. В свою очередь образование и распад АТФ связаны с процессами, на которые необходимо затратить энергию. При необходимости в энергии путем гидролиза разрывается связь фосфатной группы и высвобождается находящаяся в ней химическая энергия. Полученная потенциальная энергия затем превращается в кинетическую – механическую, химическую, осмотическую и электрическую работу. Часть энергии используется для поддержания постоянства внутреннего состояния организма, синтеза новых веществ, обновления и строения клеток, сокращения мышц, проведения нервных импульсов.

Количество энергии, выделяемой при сгорании какого-либо вещества, не зависит от этапов его распада. Известно, что углеводы и белки дают в среднем около 17,16 кДж/г (4,1 ккал/г) энергии. Самой высокой энергетической способностью обладают жиры: 1 г жира дает 38 кДж/г (9,1 ккал/г) энергии, что больше количества энергии, выделяемой при окислении белков и углеводов, вместе взятых.

Энергетический обмен живого организма состоит из основного обмена и рабочей прибавки к основному обмену. Количество энергии, расходуемой организмом в состоянии покоя и натошак, называется *основным обменом*.

Основной обмен определяют утром (при этом пациент находится в состоянии покоя – в положении лежа), при температурном комфорте 18–20° С, натошак, через 12 ч после принятия пищи, при исключении из пищи белков за 2–3 суток до исследования. Его выражают в килокалориях (ккал) или килоджоулях (кДж), выделенных организмом при указанных условиях на 1 кг массы тела либо на 1 м² поверхности тела за 1 ч или за сутки.

Основной обмен в значительной степени зависит от функций нервной и эндокринной систем, физиологического состояния внутренних органов, а также от внешних влияний на организм. Уровень основного обмена может изменяться при недостаточном или избыточном питании, продолжительной физической нагрузке, изменениях климатических условий и др. У разных людей величина основного обмена зависит главным образом от возраста, массы тела, пола, роста. У взрослого здорового человека основной обмен за 1 ч составляет в среднем 4,2 кДж (1 ккал) на 1 кг массы тела, причем у женщин он на 10–15% ниже,

чем у мужчин. У детей он выше, чем у взрослых; у пожилых людей снижается.

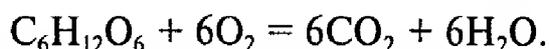
Рабочая прибавка – это повышение энергетического обмена выше основного объема. Факторы, при которых увеличивается расход энергии – прием пищи, изменения внешней температуры и мышечная работа.

Основной обмен нарушается при заболеваниях эндокринных желез. Например, при гиперфункции щитовидной железы он может увеличиться до 150% от нормы, а при гипофункции снижается. Значительные изменения наблюдаются при патологии гипофиза, регулирующего деятельность периферических желез внутренней секреции.

Для определения интенсивности обмена веществ и энергии используют прямые и непрямые методы калориметрии. *Метод прямой калориметрии* основан на непосредственном определении тепла, выделяемого в процессе жизнедеятельности организма. Для этого человека помещают в специальную калориметрическую камеру, в которой учитывается все количество тепла, отдаваемого телом человека. Метод сложен и применяется только в научно-исследовательских учреждениях.

На практике чаще используют *метод непрямой калориметрии*. Суть его заключается в том, что вначале определяют объем легочной вентиляции, а затем количество поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа. Отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного организмом кислорода называется *дыхательным коэффициентом*. По величине последнего можно судить о характере окислительных веществ в организме.

Так, при окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, поскольку для полного окисления 1 молекулы глюкозы до углекислого газа и воды потребуется 6 молекул кислорода, при этом выделяется 6 молекул углекислого газа:



При окислении белков дыхательный коэффициент равен 0,8, при окислении жиров – 0,7. Из-за небольшого содержания в жирах и белках внутримолекулярного кислорода для их окисления потребуется больше кислорода: для окисления 1 г белков – 0,97 л, а 1 г жиров – 2,03 л.

Определить расход энергии можно и по газообмену. Количество тепла, освобождаемого в организме при употреблении 1 л кислорода (калориметрический эквивалент кислорода), зависит от того, на окисление каких веществ использовался кислород. Калориметрический эквивалент кислорода для окисления углеводов равен 21,13 кДж (5,05 ккал), белков – 20,1 кДж (4,8 ккал), жиров – 19,62 кДж (4,686 ккал). Существует зависимость между дыхательным коэффициентом и количеством энергии, которая образуется при поглощении 1 л кислорода (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимость между величинами дыхательного коэффициента и энергией окисления

Дыхательный коэффициент	Количество энергии, высвобожденной при окислении, %		Калориметрический эквивалент кислорода
	<i>жиров</i>	<i>углеводов</i>	
0,70	100	0	4,69
0,75	85	15	4,74
0,80	68	32	4,80
0,85	51	49	4,86
0,90	34	66	4,92
0,95	17	83	4,98
1,00	0,0	100	5,05

Интенсивность обменных процессов в значительной степени зависит от величины физической нагрузки. Уровень обмена веществ при очень низкой активности («относительный покой» индивидуума) составляет примерно 9600 кДж/сут (2300 ккал/сут) для мужчин. Уровень нагрузки при физической работе может быть оценен по затраченной энергии и выражаться при помощи, так называемой *ступенчатой энергетической шкалы*, соседние ступени которой отстоят одна от другой на 2000 кДж. Так, при легкой работе интенсивность обменных процессов достигает 12 000 кДж/сут (2800 ккал/сут), при умеренной – 22 000 кДж/сут (5200 ккал/сут), при тяжелой – 42 000 кДж (10 000 ккал/сут). Под *рациональным питанием* понимают достаточное в количественном и полноценное в качественном отношении питание. Основа рационального питания – сбалансированность, оптимальные соотношения компонентов пищи (аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, фосфатидов, стероидов, жиров, сахаров, витаминов, минеральных солей, органических кислот и др.). Насчитывается около 60 пищевых веществ, требующих сбалансированности. Рациональное питание обеспечивается оптимальным поступлением энергетических, пластических и регуляторных веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма. Однообразное питание, при котором исключаются отдельные компоненты сбалансированного пищевого рациона, вызывает нарушение обмена веществ. Для человека сбалансированное питание включает белки, жиры и углеводы в массовых соотношениях 1:1:4. Это дает возможность проводить нормирование суточной калорийности пищевого рациона за счет белков: 15% суточной калорийности (половина животного происхождения). Жиры должны составлять примерно 30% суточной калорийности (70–80% животный жир). Энергетическая доля углеводов при таких соотношениях должна быть 55%. Если необходимо снизить массу тела, то следует ограничить количество употребляемых углеводов. При тяжелой мышечной работе разрушается много белков, поэтому необходимо увеличить их поступление с пищей в организм человека [6].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение обмену веществ и энергии.
2. Расскажите о белковом обмене.
3. Что такое углеводный обмен? Как происходит его регуляция?
4. Расскажите о липидном обмене и его значении для организма человека.
5. Охарактеризуйте водный и минеральный обмен.
6. Роль витаминов в организме человека.
7. Расскажите об образовании и расходе энергии.
8. Что такое основной обмен?
9. Каков расход энергии при разных ступенях физической нагрузки?
10. Что такое рациональное питание?

Лабораторная работа 1 Расчет основного обмена по таблицам

Цель: изучение уровня основного обмена у мужчин и женщин при одинаковых исходных условиях.

Материалы и оборудование: рабочие таблицы Гарриса-Бенедикта.

Ход работы

Для определения суточного расхода энергии используют специальные таблицы Гарриса-Бенедикта, которые составлены по результатам многочисленных измерений основного обмена у здоровых людей разного пола, возраста, роста и массы тела. Таблицы для мужчин и женщин разные, так как у мужчин основной обмен на 10% выше, чем у женщин. Таблицы отражают существующие корреляции между основным обменом и физиологическими факторами.

1. Расчет основного обмена по таблицам Гарриса-Бенедикта (таблицы 5,6).

В колонке «вес» надо найти вес испытуемого и против него число А. Затем по горизонтали найти возраст и по вертикали рост испытуемого; на пересечении графы возраста и роста находится число Б. Для определения основного обмена испытуемого оба найденных числа необходимо сложить.

$$\text{Основной обмен (ккал/сут.)} = A + B.$$

Для перевода единиц основного обмена в кДж использовать соотношение:

$$1 \text{ ккал} = 4,184 \text{ кДж.}$$

2. Сделать вывод о величине вашего основного обмена, отметить различие в уровне основного обмена у женщин и мужчин при одинаковых исходных условиях [9].

Таблица 5 – Расчет основного обмена у женщин

Вес,	ккал	Вес,	ккал	Рост,	Женщины (возраст в годах)														
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
44	1076	85	1468	40															
45	1085	86	1478	44															
46	1095	87	1487	48															
47	1105	88	1497	52															
48	1114	89	1506	56															
49	1124	90	1516	60															
50	1133	91	1525	64															
51	1143	92	1535	68															
52	1152	93	1544	72															
53	1162	94	1554	76															
54	1172	95	1564	80															
55	1181	96	1573	84															
56	1191	97	1583	88															
57	1200	98	1592	92															
58	1210	99	1602	96	21														
59	1219	100	1611	100	5	14													
60	1229	101	1621	104	21	2													
61	1238	102	1631	108	37	18													
62	1248	103	1640	112	43	34													
63	1258	104	1650	116	59	50													
64	1267	105	1659	120	75	66													
65	1277	106	1669	124	101	82													
66	1286	107	1678	128	107	98													
67	1296	108	1688	132	123	114													
68	1305	109	1698	136	139	130													
69	1315	110	1707	140	155	146													
70	1325	111	1717	144	171	162													
71	1334	112	1726	148	187	178													
72	1344	113	1736	152	201	192	183	174	164	155	146	136	127	117	108	99	89	80	71
73	1353	114	1745	156	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97	87	78
74	1363	115	1755	160	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	111	104	95	86
75	1372	116	1764	164	243	234	205	196	186	177	168	158	149	140	130	121	112	102	93
76	1382	117	1774	168	255	246	213	203	194	184	175	166	156	147	138	128	119	110	100
77	1391	118	1784	172	267	258	220	211	201	192	183	173	164	154	145	136	126	117	108
78	1401	119	1793	176	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134	123	115
79	1411	120	1803	180	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132	124
80	1420	121	1812	184	303	294	242	233	223	214	204	195	186	177	167	158	149	139	130
81	1430	122	1822	188	313	304	250	240	231	221	215	203	193	184	175	165	156	147	137
82	1439	123	1831	192	322	314	257	248	238	229	220	210	201	191	182	173	163	154	145
83	1449	124	1841	196	333	324	264	255	246	236	227	218	208	199	190	180	171	161	152
84	1458	-	-	200	-	334	272	262	253	244	234	225	216	206	197	188	179	169	160

Таблица 6 – Расчет основного обмена у мужчин

Вес, кг	ккал	Вес, кг	ккал	Рост, см	Мужчины (возраст в годах)														
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
44	672	85	1235	40															
45	685	86	1249	44															
46	699	87	1263	48															
47	713	88	1277	52															
48	727	89	1290	56															
49	740	90	1304	60															
50	754	91	1318	64															
51	768	92	1332	68															
52	782	93	1345	72															
53	795	94	1359	76															
54	809	95	1373	80															
55	823	96	1387	84															
56	837	97	1406	88															
57	850	98	1414	92															
58	864	99	1428	96	113														
59	878	100	1442	100	153	128													
60	892	101	1455	104	193	168													
61	905	102	1469	108	233	208													
62	919	103	1483	112	273	248													
63	933	104	1497	116	313	288													
64	947	105	1510	120	353	328													
65	960	106	1524	124	393	368													
66	974	107	1538	128	433	408													
67	988	108	1552	132	473	448													
68	1002	109	1556	136	513	488													
69	1015	HO	1579	140	553	528													
70	1029	111	1593	144	593	568													
71	1043	112	1607	148	633	608													
72	1057	113	1620	152	673	648	619	605	592	578	565	551	538	524	511	497	484	470	71
73	1070	114	1634	156	713	678	669	625	612	598	585	571	558	544	531	517	504	490	78
74	1084	115	1648	160	743	708	659	645	631	618	605	591	578	564	551	537	524	510	86
75	1098	116	1662	164	773	738	679	665	652	638	625	611	598	584	571	557	544	530	93
76	1112	117	1675	168	803	768	699	685	672	658	645	631	618	604	591	577	564	550	100
77	1125	118	1689	172	823	788	719	705	692	678	665	651	638	624	611	597	584	557	108
78	1139	119	1703	176	843	808	729	725	718	698	685	671	658	644	631	617	604	590	115
79	1153	120	1717	180	863	828	759	745	732	718	705	691	678	664	651	637	624	610	124
80	1167	121	1730	184	883	848	779	765	752	738	725	711	698	684	671	657	644	630	130
81	1180	122	1744	188	903	868	799	785	772	758	745	731	718	704	691	677	664	650	137
82	1194	123	1758	192	923	888	819	805	792	778	765	751	738	724	711	697	684	670	145
83	1208	124	1772	196	-	908	839	825	812	798	785	771	758	744	731	717	704	690	152
84	1222	-	-	200	-	-	859	845	832	818	805	791	778	764	751	737	724	710	160

Лабораторная работа 2

Определение отклонения от основного обмена по формуле Рида

Цель работы: вычисление процента отклонения от основного обмена.
Материалы и оборудование: секундомер, тонометр, номограмма.

Ход работы

Параллельно изменению интенсивности обмена веществ изменяется минутный объем сердечного выброса человека. В покое он составляет 4–5 л/мин. Обе величины зависят от размеров поверхности тела. Исходя из этого, было предложено использовать легко измеряемые величины для вычисления процента отклонения основного обмена. Рид предложил следующую формулу:

$$\text{Основной обмен (\% от нормы)} = 0,75(\text{ЧСС} + \text{ПД} \times 0,74) - 72,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин;
ПД – пульсовое давление, мм рт. ст.

Вычисление основного обмена с помощью формул дает приблизительные результаты, но при некоторых заболеваниях (например, тиреотоксикозе) они являются вполне достоверными, и часто применяются в клиниках. Отклонение до 10% считается в пределах нормы.

1. Трижды измерить артериальное давление и подсчитать пульс. Все исследования проводить через час после приема пищи в состоянии относительного покоя. Подставив измеренные показатели в формулу Рида, вычислить отклонение от основного обмена. Вычисленное значение может быть со знаком «+» или «-».

2. Определить отклонение основного обмена по номограмме (рисунок 19). С ее помощью можно быстро сопоставить частоту пульса со значением пульсового давления. Точка пересечения со средней линией показывает отклонение основного обмена от нормы. Вычислить, сколько ккал составляет определенный вами процент отклонения. Если процент отклонения определен со знаком «+», то найденное число ккал прибавляют к основному обмену, это значит, что с учетом работы систем внутренних органов организм тратит чуть больше энергии, чем определено для стандартных условий в таблице. В случае отрицательного значения необходимо уменьшить величину основного обмена, найденного по таблицам. Допустимое отклонение величины основного обмена составляет 10%.

3. Данные измерений и вычислений оформить в виде таблицы 7. Сделать вывод об отклонении Вашего основного обмена от нормы.

Таблица 7 – Результаты работы

Показатели	Найденные значения
Пульсовое давление, мм рт. ст.	
ЧСС, уд/мин	
Основной обмен, ккал/сут	
Отклонение основного обмена, %	

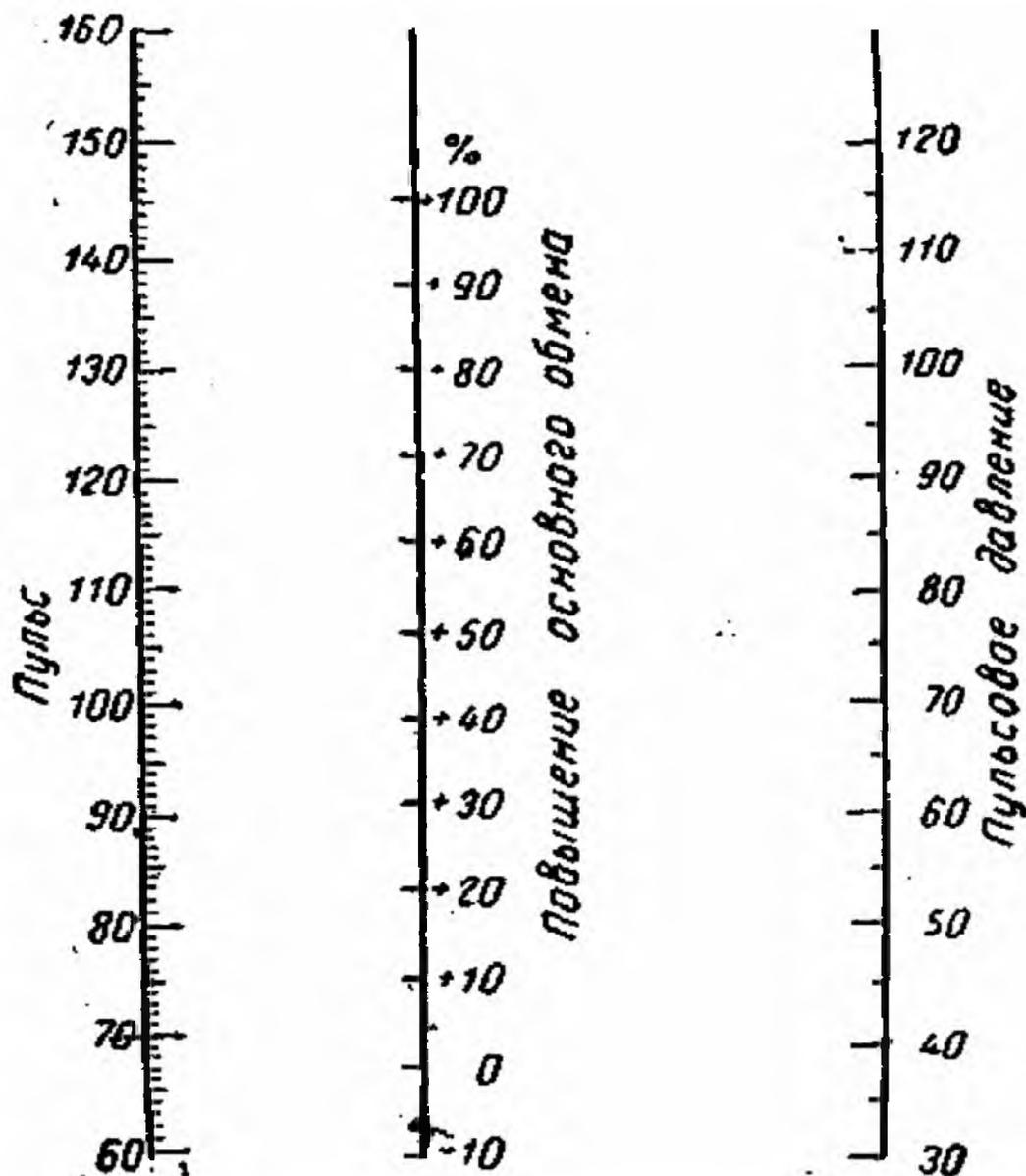


Рисунок 19 – Номограмма для определения основного обмена [9]

Лабораторная работа 3

Составление пищевых рационов

Цель: ознакомление с принципами составления пищевых рационов для различных групп населения.

Материалы и оборудование: рабочие таблицы энергетической ценности продуктов питания.

Ход работы

Составление пищевых рационов (сбалансирование питания) необходимо для того, чтобы привести в соответствие количество энергии, получаемой с пищей, с энергетическими потребностями организма. Для этого необходимо определить количество поступающих питательных веществ и их энергетическую ценность. Последнее оценивается по тепловым коэффициентам питательных веществ. Энергетическую ценность пищевых продуктов вычисляют умножением тепловых коэффициентов на содержание в них углеводов, жиров и белков. Данные по составу некоторых основных продуктов питания и их энергетическая ценность приведены в специальных таблицах.

1. При составлении суточного пищевого рациона следует руководствоваться следующими соображениями. Калорийность пищевого рациона должна соответствовать суточному расходу энергии. Количество потребляемой энергии зависит от возраста, пола, веса, физической активности и образа жизни (таблица 8).

2. Суточную потребность в энергии и необходимое количество питательных веществах (белки – 100 г, жиры – 70–80 г, углеводы – 500 г в сутки) разделить на три части, соответствующие завтраку, обеду и ужину. Используя данные таблиц калорийности продуктов питания (см. Приложения), составить свой суточный рацион по схеме, приведенной ниже.

При этом надо учитывать, что завтрак должен составлять 30% суточной энергетической ценности рациона, обед – 50%, ужин – 20%. Количество белков и общую калорийность суточного рациона можно превысить по сравнению с расчетами, но не более чем на 10%.

Таблица 8 – Расход энергии в зависимости от физической нагрузки

Вид активности	ккал/час	Вид активности	ккал/час
В состоянии покоя (лежа)	82	Работа по дому	237
Прием пищи сидя	86	Застилание постели	240
Стоя без движения	87	Мытье окон	255
Работа за письменным столом	113	Хождение по глубокому снегу	351
Разговор	113	Глажение белья	263
Утренний туалет	116	Мытье полов	279
Вождение автомобиля	184	Быстрый танец	420
Одевание	196	Рубка дров	464
Подметание пола	225	Вскапывание грядок	573
Купание в ванне	196	Прогулка в горы	617

3. Результаты работы оформить в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Суточный пищевой рацион

Продукты	Масса, г	Содержание питательных веществ, г			Энергетич. ценность, ккал
		белков	жиров	углеводов	
Завтрак					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Всего					
Обед					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Всего					
Ужин					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Всего					

4. В выводе дать физиологическую оценку составленного рациона [9].