

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии

И. Л. КРАВЦОВА

РУКОВОДСТВО
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОФОТОГРАФИЙ

Учебно-методическое пособие
для студентов лечебного, медико-диагностического факультетов
и факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран

Гомель
ГГМУ
2009

УДК 611-018:777.5

ББК 28.86

К 78

Рецензент —

профессор кафедры морфологии человека
Белорусского государственного медицинского университета,
доктор медицинских наук *А. А. Артишевский*

Кравцова, И. Л.

К 78 Руководство для самостоятельного изучения электронных микрофотографий: учеб.-метод. пособие для студентов лечебного, медико-диагностического факультетов и факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран / И. Л. Кравцова. — Гомель: учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», 2009. — 92 с.

ISBN 978-985-506-262-3

Издание содержит электронные микрофотографии клеток и внеклеточных структур по основным разделам: «Цитология», «Эмбриология», «Общая гистология», «Частная гистология». В пособии предлагаются описания электронно-микроскопических изображений гистологических объектов, а также краткие сведения, касающиеся источников развития, строения и функционального значения структур, изучаемых на практических занятиях.

Предназначено для самостоятельной работы студентов I и II курсов лечебного, медико-диагностического факультетов и факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран в период подготовки к практическим занятиям и во время занятий.

Утверждено и рекомендовано к изданию Центральным учебным научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 01 июля 2009 г., протокол № 7.

УДК 611.018:777.5

ББК 28.86

ISBN 978-985-506-262-3

© Учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Мотивом для создания настоящего пособия явилась идея подготовки материалов для самостоятельной работы студентов, что является одним из обязательных элементов учебно-методического комплекса по гистологии. Настоящее пособие призвано облегчить подготовку студентов к практическим и итоговым занятиям.

Необходимость составления данного учебного пособия для студентов медицинских вузов вызвана отсутствием в доступной учебной литературе материалов для подготовки к занятиям. В учебнике гистологии сведений недостаточно, специализированный «Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения» представляет библиографическую редкость и мало доступен не только студентам, но и преподавателям. Некоторые микрофотографии этого пособия устарели и нуждаются в определенной коррекции.

Целью диагностики электронных микрофотографий на государственном или переводном экзамене по гистологии, цитологии и эмбриологии является определение знаний и умений студентов распознавать различные внутриклеточные структуры (органеллы, включения), и на этой основе анализировать тканевую, органную принадлежность клеток и их функциональное состояние.

В экзаменационный контрольный набор включено 42 электронные микрофотографии. Большинство электронограмм взято из «Атласа микроскопического и ультрамикроскопического строения» В. Г. Елисеева, Ю. Г. Афанасьева, Е. Ф. Котовского, в котором отдельные электронограммы являются оригинальными. Описанию электронограмм предшествует очень краткая справка о строении и функциональном предназначении ультраструктур клеток, источниках развития, а также об особенностях структурно-функциональной организации тканей и органов.

РАЗДЕЛ I. ЦИТОЛОГИЯ И ЭМБРИОЛОГИЯ

Клеточные реснички

Ресничка представляет собой тонкий длинный цилиндр (5–10 мкм). Это вырост плазмолеммы, внутреннее содержимое которого — **аксонема** — состоит из **комплекса микротрубочек** и небольшого количества гиалоплазмы. Микротрубочки располагаются по окружности парами (**9 дуплетов**), в центре располагается **центральная пара**. Формула микротрубочек $(9 \times 2) + 2$. В дуплете одна микротрубочка (А) состоит из 13 субъединиц, а вторая (В) из — 11. А-микротрубочка имеет динеиновые ручки, направленные к В-трубочке, и радиальную связку, которая направляется к центральным микротрубочкам. Реснички не содержат в своем составе сократительных белков, но при этом совершают однонаправленные биения, не изменяя своей длины. Это происходит за счет смещения микротрубочек относительно друг друга в присутствии АТФ (рисунок 1).

Нижняя часть реснички погружена в гиалоплазму и представлена **базальным тельцем**. Оно состоит из 9 триплетов микротрубочек $(9 \times 3) + 0$ и служит матрицей для формирования аксонемы.

Реснички присутствуют в клетках мерцательного эпителия воздухопроводящих, семявыносящих путей, яйцеводов. Их можно обнаружить в эпендимоцитах, в нейронах органа обоняния, в палочковых и колбочковых нейронах сетчатки, в органе равновесия (киноцилии). **Реснички** являются органеллами **специального** назначения.

На электронограмме представлен апикальный полюс призматического эпителиоцита маточной трубы.

Функции ресничек:

1. **Движение.** Если клетка лежит в эпителии — *перемещение* слизистого секрета; если клетка свободная (сперматозоид) — *передвижение*.
2. **Участие в рецепции.**

Отличия ресничек от микроворсинок:

1. В основании ресничек — базальное тельце.
2. Внутри ресничек — каркас из микротрубочек.
3. Реснички имеют большие размеры.
4. Реснички нужны для движения или перемещения.

Патология, связанная с ресничками: дефекты ресничек и жгутиков проявляются в нарушении организации аксонемы, что наблюдается при синдроме неподвижных ресничек и приводит к развитию хронического бронхита и синусита.

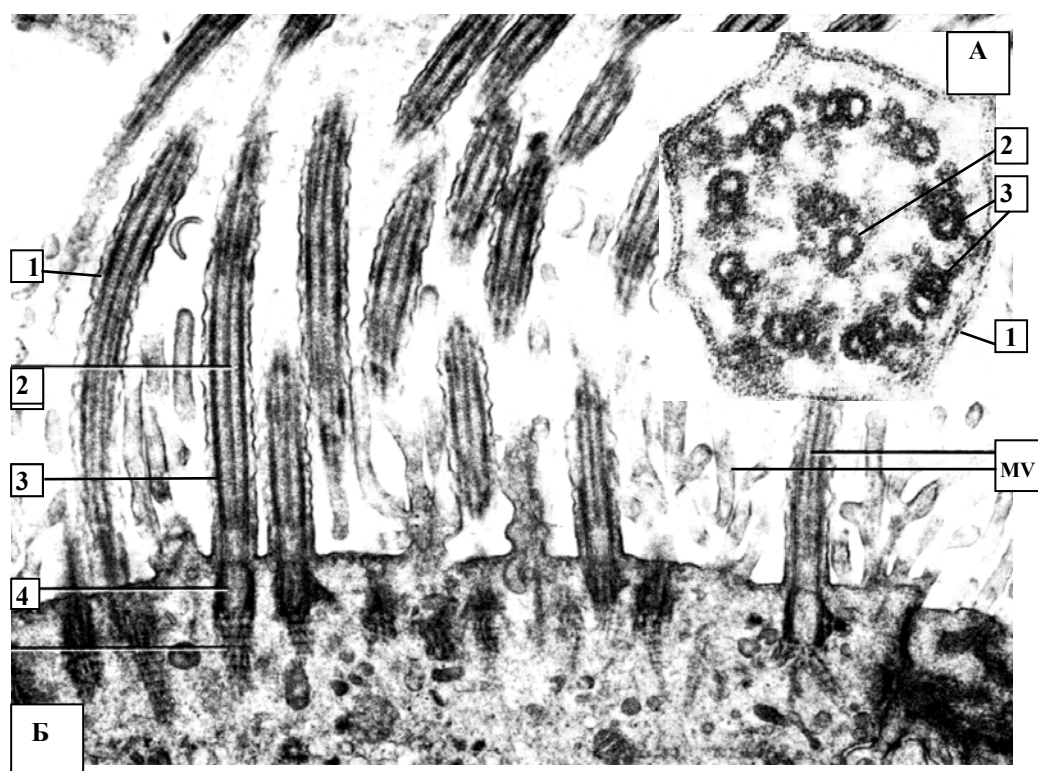
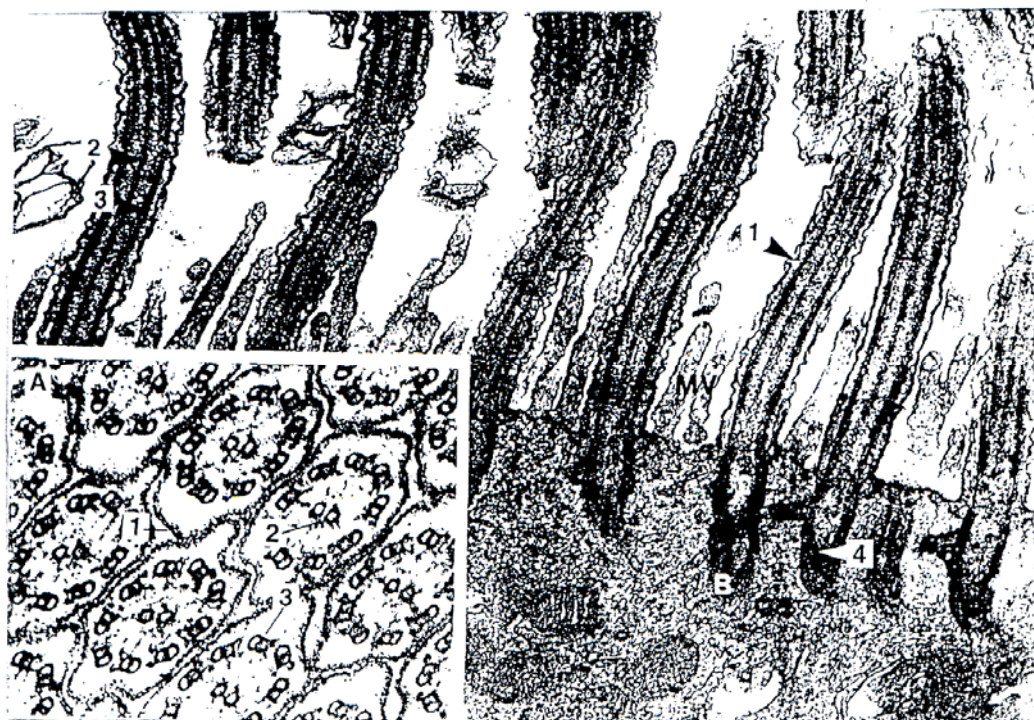


Рисунок 1 — Клеточные реснички

Увеличение в 80 000 раз. А — поперечный срез; Б — продольный срез. 1 — плазмолемма; 2 — центральная двойная микротрубочка; 3 — периферические двойные микротрубочки; 4 — базальное тельце; MV — микроворсинки.

Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки

Микроворсинки — это тонкие и длинные (около 1 мкм) выросты апикальной части клетки. Внутри каждой микроворсинки располагается пучок из 20–30 актиновых сократительных **микрофиламентов**. Одним концом филаменты закреплены на вершине микроворсинки, а нижняя часть вплетается в актиновый каркас. Филаменты связаны в пучок белковыми молекулами. В составе микроворсинок обнаружен и сократительный белок минимиозин, который вызывает укорочение и удлинение микроворсинок. Микроворсинки представляют собой специализированные производные микрофиламентов.

Разновидности микроворсинок:

1. Микроворсинки щеточной каемки (высокие разной длины).
2. Микроворсинки исчерченной каемки (низкие одинаковой длины).
3. Стереоцилии сенсорного эпителия внутреннего уха.

Функции микроворсинок:

1. Увеличение апикальной поверхности эпителиальных клеток (в кишке, в проксимальных канальцах нефронов).
2. Создание оптимальных условий для протекания примембранных процессов (примембранного пищеварения, рецепции во вкусовых клетках).

Отличия микроворсинок от ресничек:

1. В основании микроворсинок нет базального тельца.
2. Внутри микроворсинок — каркас из микрофиламентов.
3. Микроворсинки имеют меньшие размеры.
4. Микроворсинки нужны для увеличения поверхности всасывания.

На рисунке 2 представлен фрагмент апикальной части клетки с микроворсинками. Они являются модификацией клеточной поверхности и типичны для эпителиальных тканей.

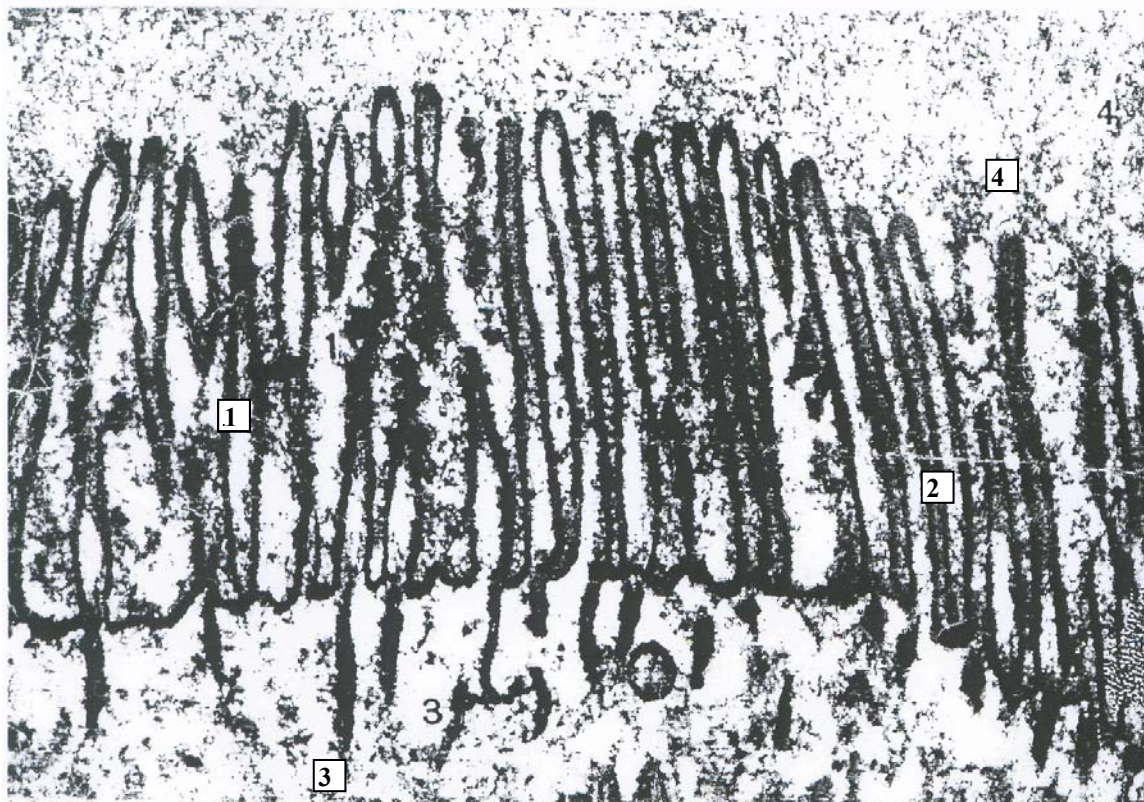


Рисунок 2 — Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки

Увеличение в 30 000 раз. 1 — клеточные микроворсинки; 2 — всасывающая ка-
емка; 3 — апикальная часть клетки; 4 — просвет тонкой кишки.

Комплекс Гольджи

Комплекс Гольджи (КГ) — это мембранная органелла общего назначения, которая присутствует во всех клетках (кроме эритроцитов и роговых чешуек) и располагается возле ядра. Если клетка полярна, то комплекс Гольджи ориентирован в сторону выведения продукта.

КГ представлен сплюснутыми **цистернами**, собранными в стопку. Каждая цистерна имеет выпуклую и вогнутую поверхности. Выпуклая (**цис-**) поверхность формирования обращена в сторону ядра, вогнутая (**транс-**) — поверхность созревания обращена в сторону плазмолеммы. Цистерны не сообщаются друг с другом. В центре мембраны они сближены и расположены параллельно, а на периферии формируют расширения или ампулы, от которых отшнуровываются пузырьки. 5–10 плоских цистерн формируют **диктиосому**. Кроме цистерн в комплексе Гольджи присутствуют транспортные и секреторные пузырьки (рисунок 3).

К цистернам непрерывно присоединяются мембранные пузырьки — **везикулы**. **Везикулы** — небольшие округлые мешочки со светлым, прозрачным содержимым. Они окружают зрелый продукт, готовый к отправке из клетки или использованию ею. Они расположены в периферической части цистерн, чаще встречаются на вогнутой транс-поверхности созревания.

У простейших элементы КГ образуют вакуоли. **Вакуоли** («большие мешки») — это расширенные цистерны, заполненные продуктом, недавно поступившим для доработки или упаковки из мест синтеза (гранулярной ЭПС). Вакуоли встречаются, чаще всего, возле выпуклой цис-поверхности.

Отличия комплекса Гольджи от ЭПС:

На **гранулярной ЭПС** в отличие от комплекса Гольджи есть рибосомы, нет укладки в стопку, расположена она по всей клетке, а не возле ядра.

Для **агранулярной ЭПС** уплощенные цистерны не типичны, характерно распределение в виде пузырьков или вакуолей по всей цитоплазме.

Функции КГ:

1. Накопление, химическая перестройка и созревание синтезированных продуктов.
2. Синтез полисахаридов, модификации белков.
3. Образование первичных лизосом, ферменты которых синтезируются на гранулярной ЭПС.
4. Формирование клеточных мембран, замещение дефектов плазмолеммы.

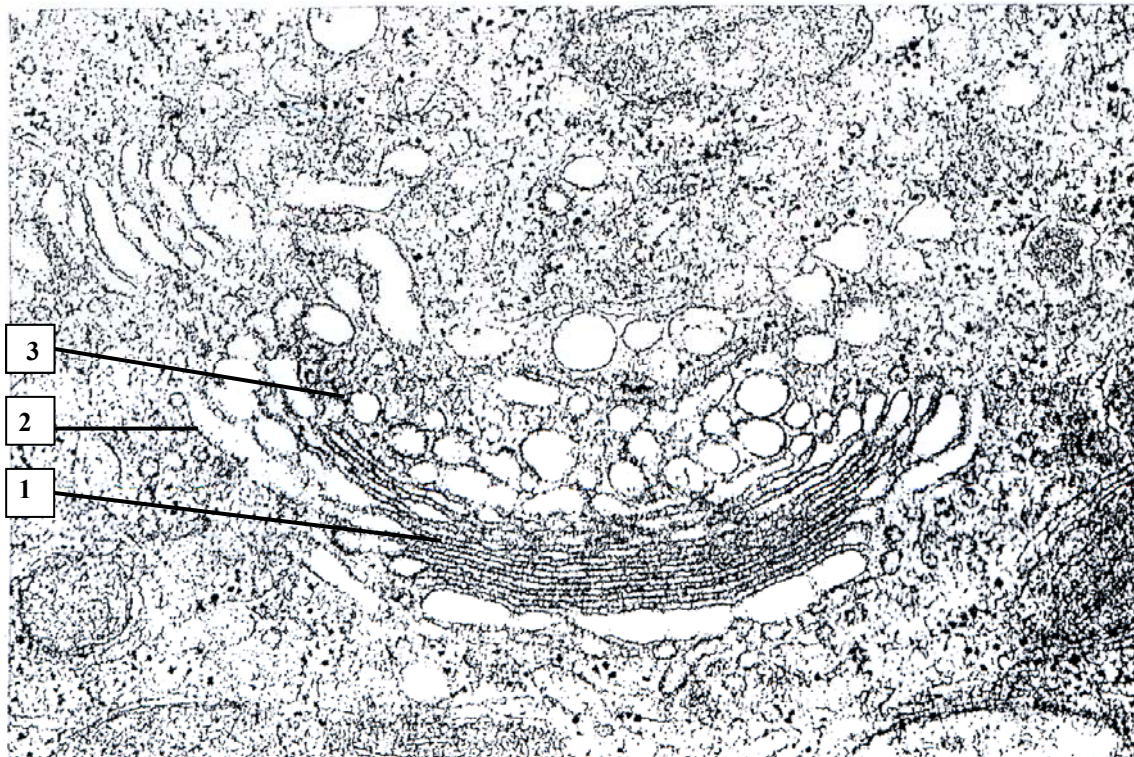


Рисунок 3 — Комплекс Гольджи

Увеличение в 65 000 раз. 1 — цистерны; 2 — вакуоли; 3 — пузырьки.

Десмосома на границе двух эпителиальных клеток

Десмосомы — один из контактов между кардиомиоцитами, эпителиальными и другими клетками, обеспечивающий их прочное сцепление. В межклеточной щели в области десмосомы располагается **электронно-плотный слой**, образованный взаимодействующими молекулами интегральных гликопротеинов (десмоглеинов) плазмолемм соседних клеток. Для сцепления используются катионы кальция. Со стороны гиалоплазмы в зоне десмосомы располагается электронно-плотный слой белка — десмоплакина, к которому прикрепляются промежуточные филаменты цитоскелета.

На рисунке 4 представлено несколько клеток шиповатого слоя эпидермиса. Места их контактов укреплены десмосомами.

Элементы десмосомы:

1. **Щель** между плазмолеммами контактирующих клеток. Она соответствует гликокаликсам соседних клеток. Щель в 4 раза шире, чем толщина плазмолеммы.

2. Электронно-плотная **полоска** соответствует линии, по которой переплетаются особые нити (филаменты), отходящие от *наружной поверхности* электронно-плотных пластинок на контактирующих цитолеммах.

3. Электронно-плотные **пластинки** или пластинки прикрепления — *утолщения плазмолеммы* контактирующих клеток за счет наложения на плазмолемму электронно-плотного материала с внутренней стороны (со стороны плазмоплазмы).

4. **Тонофиламенты** — это разновидность промежуточных филаментов, которые в эпителиальной ткани состоят из предшественников **кератина**. Каждый тонофиламент подходит к электронно-плотной пластинке и прошивает ее поворачивая обратно, *не прошивая плазмолемму насквозь*.

5. **Тонофибриллы** — это пучки тонофиламентов. Они видны не только в области десмосом, т. к. участвуют в образовании цитоскелета и кератина.

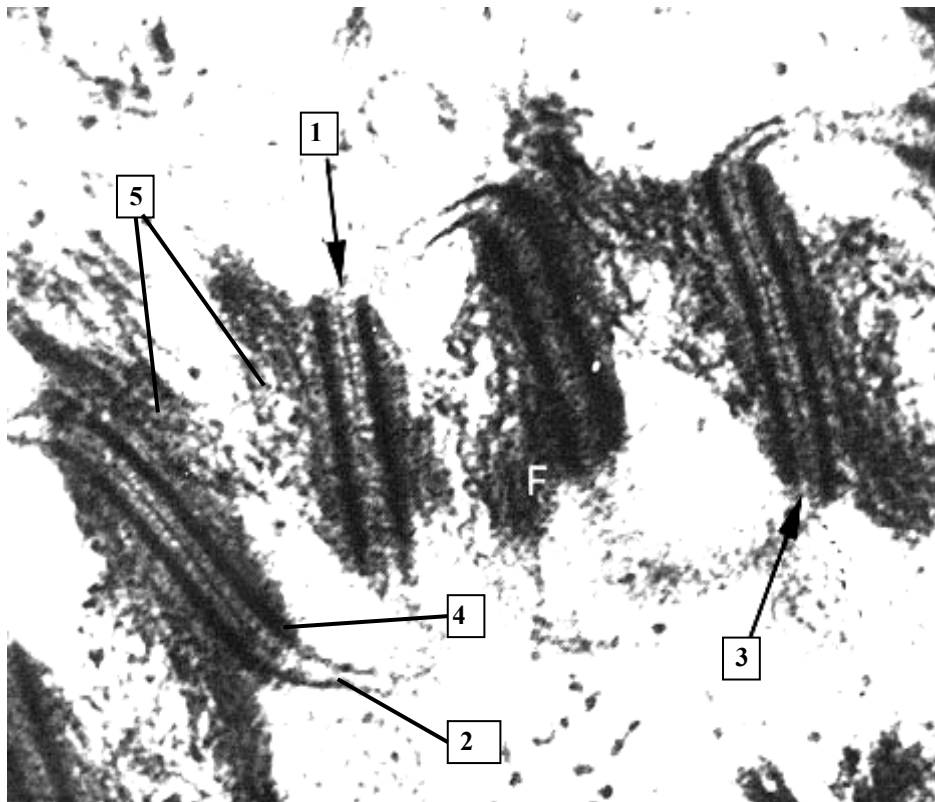


Рисунок 4 — Десмосома на границе двух эпителиальных клеток

Увеличение в 100 000 раз. 1 — десмосома; 2 — цитолеммы контактирующих клеток; 3 — электронноплотный слой десмосомы; 4 — прикрепительная пластинка; 5 — тонофиламенты.

Лизосомы

Лизосомы — это мембранные органеллы общего назначения, которые есть у всех клеток, кроме эритроцитов. Они представляют собой секреторные вакуоли, заполненные гидролитическими ферментами, необходимыми для процессов фаго- и аутофагоцитоза. Ферменты синтезируются на гранулярной ЭПС и транспортируются в КГ, где упаковываются в мембраны.

Классификация лизосом: эндосомы, первичные и вторичные лизосомы, аутофагосомы и остаточные тельца.

Эндосомы — это мембранные пузырьки, содержащие протеазы и образующиеся при эндоцитозе (фаго- или пиноцитозе). Здесь распадаются крупные комплексы: гормон-рецептор, антиген-антитело и т. д., а при дальнейшем закислении до pH — 5.5 начинается более глубокое переваривание. Эндосомы сливаются с гидролазными пузырьками.

Первичные лизосомы (гидролазные пузырьки) — это мелкие мембранные пузырьки, заполненные гомогенным мелкодисперсным содержимым (неактивными ферментами). Маркер первичных лизосом — кислая фосфатаза.

Вторичные лизосомы (фаголизосомы) образуются при слиянии первичных лизосом с эндосомами, т. е. это пищеварительные вакуоли. Вторичные лизосомы содержат активные ферменты. Строение вторичных лизосом разнообразно и изменяется в процессе расщепления. По форме вторичные лизосомы крупнее первичных, а их содержимое — однородное мелкозернистое (начало или завершение процесса переваривания), либо имеет различные структуры (переваривание только начинается или остались непереваренные остатки).

Аутофагосомы образуются при слиянии с лизосомой собственных структур клетки (внутриклеточная регенерация).

Остаточные тельца образуются при незавершенном фаго- и аутофагоцитозе. Имеют уплотненное содержимое. Например, липофусциновые гранулы, содержащие «пигмент старения», которые постепенно накапливаются в долгоживущих клетках — нейронах, кардиомиоцитах и мешают их работе.

Функции лизосом: переваривание фагоцитированного материала (клеточное пищеварение) и выделение непереваренных остатков.

При нарушении функции лизосом развиваются болезни накопления: врожденная недостаточность ферментов приводит к образованию в клетках непереваренных продуктов (гликогена, гликозаминогликанов и др.). Врожденное несовершенство лизосомальных мембран приводит к аутолизу клетки.

На рисунке 5 лизосомы крайне полиморфны, что затрудняет их идентификацию.

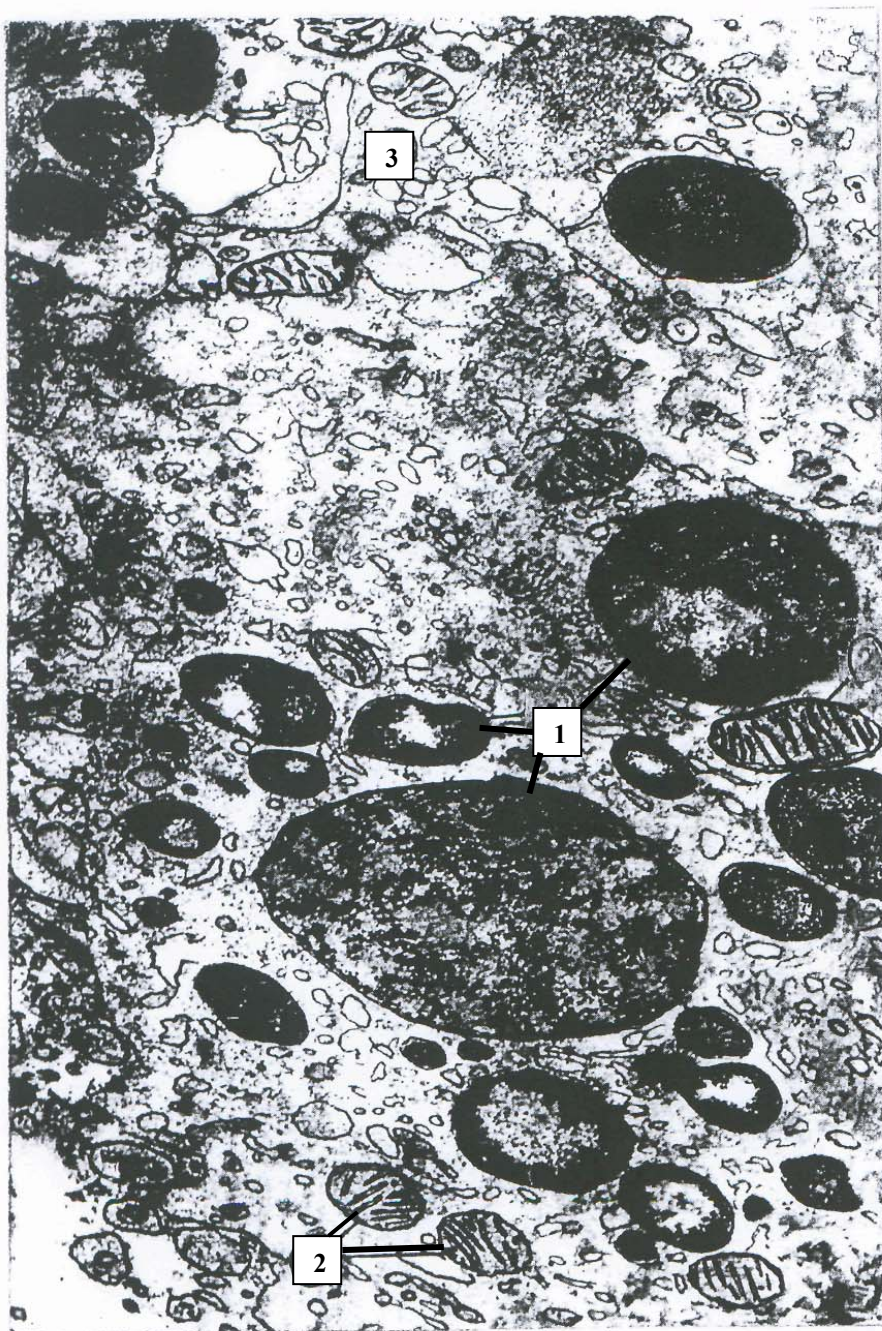


Рисунок 5 — Лизосомы

Увеличение в 26 000 раз. 1 — лизосомы с электронноплотными частицами; 2 — митохондрии; 3 — эндоплазматическая сеть.

Ядерная оболочка (кариолема)

Ядерная оболочка представляет собой часть внутриклеточной мембранной системы (совместно с гранулярной ЭПС и агранулярной ЭПС).

Она состоит из **двух мембран**, между которыми находится щелевидное **перинуклеарное пространство**, ширина которого зависит от функциональной активности клетки. Наружная мембрана на своей поверхности имеет рибосомы и окружена сетью виментиновых промежуточных филаментов. Внутренний листок гладкий, участвует в фиксации интерфазных хромосом. К внутреннему листку на всем протяжении, за исключением ядерных пор, прилегает тонкий пласт белковых филаментов (ядерная ламина), благодаря которому ядро не утрачивает формы даже после удаления кариолеммы (рисунок 6).

Кариолема выполняет две важные функции: формообразовательную и рецепторно-барьерно-транспортную.

В кариолемме есть **поры** — это сквозные туннели, образованные слившимися мембранами. Численность пор зависит от активности синтетических процессов в клетке. Поровые туннели закрыты поровыми комплексами, состоящими из трех компонентов: двух поровых колец (цитоплазматическое и ядерное), центральных спиц и центральной гранулы. Кольца состоят из 8 белковых глобул. От них к центральной грануле идут тонкие фибриллы (спицы). **Комплекс поры** обеспечивает строго избирательный транспорт макромолекул (рисунок 7).

Функции ядерной оболочки:

1. Барьера, отделяющего содержимое ядра от содержимого цитоплазмы.
2. Обеспечение связи между ядром и цитоплазмой.

В профазу митоза кариолема распадается на отдельные мембранные пузырьки и вновь собирается из этих пузырьков и элементов ЭПС во время телофазы.

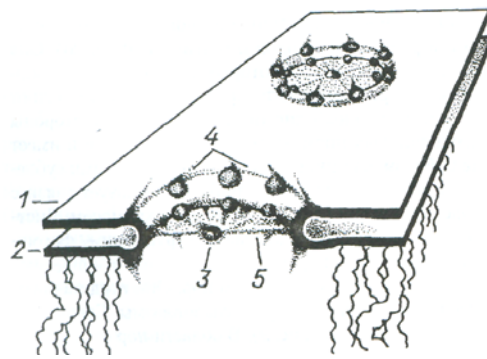


Рисунок 6 — Схема строения порового комплекса

1 — внешняя ядерная мембрана; 2 — внутренняя ядерная мембрана; 3 — центральная гранула; 4 — периферические гранулы; 5 — диафрагма.



Рисунок 7 — Ядерная оболочка (кариолемма)

Увеличение в 125 000 раз. 1 — ядро; 2 — ядерная оболочка (а — внутренняя ядерная мембрана; б — наружная ядерная мембрана); 3 — ядерные поры; 4 — мембраны гранулярной эндоплазматической сети.

Гранулярная эндоплазматическая сеть

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) — мембранная органелла общего назначения. Встречается практически у всех клеток (кроме зрелых спермиев). Особенно хорошо она развита у клеток, синтезирующих белок на экспорт (фибробласты, остеобласты, хондробласты, плазмоциты, ациноциты, гепатоциты). В этих клетках канальцы располагаются строго упорядоченно в виде эргастоплазмы.

ЭПС представлена **канальцами и цистернами**, которые анастомозируют и формируют в гиалоплазме трехмерную сеть. Гранулярная эндоплазматическая сеть на внешних поверхностях мембран содержит рибосомы. Цистерны имеют на рисунках вид трубочек, заполненных светлым содержимым. Ширина и количество канальцев и цистерн сети в клетках зависит от их функциональной активности (рисунок 8).

О степени развития гранулярной ЭПС можно судить по **базофилии цитоплазмы**, обусловленной присутствием большого количества рибосом. **Область гранулярной ЭПС всегда базофильна.** Синтез белка в гранулярной ЭПС происходит на рибосомах, а ее каналы и цистерны являются вместилищем и транспортными магистралями для перемещения белков в КГ для доработки. Рибосомы синтезируют все разнообразие клеточных белков. Упорядоченное расположение рибосом обеспечивает оптимальные условия для синтеза белка, т. к. образуется «конвейер», т. е. с одной стороны, а подаются исходные продукты, а с другой стороны, синтезированные полипептидные цепочки постоянно отводятся внутрь цистерн, где приобретают вторичную структуру. Поэтому эффективность работы гранулярной ЭПС выше, чем свободных рибосом.

В малодифференцированных и неспециализированных клетках гранулярная ЭПС слабо развита, в них преобладают свободные рибосомы, обеспечивающие синтез белков для роста и дифференцировки.

Функция: синтез мембранных и лизосомальных белков и белков, предназначенных на «экспорт» для других клеток, либо для внеклеточных физиологических реакций.

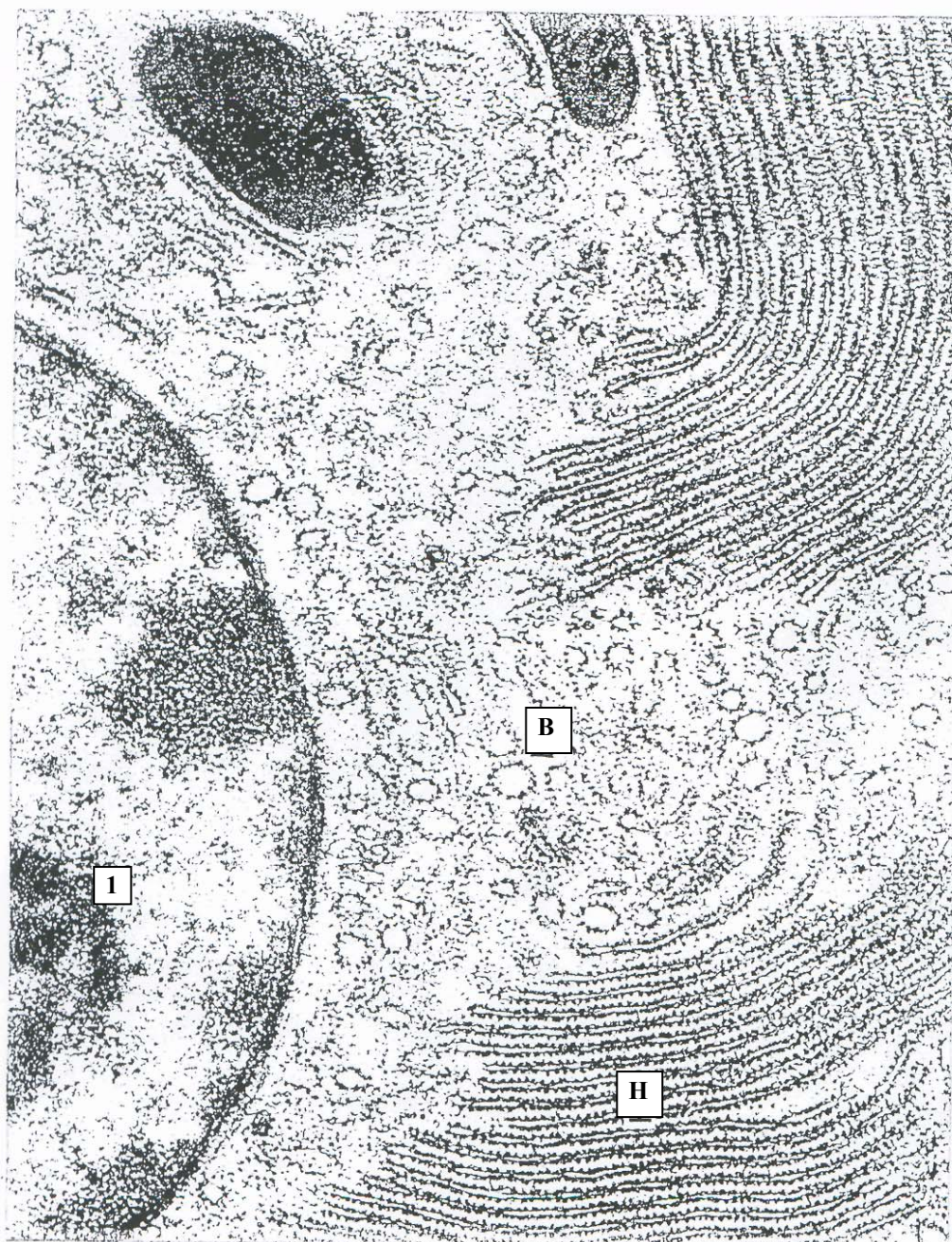


Рисунок 8 — Гранулярная эндоплазматическая сеть

Увеличение в 22 000 раз. 1 — ядро; H — цистерны ЭПС в продольном срезе; B — цистерны ЭПС в поперечном срезе.

Митохондрии с пластинчатыми кристами

Митохондрия — это двумембранная органелла общего назначения. Их количество в клетке колеблется от 50 до 1000 и более. В гиалоплазме митохондрии распределены диффузно: в специализированных клетках — в тех участках, где имеется наибольшая потребность в энергии (в мышечных элементах — вдоль сократительных филаментов); в кардиомиоцитах и миоимпластах — образуют множественные контакты.

В клетках митохондрии выполняют **функцию дыхания** и **энергообеспечения**. *Клеточное дыхание* — это последовательность реакций, с помощью которых для синтеза АТФ клетка использует энергию связей органических молекул, которые переносятся наружу, обмениваясь на молекулы АДФ, находящиеся вне митохондрий.

Митохондрия ограничена двумя мембранами — гладкой внешней и внутренней, имеющей, складки — кристы. Чем больше крист, тем активнее митохондрия. На **внутренней мембране** находятся ферменты дыхательной цепи и окислительного фосфорилирования. Ферменты сгруппированы в виде элементарных структур (оксисом), которые на поверхности мембран крист имеют вид шероховатостей при очень большом увеличении.

Межмембранное пространство — замкнутая полость, где накапливаются ионы H^+ .

Митохондриальный матрикс имеет мелкозернистое строение. В нем содержатся ферменты цикла трикарбоновых кислот; аппарат собственного белкового синтеза — митохондриальная ДНК в виде кольца, РНК, рибосомы — в виде мелких точек, ферменты (рисунок 9).

Возможности белкового синтеза ограничены — здесь синтезируются транспортные белки митохондриальных мембран и некоторые ферментные белки, участвующие в фосфорилировании АДФ. Просветление матрикса — признак старения митохондрий. Иногда в составе митохондрий обнаруживаются митохондриальные включения (осmioфильные тельца) — это резервы кальция. Жизненный цикл короткий, поэтому возможно как деление материнской митохондрии, так и почкование.

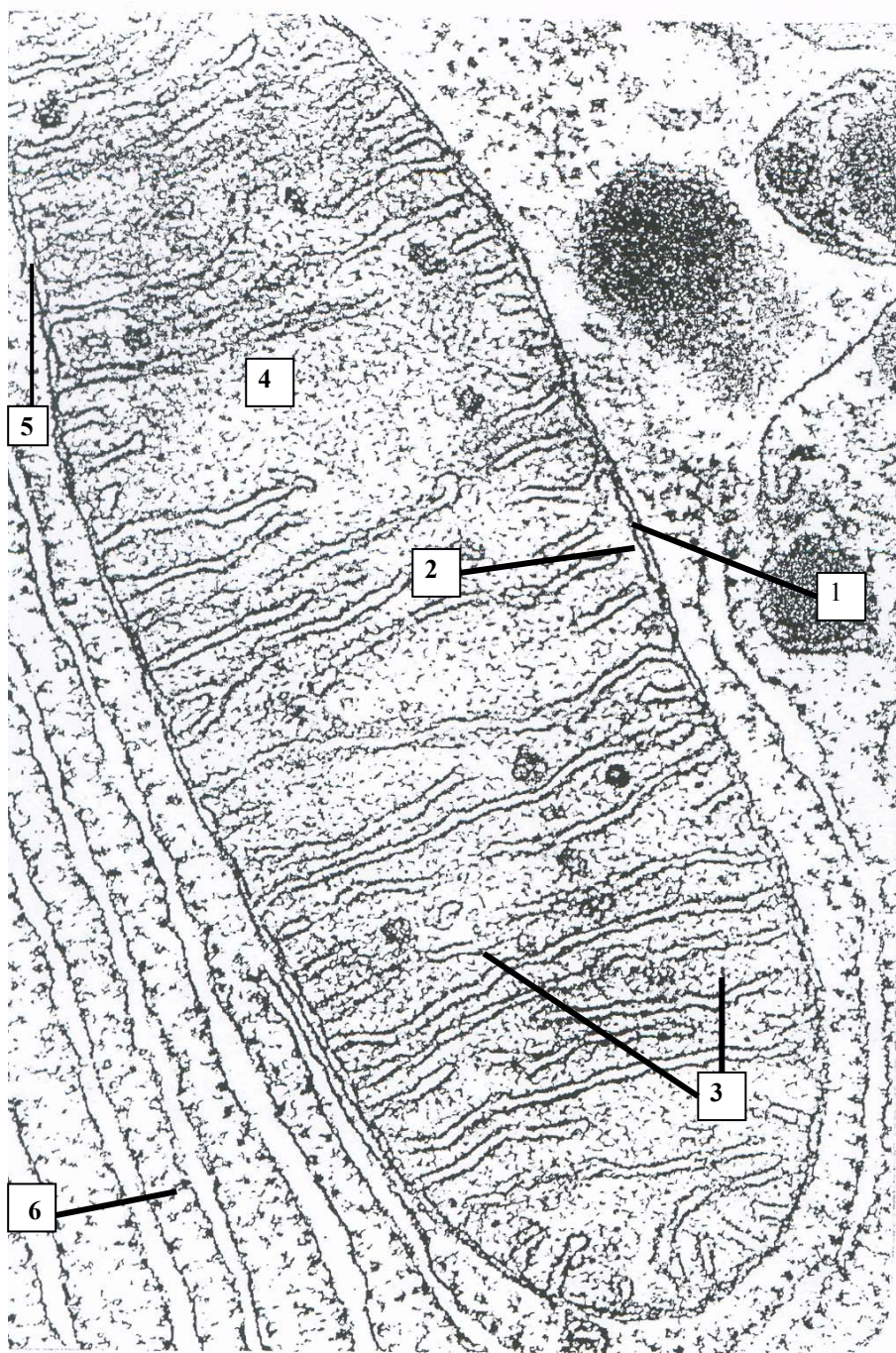


Рисунок 9 — Митохондрии с пластинчатыми кристами

Увеличение в 79 000 раз. 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — митохондриальные кристы; 4 — матрикс; 5 — межмембранное пространство; 6 — гранулярная ЭПС.

Митохондрии с везикулярными кристами

Митохондрии с везикулярными кристами — мембранная органелла специального назначения. Они находятся в клетках, синтезирующих стероидные гормоны (минералокортикоиды, глюкокортикоиды, андрогены, эстрогены, прогестерон).

Стероидпродуцирующие клетки развиваются из:

1) **целомического эпителия** — адренокортикоциты, фолликулярные клетки яичника и сустентоциты семенника;

2) **мезенхимы** — интерстициальные клетки яичника и яичка, тековые клетки яичника, мелкие лютеоциты.

Общий принцип строения этих митохондрий такой же, как и у митохондрий с пластинчатыми кристами. Основное отличие — внутренняя мембрана формирует **кристы в виде трубочек**, которые на срезах видны как отдельные пузырьки со светлым содержимым.

Состав ферментов, фиксированных на мембранах крист и расположенных в матриксе, отличается от обычного для митохондрий — присутствием ферментов, необходимых для синтеза стероидов и отсутствием ферментов аэробного окисления.

Митохондрии с везикулярными кристами не образуют энергию.

На рисунке 10 представлен фрагмент клетки из коркового вещества надпочечников. В этом участке цитоплазмы видны митохондрии с везикулярными кристами, структуры агранулярной ЭПС, липидные включения. Наличие данных органелл свидетельствует о синтезе стероидных гормонов. О высокой степени активности синтетических процессов свидетельствует присутствие в видимом фрагменте ядра дисперсного хроматина.

Функция митохондрий с везикулярными кристами: синтез стероидов на «экспорт».

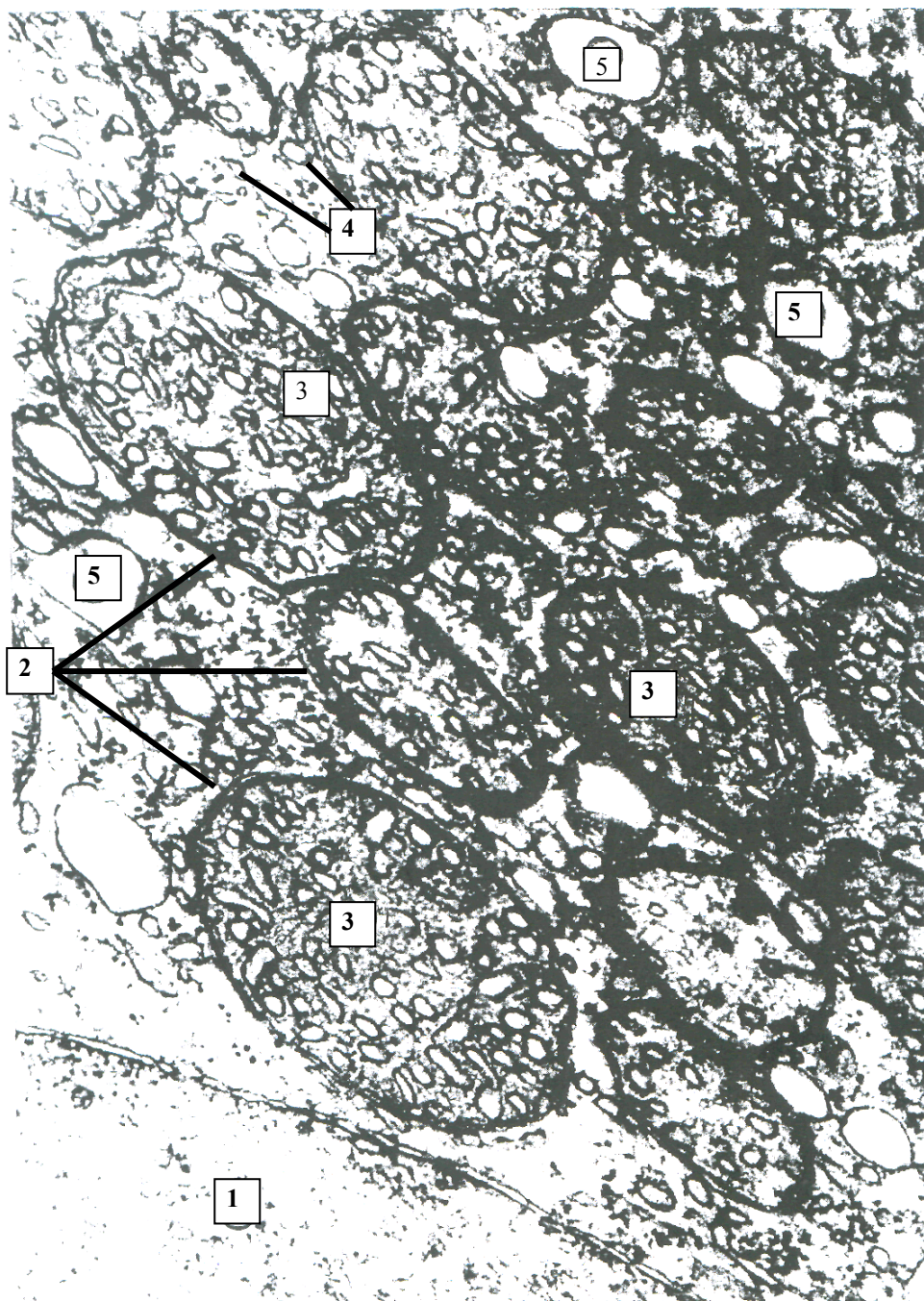


Рисунок 10 — Митохондрии с везикулярными кристами

Увеличение в 65 000 раз. 1 — ядро; 2 — митохондрии; 3 — вакуоли и кристы в митохондриях; 4 — вакуоли эндоплазматической сети; 5 — цистерны эндоплазматической сети.

Ооцит из фолликула яичника

Ооциты образуются из гонобластов, мигрировавших из стенки желточного мешка, **фолликулоциты** — из целомического эпителия половых шнуров.

Рост фолликула и **синтез эстрогенов** фолликулярными клетками регулируется **фоллитропином** гипофиза. Эстрогены стимулируют созревание ооцита. Для успешного оплодотворения овоцит должен встретиться со сперматозоидом в течение первых суток после овуляции.

На рисунке 11 представлен овоцит, окруженный фолликулярными клетками. Так как видна блестящая зона (в примордиальных фолликулах она отсутствует), следовательно, овоцит взят из растущего фолликула.

Также хорошо видны **оболочки овоцита**: **первичная** — плазмолемма, имеющая микровыросты, которые увеличивают поверхность контакта с фолликулярными клетками; **вторичная** — блестящая зона, состоящая из гликозаминогликанов и белков. Это продукт жизнедеятельности фолликулярных клеток и ооцита. Пронизана множеством канальцев, содержит отростки фолликулоцитов, которые обеспечивают трофику половой клетки; **третичная** — лучистый венец, образованный фолликулярными клетками. Фолликулоциты лежат в несколько рядов.

В центре клетки расположено **округлое ядро с ядрышком**. Овоцит находится в профазе мейоза 1, поэтому набор хромосом диплоидный. Ядерно-цитоплазматическое отношение у зрелой клетки — 1:500, а у данной клетки — ЯЦО 1:20, так как является «незрелой».

Цитоплазма содержит органеллы синтеза и митохондрии, мультивезикулярные тельца. **Отсутствует клеточный центр**. Содержит желточные (трофические) включения. Ооцит человека — олиголецитальная и вторично изолецитальная клетка. Под плазмолеммой расположены кортикальные гранулы, содержимое которых необходимо для образования оболочки оплодотворения.

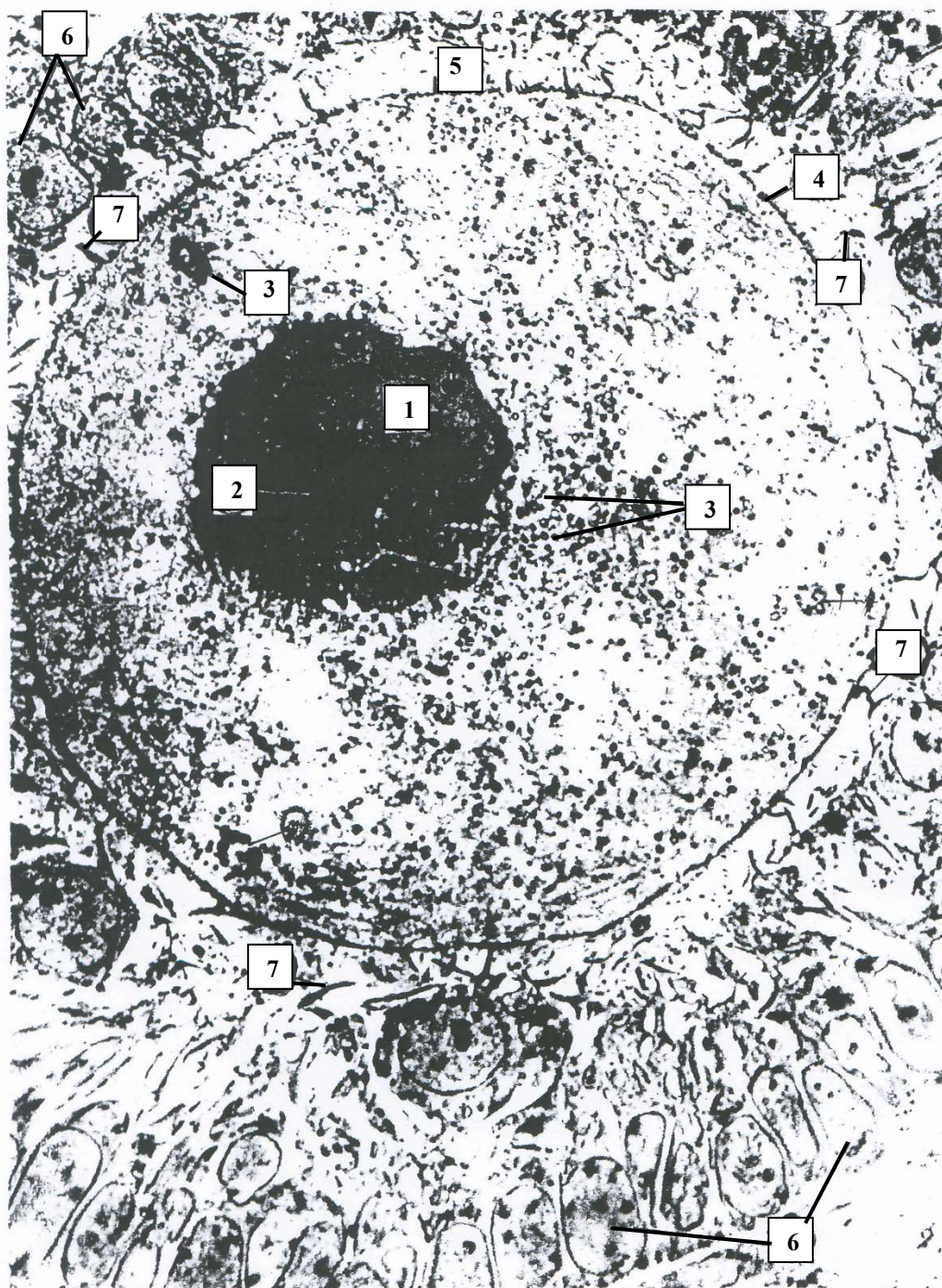


Рисунок 11 — Ооцит из фолликула яичника

Увеличение в 2 500 раз. 1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — желточные гранулы в цитоплазме; 4 — цитолемма; 5 — микроворсинки; 6 — фолликулярные клетки лучистого венца; 7 — блестящая (прозрачная) оболочка.

Сперматозоид

Сперматозоид является мужской половой клеткой. Состоит из **головки** и **хвоста**. Головка содержит **ядро** и чехлик с **акросомой**. Ядро заполнено гетерохроматином, ядрышек нет. В кариолемме нет ядерных пор. У сперматозоида отсутствует синтетическая активность. Ядро гаплоидно. $ЯЦО = 1:0,1-0,5$. Чехлик и акросома — видоизмененный комплекс Гольджи. Акросома содержит *акрозин* (разрушает блестящую зону), *пенетразу* (диссоциирует клетки лучистого венца), *гиалуронидазу*, *кислую фосфатазу*, *трипсин* (разрушает плазмолемму).

Хвост сперматозоида — это **жгутик**, имеющий строение реснички. В связующей части (шейке) находится проксимальная центриоль. **Промежуточная часть** (митохондриальное влагалище) содержит множество митохондрий, расположенных уложенных по спирали вокруг аксономы. Промежуточная часть отделена от головки передней частью дистальной центриоли, а от главной — задней частью. От передней части дистальной центриоли отходит аксонома.

Главная часть. На рисунке 12 представлен ее поперечный срез слева внизу. Главная часть сперматозоида состоит из 9 дулетов микротрубочек на периферии и двух в центре. **Терминальная часть** состоит из микрофиламентов (на фото отсутствует).

Источником образования **сперматозоидов** являются **гонобласты**, мигрировавшие из стенки желточного мешка. **Созревание** сперматозоидов **стимулируется фоллитропином** гипофиза и **тестостероном** интерстициальных клеток.

Сперматозоиды должны быть мобильны, поэтому практически лишены большинства органелл, кроме митохондрий, дающих энергию, акросомы с ферментами и центриолей.

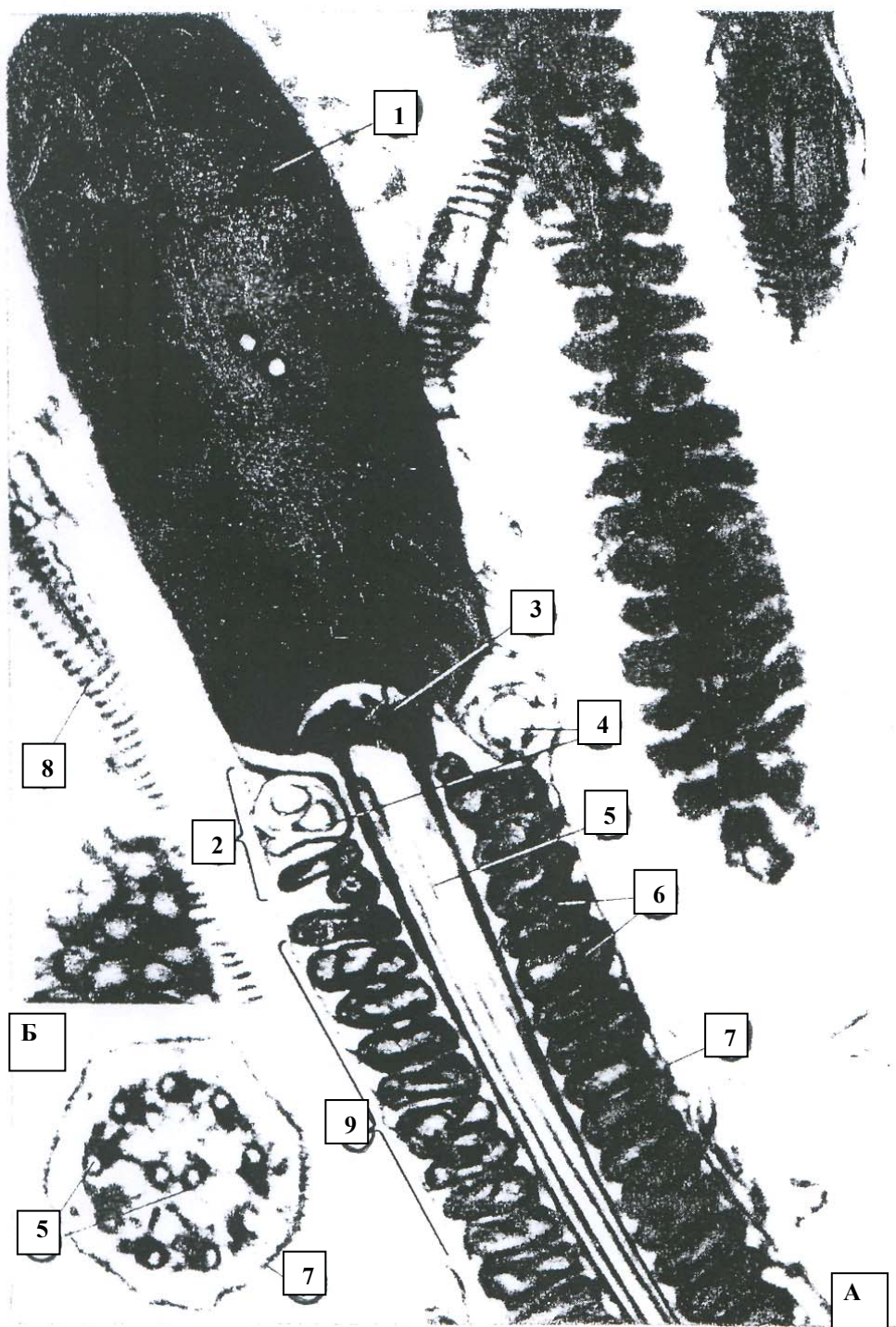


Рисунок 12 — Сперматозоид

Увеличение: А — в 21 500 раз; Б — в 14 000 раз. 1 — ядро; 2 — шейка; 3 — проксимальная центриоль; 4 — кольцо дистальной центриоли; 5 — осевые нити; 6 — митохондрии; 7 — клеточная оболочка; 8 — хвостик; 9 — связующий отдел.

РАЗДЕЛ II. ОБЩАЯ ГИСТОЛОГИЯ

Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит

Нейтрофильный лейкоцит — наиболее многочисленный тип лейкоцитов (45–75 %). Форма клетки изменчива. Цитоплазма слабо оксифильна. В цитоплазме присутствуют многочисленные гранулы, которые воспринимают как кислые, так и основные красители. Выделяют специфические и неспецифические азурофильные гранулы. **Неспецифические** возникают первыми, соответствуют специализированным **лизосомам** и содержат не менее 10 белков-ферментов, уничтожающих микроорганизмы. **Специфические** появляются позднее (80–90 % от общего числа), обладают антибактериальными свойствами (содержат бактерицидные вещества — **щелочную фосфатазу, лактоферрин, лизоцим** и др.).

В зависимости от степени дифференцировки различают **юные** (ядро бобовидное), **палочкоядерные** (подковообразные ядра), **сегментоядерные** (разделенные на 3–5 сегментов ядра) нейтрофилы. Хроматин конденсирован. У женщин иногда видна барабанная палочка (половой хроматин). Сегментированные ядра облегчают миграцию в тканях.

Нейтрофилы содержат небольшое количество митохондрий и много гликогена. Путем гликолиза они получают энергию, поэтому могут существовать в бедных кислородом тканях. **Количество органелл минимально**, поэтому нейтрофил не способен к продолжительному существованию и после единственной вспышки активности погибает, образуя гной.

Нейтрофилы мигрируют в очаг инфекции и в течение нескольких секунд после стимуляции резко увеличивают потребление кислорода («кислородный взрыв»). При этом образуются **токсичные для бактерий перекись водорода, супероксид кислорода, гидроксильный радикал**.

Обладают выраженной фагоцитарной активностью (**микрофаги**) и участвуют в острой воспалительной реакции. **Главная функция** — разрушение **тканевых обломков и микроорганизмов**.

При мышечной работе экстремальных состояниях организма, гнойных воспалениях наблюдается нейтрофильный лейкоцитоз (рисунок 13).



Рисунок 13 — Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит

Увеличение в 12 000 раз. 1 — сегменты ядра; 2 — перемычки между сегментами ядра; 3 — специфические нейтрофильные гранулы в цитоплазме; 4 — эндоплазматическая сеть; 5 — митохондрии.

Эозинофильный лейкоцит

Эозинофильные лейкоциты составляют 1–5 % от общего количества лейкоцитов. Клетки диаметром 10–12 мкм имеют округлую форму. Ядра зрелых эозинофилов, как правило, имеют **2 сегмента**. Живут 3–10 часов в крови и до 2 недель в тканях.

На рисунке 14 представлен **эозинофильный лейкоцит** с типичным ядром. В ядре преобладает эухроматин, т. к. синтетические процессы в клетке не завершены — в цитоплазме эозинофила накапливаются специфические гранулы.

В цитоплазме эозинофильных лейкоцитов присутствует ЭПС, КГ, свободные рибосомы, митохондрии, много гликогена. В цитоплазме содержатся гранулы 2-х видов: специфические **эозинофильные** и **азурофильные**. Специфические бывают крупные и мелкие. В крупных гранулах в центре находится **кристаллоид** (содержит антипаразитарные белки и ферменты, похожие на ферменты лизосом) и **электронно-прозрачный матрикс**.

Функции:

- **антипаразитарная** (основной белок может разрушать оболочку паразита);
- **антигистаминная** (поглощение и разрушение гистамина, выделяемого тучными клетками);
- **связывание комплексов антиген-антитело**;
- **фагоцитируют** бактерии.

При аллергических и воспалительных реакциях, глистных инвазиях, интоксикациях наблюдается увеличение количества эозинофилов (до 20–40 %). Эозинофилы исчезают при тяжелых заболеваниях, а их последующее появление — признак улучшения состояния («заря выздоровления»).

Вещества, секретируемые эозинофилами, могут повреждать нормальные ткани. Продукты секреции повреждают бронхиальный эпителий, активируют комплемент и систему свертывания крови.

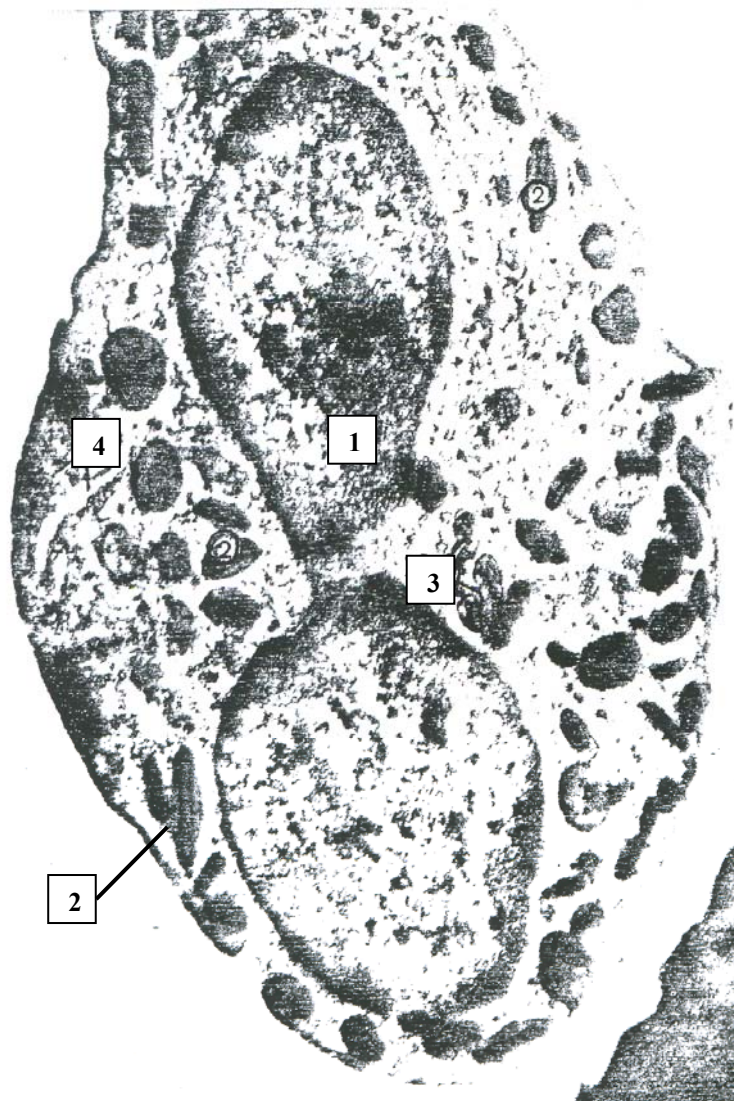


Рисунок 14 —Эозинофильный лейкоцит

Увеличение в 28 000 раз. 1 — сегменты ядра; 2 — специфические гранулы в цитоплазме; 3 — митохондрии 4 — эндоплазматическая сеть.

Базофильный лейкоцит

Базофильные лейкоциты составляют 0–1 % от общего числа лейкоцитов. Размер 8–10 мкм, округлой формы. В крови циркулируют 1–2 дня. Продолжительность жизни неизвестна. Ядро базофильных лейкоцитов слабодольчатое, S-образное, плохо различимое из-за обилия секреторных базофильных гранул, содержащих все органеллы и включения гликогена. Гранулы — азурофильные неспецифические (лизосомы) и специфические метакроматически окрашивающиеся. В специфических гранулах содержатся **гепарин, гистамин и медиаторы воспаления**.

При воздействии стресс-факторов возникает взаимодействие рецепторов базофила с иммуноглобулином E (IgE). Это приводит к быстрому экзоцитозу содержимого гранул (**дегрануляция базофилов**). Выделение гистамина и других вазоактивных факторов, окисление арахидоновой кислоты приводит к развитию воспалительных или аллергических реакций. **Гепарин препятствует свертыванию крови, гистамин повышает проницаемость сосудистой стенки** и влияет на сократимость гладких миоцитов и секрецию glanduloцитов. Базофильные лейкоциты и тучные клетки во многом сходны.

Хемотаксические факторы обеспечивают направленную миграцию базофилов к очагу воспаления. Базофилия наблюдается при системных заболеваниях крови.

На рисунке 15 в клетке видны: слабо сегментированное ядро, содержащее гетерохроматин, т. к. синтетические процессы не протекают в зрелых клетках; крупные базофильные гранулы — в цитоплазме. Включения гликогена — мелкие и не окружены мембраной.



Рисунок 15 — Базофильный лейкоцит

Увеличение в 18 000 раз. 1 — дольчатое ядро с глыбками гетерохроматина; 2 — специфические гранулы в цитоплазме; 3 — гранулы гликогена.

Тромбоцит

Кровяные пластинки или тромбоциты представляют собой безъядерные фрагменты цитоплазмы клеток красного костного мозга — мегакариоцитов. Их число составляет $200\text{--}300 \times 10^9$ в 1 л. Размер 2–3 мкм. Продолжительность жизни — 5–8 суток. Имеют форму овального двояковыпуклого диска.

Тромбоцит состоит из центральной части — **грануломера** и периферической части — **гиаломера**. Грануломер включает митохондрии, элементы КГ, рибосомы, гранулы гликогена, ферменты аэробного и анаэробного дыхания (рисунок 16).

Плазматическая мембрана содержит гликопротеины, которые выполняют роль рецепторов и связывают фактор фон Виллебранда. Тромбоциты окружены толстым волокнистым гликокаликсом, который образует фибриллярные мостики между мембранами тромбоцитов при их агрегации. В его состав входят кальций и АДФ, усиливающие адгезию и агрегацию.

Цитоскелет содержит актин, миозин и другие kontraktilные белки, участвующие в сокращении тромбоцита и **ретракции тромба**. Для поддержания формы служат пучки микротрубочек, расположенные циркулярно под плазмолеммой. В цитоплазме располагаются мембранные трубочки плотной тубулярной сети. Благодаря микротрубочкам и микрофиламентам возможно образование псевдоподий и сохранение формы.

Выделяют 4 типа гранул: α , β , γ и микропероксисомы. Содержат фибриноген, тромбоглобулин, фактор свертывания, гистамин, серотонин, ионы кальция, магния, АТФ и др.

Функционально ведущей системой тромбоцитов является рецепторно-трансдукторная. Активация пластинок вызывает возникновение на их поверхности отростков, с помощью которых они соединяются в конгломераты. Вокруг них возникают нити фибрина. Из тромбоцитов выделяется сократимый белок тромбостенин, который вызывает сжатие фибринового сгустка.

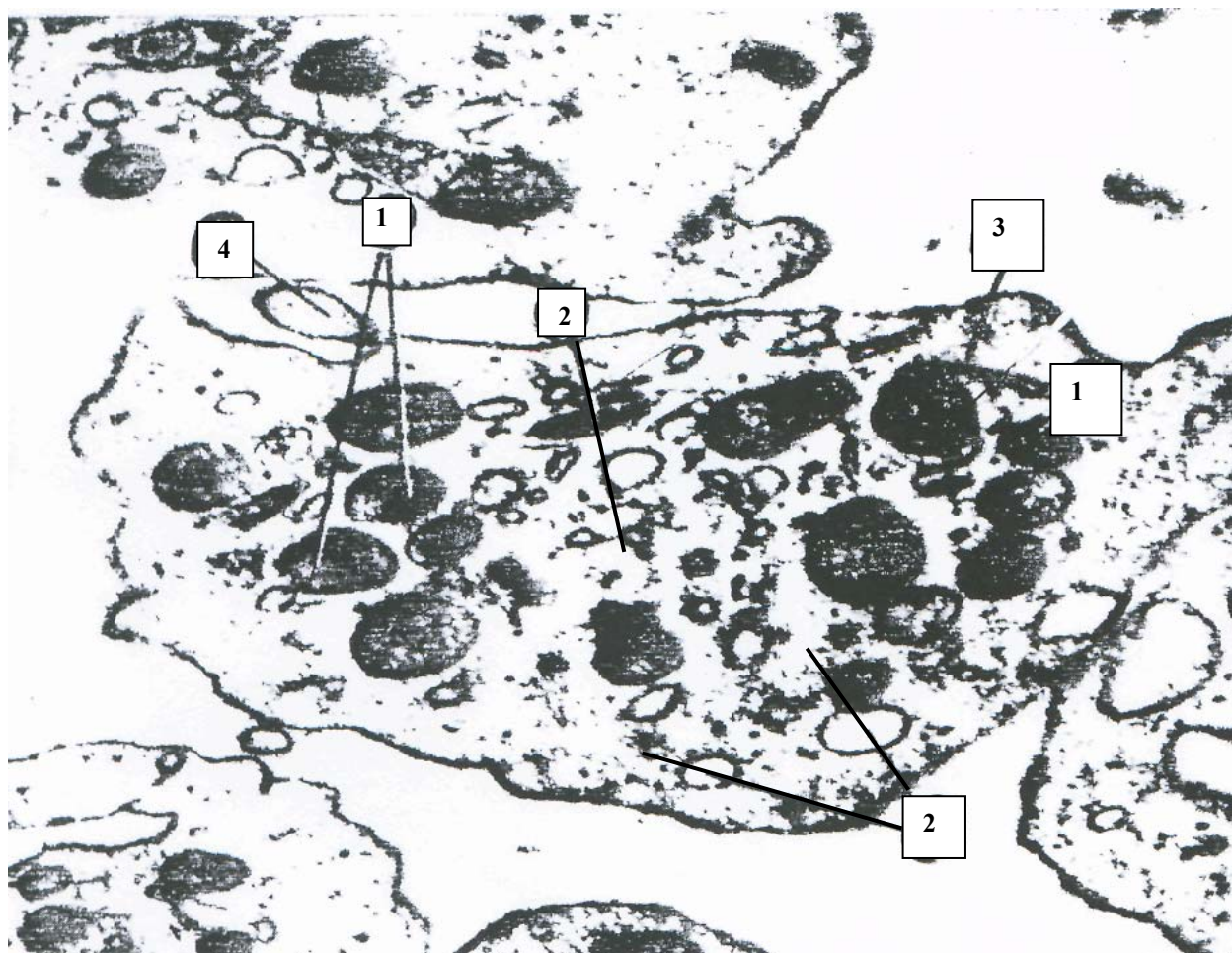


Рисунок 16 — Тромбоцит

Увеличение в 35 000 раз. 1 — гранулы; 2 — глыбки гликогена; 3 — эндоплазматическая сеть; 4 — отростки тромбоцита.

Лимфоцит

Лимфоцит — относится к незернистым лейкоцитам и составляет 18–35 % от их общего числа. Срок жизни — от нескольких месяцев до нескольких лет. Специфической зернистости не наблюдается, а есть только азурофильная (первичные лизосомы). 98 % лимфоцитов находится в тканях. По размерам выделяют малые, средние и большие лимфоциты.

Лимфоциты участвуют в реакциях клеточного и гуморального иммунитета. На рисунке 17 представлен малый лимфоцит, имеющий базофильную цитоплазму, окружающую узким ободком округлое ядро. Под кариеолеммой расположен гетерохроматин, а в центре — эухроматин. В цитоплазме органелл мало, т. к. в ней не происходит активных синтетических процессов. Присутствуют немногочисленные митохондрии, ЭПС, рибосомы, лизосомы.

По функции выделяют несколько видов: **Т-лимфоциты**, **В-лимфоциты** и **НК-клетки**.

Т-лимфоциты дифференцируются на: **Т-киллеры**, **Т-хелперы**, **Т-супрессоры**, **Т-амплифайеры**, **Т-клетки памяти**.

Т-киллеры — эффекторные клетки клеточного иммунитета. Обследуют поверхность клеток в поисках нужного эпитопа и при помощи перфоринов и гранзимов вызывают гибель клетки-мишени.

Т-хелперы стимулируют бласттрансформацию Т- и В-лимфоцитов. **Т-супрессоры** подавляют реакцию бласттрансформации. Т-амплифайеры стимулируют другие субпопуляции лимфоцитов. **Т-клетки памяти** долгое время сохраняют информацию об антигене.

В-лимфоциты дифференцируются на плазмоциты и В-клетки памяти. **Плазмоцит** — это клетка эффектор гуморального иммунитета, синтезирует антитела.

НК-клетки — натуральные киллеры. Морфологически это большие лимфоциты с бобовидным ядром и азурофильными гранулами. Клетками мишенями для них являются опухолевые клетки; клетки, поврежденные вирусами, бактериями, простейшими; стареющие клетки. Механизм уничтожения сходен с Т-киллерами, но более активный, не требует распознавания молекул МНС.

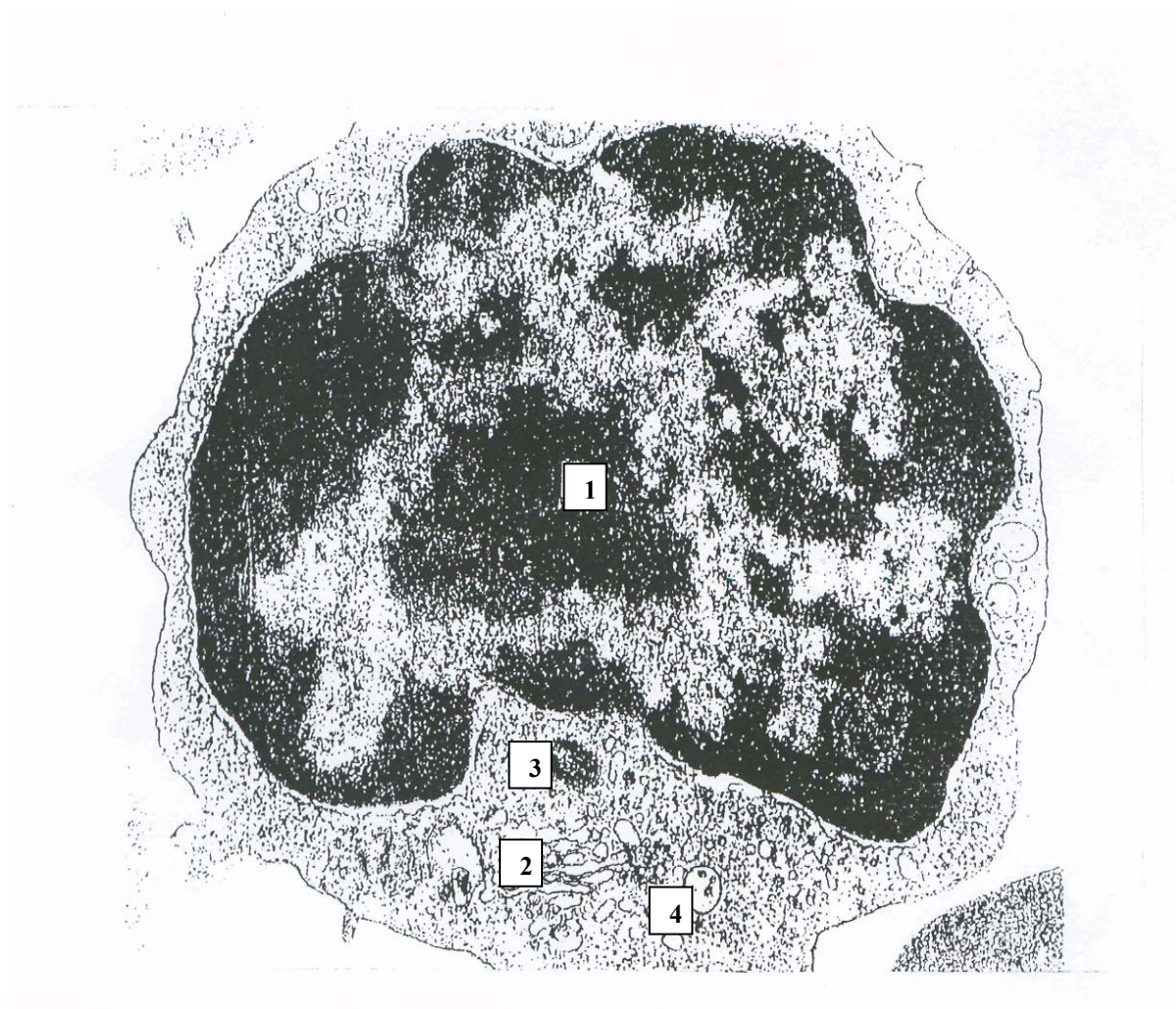


Рисунок 17 — Лимфоцит

Увеличение в 23 000 раз. 1 — ядро; 2 — комплекс Гольджи; 3 — центриоли; 4 — вакуоли.

Плазматическая клетка

Плазматическая клетка является клеткой рыхлой неоформленной волокнистой соединительной ткани. Плазматическая клетка характеризуется округлой формой, небольшой продолжительностью жизни и образуется из В-лимфоцитов при участии Т-лимфоцитов хелперов. Ее диаметр составляет 10–12 мкм. Особенно много плазматических клеток в периферических лимфоидных органах, слизистых оболочках и строме экзокринных желез. В кровотоке плазмоциты не циркулируют.

Округлое **ядро** содержит гетеро- и эухроматин, расположенный радиально, поэтому ядро имеет вид «**колеса со спицами**» (рисунок 18). Наличие эухроматина и ядрышка свидетельствуют об активных процессах синтеза.

Цитоплазма резко **базофильна**, содержит много рибонуклеопротеинов, а также цистерны ЭПС, расположенных циркулярно. Около ядра есть «**светлый дворик**» — менее базофильный участок, в котором находится комплекс Гольджи и центриоли. Секреторных гранул нет, поскольку продуцируемые **антитела (иммуноглобулины)** сразу выделяются путем экзоцитоза. Каждую секунду клетка производит тысячи молекул антител. Плазмоцит вырабатывает иммуноглобулины, строго специфические для того антигена, который вызвал дифференцировку. **Антитела** связываются с антигенами и включают разнообразные механизмы их уничтожения (опсонизация, запуск комплемента и др.).

Плазмоцит — это клетка-эффектор гуморального иммунитета.

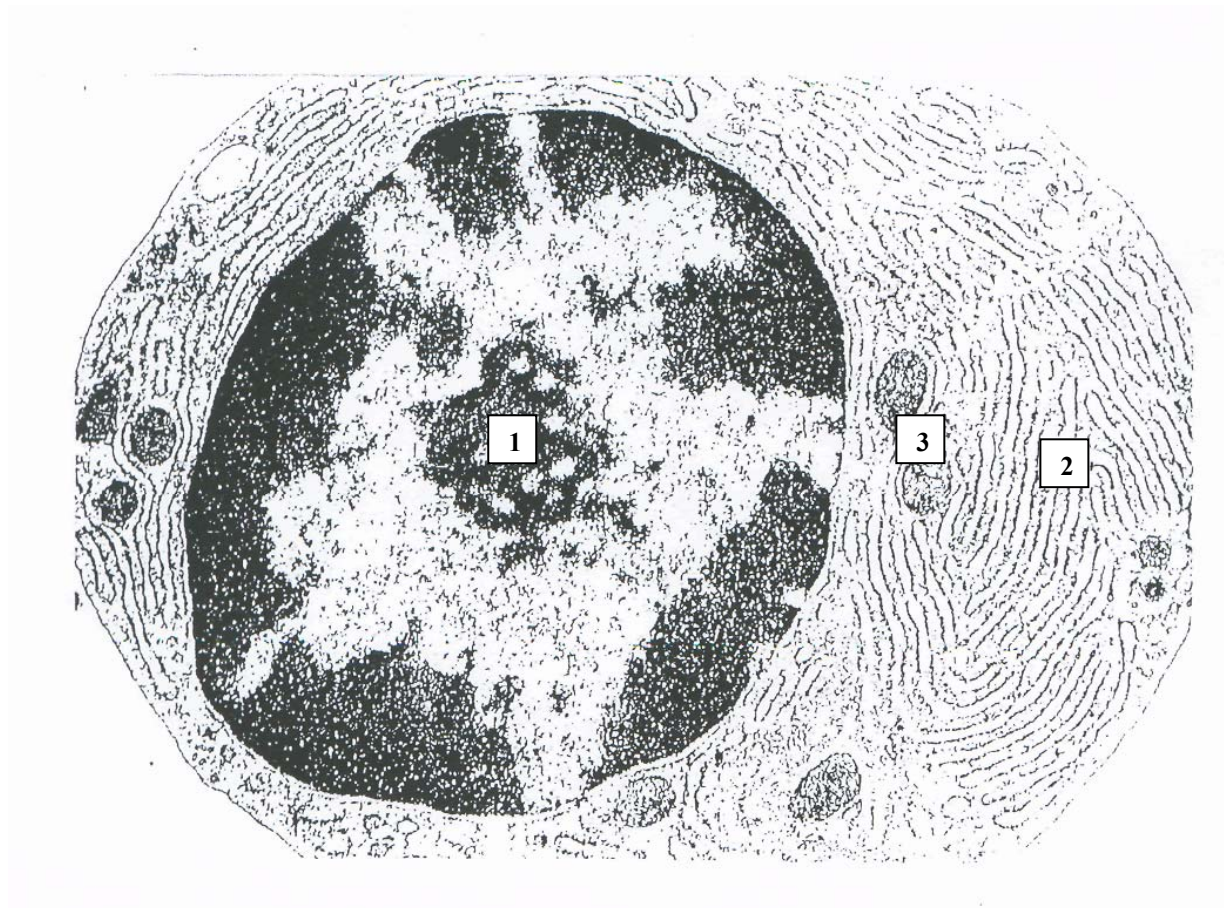


Рисунок 18 — Плазматическая клетка

Увеличение в 16 000 раз. 1 — ядро; 2 — эндоплазматическая сеть; 3 — митохондрии.

Фибробласт

Фибробласты — основные клетки соединительной ткани, продуцирующие компоненты межклеточного матрикса. Они участвуют в заживлении ран, способны к пролиферации и миграции. Форма клеток разнообразна: от веретеновидной до звездчатой. На рисунке 19 представлены **фрагмент фибробласта и межклеточное вещество** соединительной ткани. **Функция фибробластов** — *синтез межклеточного вещества*. Поэтому фибробласт имеет строение клетки, вырабатывающей белок «на экспорт».

Ядро фибробласта имеет овальную форму и содержит равномерно распыленный хроматин и ядрышки (свидетельство высокой активности считывания информации с ДНК и образования рибосом).

Цитоплазма молодых фибробластов **базофильна**. В ней хорошо развита гранулярная ЭПС. Количество цистерн велико, они расположены параллельно и несут большое количество рибосом (синтез тропоколлагена и эластина). Много свободных рибосом и полисом. Митохондрии крупные.

Хорошо развит комплекс Гольджи. Много мелких секреторных гранул. Многочисленные лизосомы содержат различные ферменты, в том числе и коллагеназу, что необходимо для устранения дефектов коллагеногенеза.

Хорошо развита и агранулярная ЭПС (синтез гликоаминогликанов). Слабо окрашенная эктоплазма (на периферии) занята микротрубочками и микрофиламентами цитоскелета.

Межклеточное вещество соединительной ткани представлено коллагеновыми волокнами (продольные и поперечные срезы) и аморфным компонентом.

Фибробласты также вырабатывают *колониестимулирующий фактор* гранулоцитов и макрофагов. Фибробласты красного костного мозга секретируют *интерлейкины (ИЛ-3, ИЛ-7)*. Фибробласты активируются макрофагами, активно пролиферируют и *мигрируют к очагу воспаления*, связываясь с фибриллярными структурами через фибронектин.



Рисунок 19 — Фибробласт

Увеличение в 18 000 раз. 1 — ядро; 2 — митохондрии, 3 — эндоплазматическая сеть; 4 — коллагеновые фибриллы.

Коллагеновое волокно

Коллагеновые волокна — основной тип волокон, который встречается в межклеточном веществе большинства соединительных тканей. Их синтезируют фибробласты. Коллаген придает ткани прочность. Для синтеза коллагена необходим витамин С. Интенсивнее коллагеногенез идет в условиях пониженной концентрации кислорода.

Процесс образования коллагена состоит из следующих этапов:

1. На гранулярной ЭПС синтезируются полипептидные цепочки, в которых встроено много полярных аминокислот.

2. Синтезированные молекулы попадают в полость цистерны гранулярной ЭПС, где скручиваются в спирали по 3 штуки, тройная спираль называется **проколлаген**.

3. Проколлаген поступает в КГ, образуются секреторные гранулы и выделяются на поверхность экзоцитозом.

4. От каждой молекулы отделяется концевой участок, необходимый для транспортировки, и в результате образуется нерастворимый **тропоколлаген**.

5. Молекулы тропоколлагена в межклеточном пространстве связываются водородными связями и образуется **микрофибрилла**. Водородные связи образуются строго упорядоченно между боковыми поверхностями молекул, смещая их относительно друг друга. Уже на уровне микрофибриллы видна поперечная исчерченность.

6. К боковым поверхностям микрофибриллы присоединяются новые молекулы тропоколлагена и она становится все толще. К ней присоединяются гликозаминогликаны — образуется **фибрилла** (утолщенная микрофибрилла +гликозаминогликаны).

7. При дальнейшем утолщении фибриллы по тому же механизму образуется **коллагеновое волокно**.

Уровни укладки коллагена:

1. молекулярный (клеточный);
2. надмолекулярный — протофибриллы и микрофибриллы;
3. фибриллярный;
4. волоконный.

Исчерченность вторичная — это чередование темных и светлых полос поперек волокна. Она обусловлена тем, что *укладка молекул тропоколлагена происходит со смещением*. На некоторых участках волокно заполнено молекулами тропоколлагена полностью, а в других — с промежутками. Светлые полосы соответствуют полностью заполненным тропоколлагеном участкам, темные — участкам с промежутками.

Исчерченность первичная — в пределах широких полосок видны тонкие темные линии, идущие поперек волокна. Она обусловлена *различной полярностью аминокислот в молекуле тропоколлагена*.

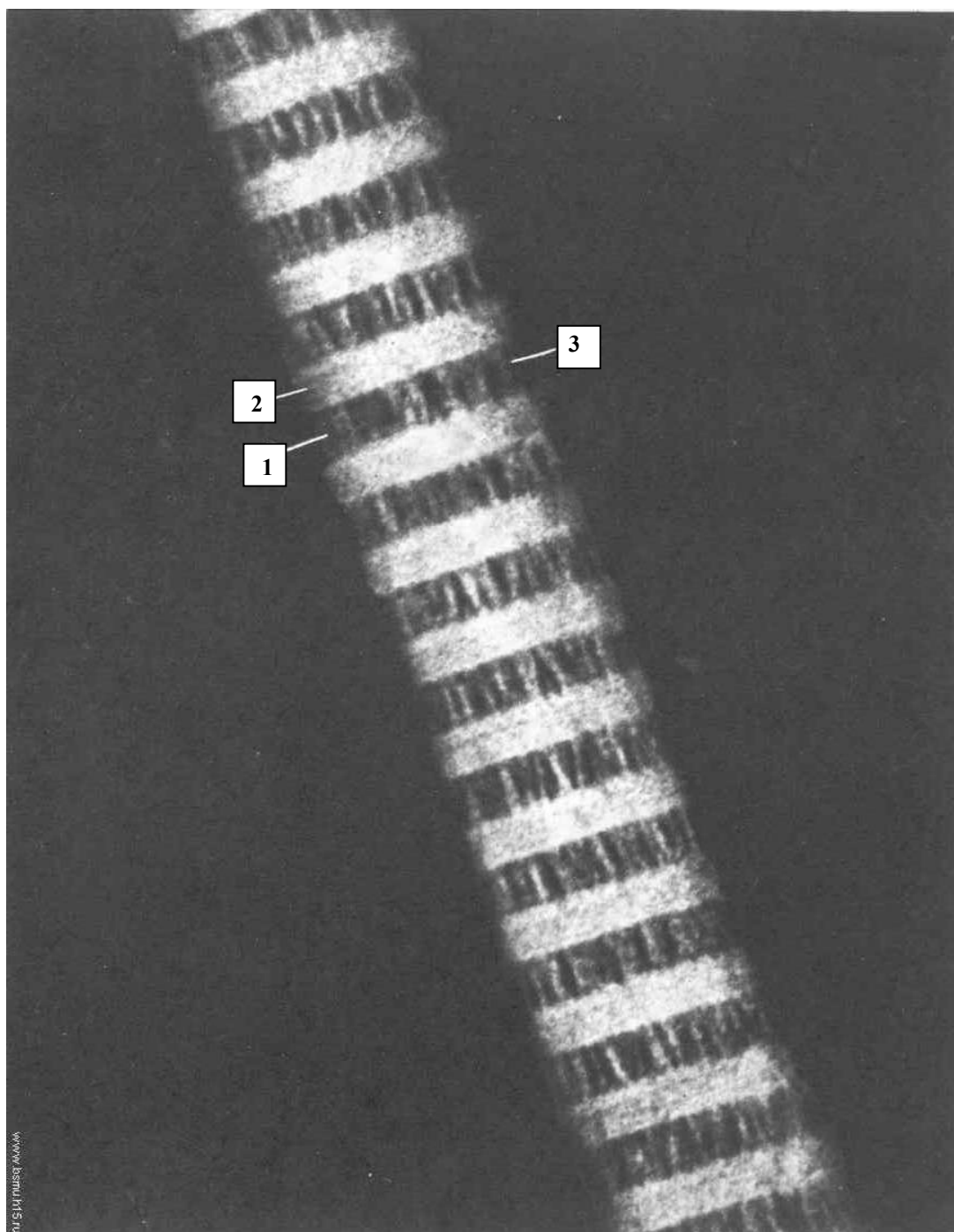


Рисунок 20 — Коллагеновое волокно

Увеличение в 160 000 раз. Негативное окрашивание фосфорно-вольфрамовой кислотой при рН 7,4. 1 — темная полоса; 2 — светлая полоса; 3 — тропоколлаген (первичная исчерченность).

Клетка бурой жировой ткани

Жировая ткань относится к соединительным тканям со специальными свойствами и развивается из **мезенхимы**. После рождения — обновление идет за счет адвентициальных клеток.

Различают два вида жировой ткани: **белую и бурую**. Бурая жировая ткань характерна лишь для раннего детского возраста, а у взрослых может находиться в средостении, вдоль аорты. Белая жировая ткань встречается в подкожной жировой клетчатке, в сальниках, в строме внутренних органов, а также орбитах.

Белая жировая ткань состоит из адипоцитов (липоцитов), содержащих одну крупную каплю жира. Липоциты имеют округлую форму, в центре — крупная капля жира, а вокруг — узкий ободок цитоплазмы, содержащий митохондрии, комплекс Гольджи, ЭПС и палочковидное ядро. **Белая жировая ткань** — обеспечивает поглощение из крови, синтез и накопление нейтральных липидов. Она выполняет *трофическую* функцию, связанную с обеспечением *энергетического запаса* и *резерва воды* в организме.

Клетки **бурой жировой ткани** содержат мелкие капельки жировых включений, много митохондрий с пластинчатыми кристами. Округлое ядро, содержащее эухроматин, находится в центре клетки. Бурый цвет придают железосодержащие пигменты — **цитохромы митохондрий**. Клетки бурой жировой ткани окружены **многочисленными капиллярами**. **Функцией бурой жировой ткани** является участие в терморегуляции.

На рисунке 21 представлен фрагмент адипоцита бурой жировой ткани, содержащий участок цитоплазмы и часть ядра. На нем видно ядро округлой формы расположенное в центре клетки и содержащее эухроматин; поры содержащиеся в кариолемме; многочисленные митохондрии с пластинчатыми кристами; липидные включения, заполненные гомогенным содержимым.

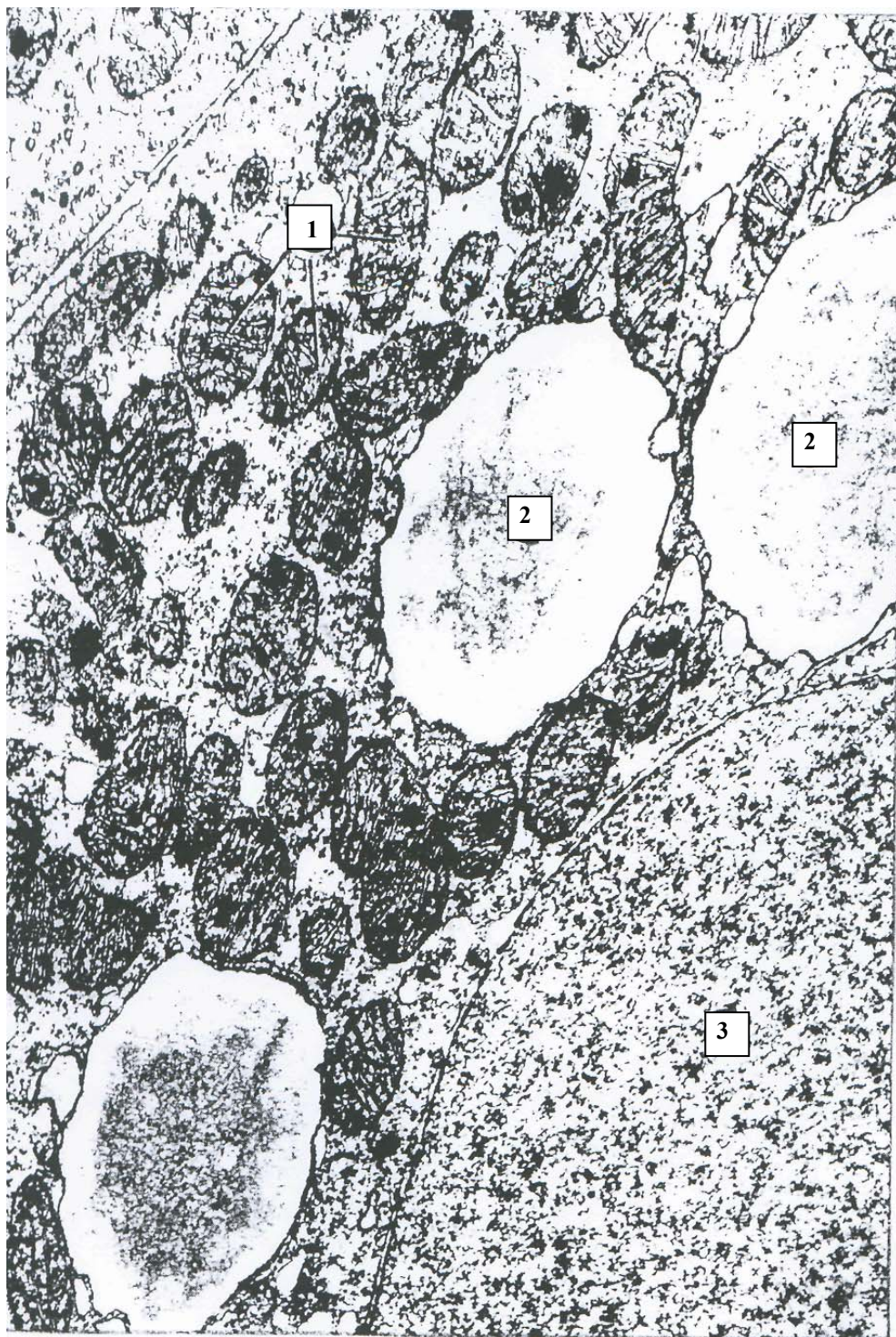


Рисунок 21 — Клетка бурой жировой ткани

Увеличение в 23 000 раз. 1 — митохондрии; 2 — липидные включения, 3 — ядро.

Остеоцит

Остеоциты — это зрелые, высокодифференцированные клетки костной ткани. Имеют отростчатую форму, темное компактное ядро и слабобазофильную цитоплазму. Некоторые остеоциты имеют развитые мембранные структуры, а другие находятся на различных стадиях деструкции.

Остеоциты располагаются в костных полостях — лакунах. Их тонкие отростки проходят в костных канальцах, пронизывающих основное вещество. При помощи этих канальцев происходит обмен веществ между остеоцитами и кровью. ***Остеоциты не делятся***, но участвуют в процессах метаболизма, обновления межклеточных структур и поддержания ионного баланса. **Функция остеоцитов** сводится к участию в ***обменно-транспортных процессах и регуляции минерального состава*** костной ткани.

На рисунке 22 представлены структуры костной ткани: клетка и межклеточное вещество:

1. **Остеоцит** лежит в ячейке (лакуне). Кроме тела остеоцита, в лакуне находится аморфный компонент межклеточного вещества, который сообщается с жидкостью в костных канальцах. За пределами ячейки расположено сильно минерализованное электроно-плотное межклеточное вещество. Клетка отростчатой формы. Отростки лежат в костных канальцах. Видны два отростка.

Ядро остеоцита повторяет форму тела клетки. В ядре не видны ядрышки и преобладает гетерохроматин (активность считывания информации с ДНК, а значит и синтеза — низкая).

Цитоплазма остеоцита скудная. Вокруг ядра различимы единичные цистерны и пузырьки.

2. Из-за сильной минерализации **межклеточное вещество** не пропускает электроны и выглядит абсолютно черным. Поскольку остеоцит не синтезирует межклеточное вещество, то неминерализованной костной ткани на данном рисунке нет.

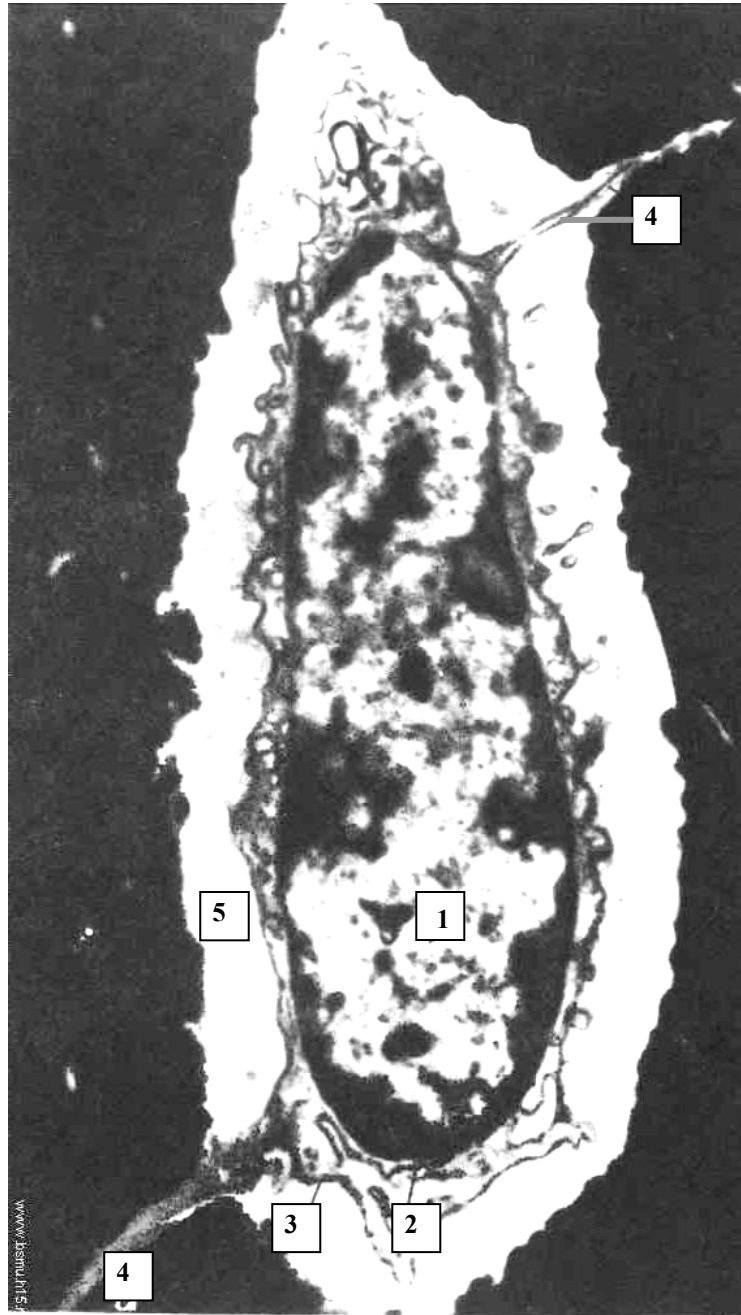


Рисунок 22 — Остеоцит

Увеличение в 10 000 раз. 1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – плазмолемма; 4 – отросток остеокита; 5 – лакуна.

Поперечно-полосатое мышечное волокно

На рисунке 23 представлен фрагмент миосимпласта. **Мышечное волокно** — это структурно-функциональная единица поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани, которая развивается из миотомов сомитов мезодермы.

Каждое волокно покрыто **сарколеммой**, состоящей из двух слоев: внутреннего — **плазмолеммы** и внешнего — **базальной мембраны**, в которую вплетаются ретикулярные волокна. Многочисленные ядра занимают периферическое положение. В саркоплазме содержатся включения миоглобина и гликогена, а также свободные рибосомы в виде полисом. Кроме того, присутствуют лизосомы, много митохондрий, хорошо развита агранулярная ЭПС (депо Ca^{++}), отсутствует клеточный центр. **Триада** — это комплекс из одной инвагинации плазмолеммы (Т-трубочка) и 2-х цистерн агранулярной ЭПС (L-трубочки), обеспечивающий передачу возбуждения от плазмолеммы к мембранам ЭПС.

Основной объем саркоплазмы занят сократительным аппаратом — миофибриллами, которые являются органеллами специального назначения. Миофибриллы состоят из уложенных параллельными рядами миофиламентов. Структурно-функциональной единицей миофибриллы является **саркомер** (участок между телофрагмами). Миофиламенты — это нити сократительных белков. Тонкие филаменты содержат **актин, тропомиозин, тропонин**. Толстые филаменты состоят из **миозина**. Упорядоченное расположение миофиламентов придает миофибрилле поперечную исчерченность (видны правильно чередующиеся темные и светлые диски).

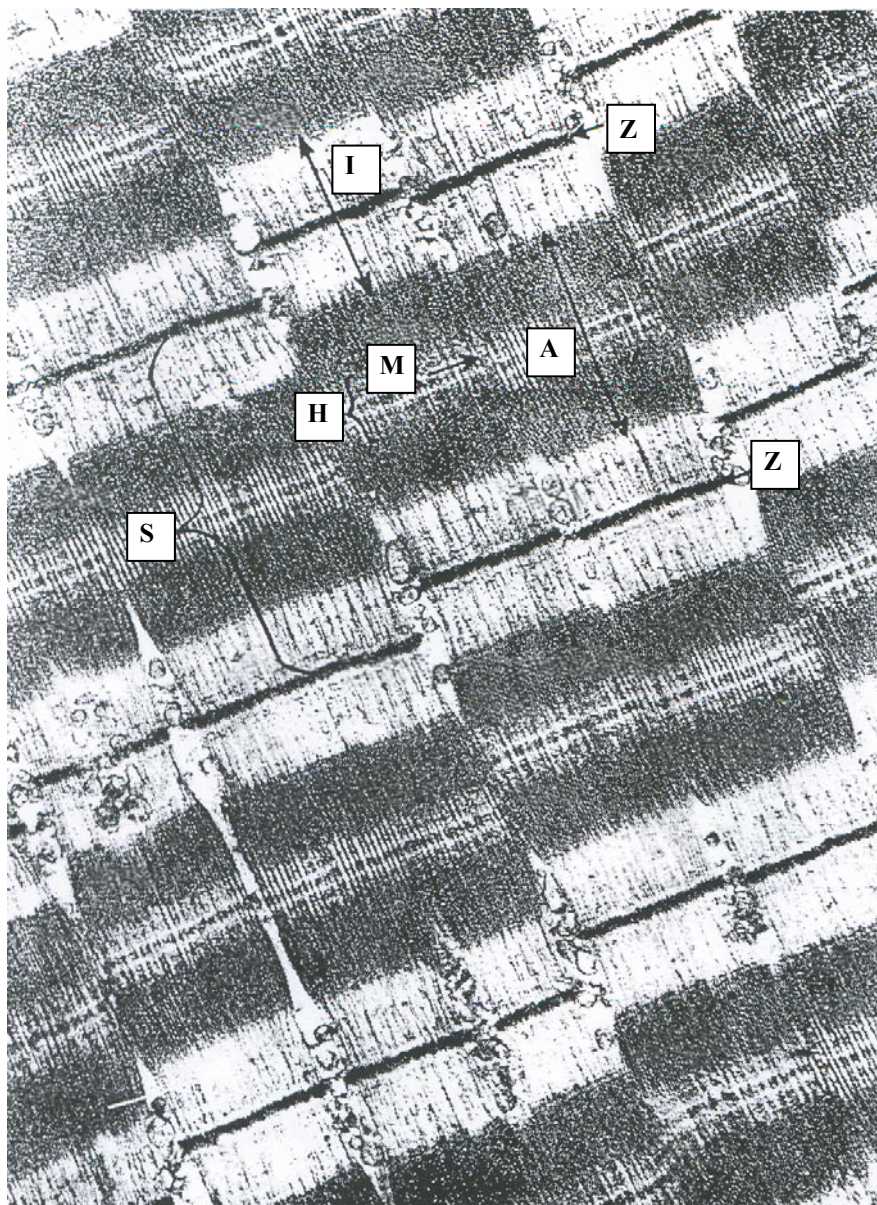


Рисунок 23 — Фрагмент поперечно-полосатого мышечного волокна

Увеличение в 13 000 раз. S — саркомер; A — анизотропный диск; I — изотропный диск; Z — телофрагма; H — светлая полоса в центре A-диска в середине которой проходит М-линия (мезофрагма).

Саркомер поперечно-полосатого мышечного волокна

На рисунке 24 представлен саркомер поперечно-полосатой миофибриллы.

Саркомер — это часть миофибриллы между телофрагмами (*Z*-линиями). Формула саркомера $1/2 \text{ I-диска} + \text{A-диск} + 1/2 \text{ I-диска}$. Линия сшивки соседних саркомеров (*Z*-линия) состоит из белков альфа-актина, десмина, виментина.

Миофибриллы состоят из уложенных параллельными рядами миофиламентов. **Миофиламенты** — это нити сократительных белков. К тонким филаментам относятся: актин, тропомиозин, тропонин; к толстым — миозин. Упорядоченное расположение миофиламентов придает миофибрилле поперечную исчерченность, поэтому видны правильно чередующиеся темные и светлые диски.

В поляризованном свете **темные диски** обнаруживают двойное лучепреломление (**анизотропные, A-диски**). В середине A-диска находится светлая полоска **H-полоска**. Там находятся только толстые миозиновые нити, которые в центре A-диска прикрепляются к **M-линии (мезофрагма)**.

Светлые диски называют **изотропными (I-диски)**. I-диски состоят только из тонких филаментов. В центре диска видна телофрагма (**Z-линия**). Которая является местом прикрепления тонких филаментов.

Саркомер — это единица сокращения миофибриллы. При сокращении тонкие актиновые нити глубоко заходят между миозиновыми и продвигаются к средней линии. При этом ширина I-диска и H-полоски уменьшается, а A-диска не изменяется.

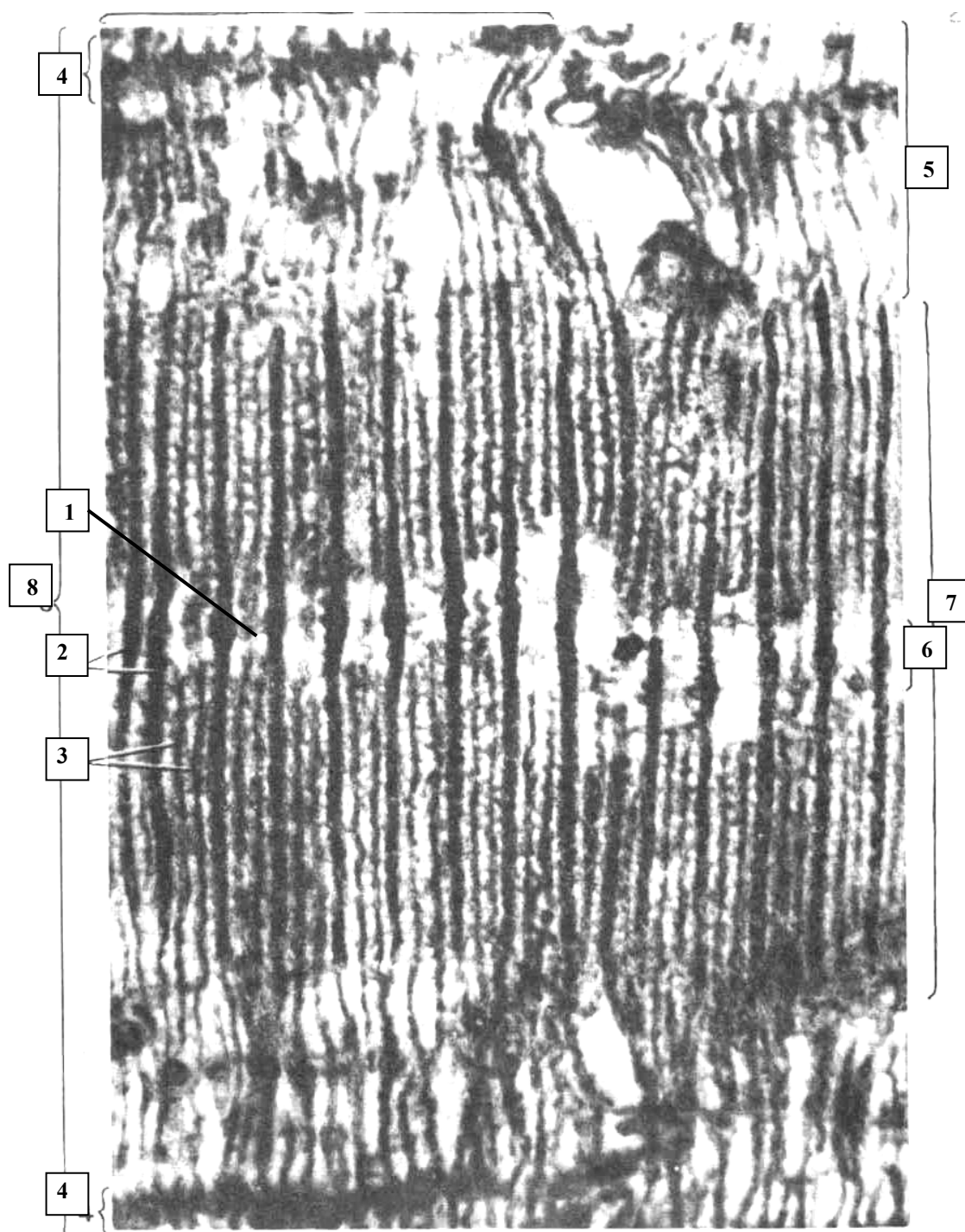


Рисунок 24 — Саркомер поперечно-полосатого мышечного волокна

Увеличение в 175 000 раз. 1 — мезофрагма; 2 — толстые миозиновые филаменты; 3 — тонкие актиновые миофиламенты; 4 — Z-телофрагма; 5 — часть I-диска; 6 — M-линия; 7 — A-диск; 8 — саркомер.

Различия в структуре и конфигурации вставочных дисков сердечной мышцы

Вставочный диск — это место соединения соседних кардиомиоцитов. Он имеет вид зигзагообразной линии и включают следующие межклеточные контакты: **десмосомы, интердигитации и нексусы**. Благодаря вставочным дискам кардиомиоциты соединяются в функциональные волокна — «синцитий» и сокращаются в едином ритме (рисунок 25).

1. **Интердигитации** — это «межпальцевые» соединения, выпячивания и углубления плазмолеммы. Вырост одной клетки плотно входит в углубление второй. На конце такого выступа (поперечного участка вставочного диска) сконцентрированы контакты двух типов: **десмосомы и промежуточные**. На боковой поверхности выступа (продольном участке вставочного диска) имеется множество щелевых контактов (нексусов).

2. **Десмосомы** — прочные механические контакты, препятствующие расхождению кардиомиоцитов.

3. **Промежуточные контакты** необходимы для прикрепления тонких актиновых нитей ближайшего саркомера к сарколемме кардиомиоцита.

4. **Нексусы** — межклеточные ионные каналы, позволяющие возбуждению «перескакивать» от кардиомиоцита к кардиомиоциту, что наряду с проводящей системой сердца, позволяет синхронизировать одновременное сокращение множества кардиомиоцитов в составе функционального синцития.

Вставочные диски выполняют еще и *опорную функцию* — к ним прикрепляются миофиламенты.

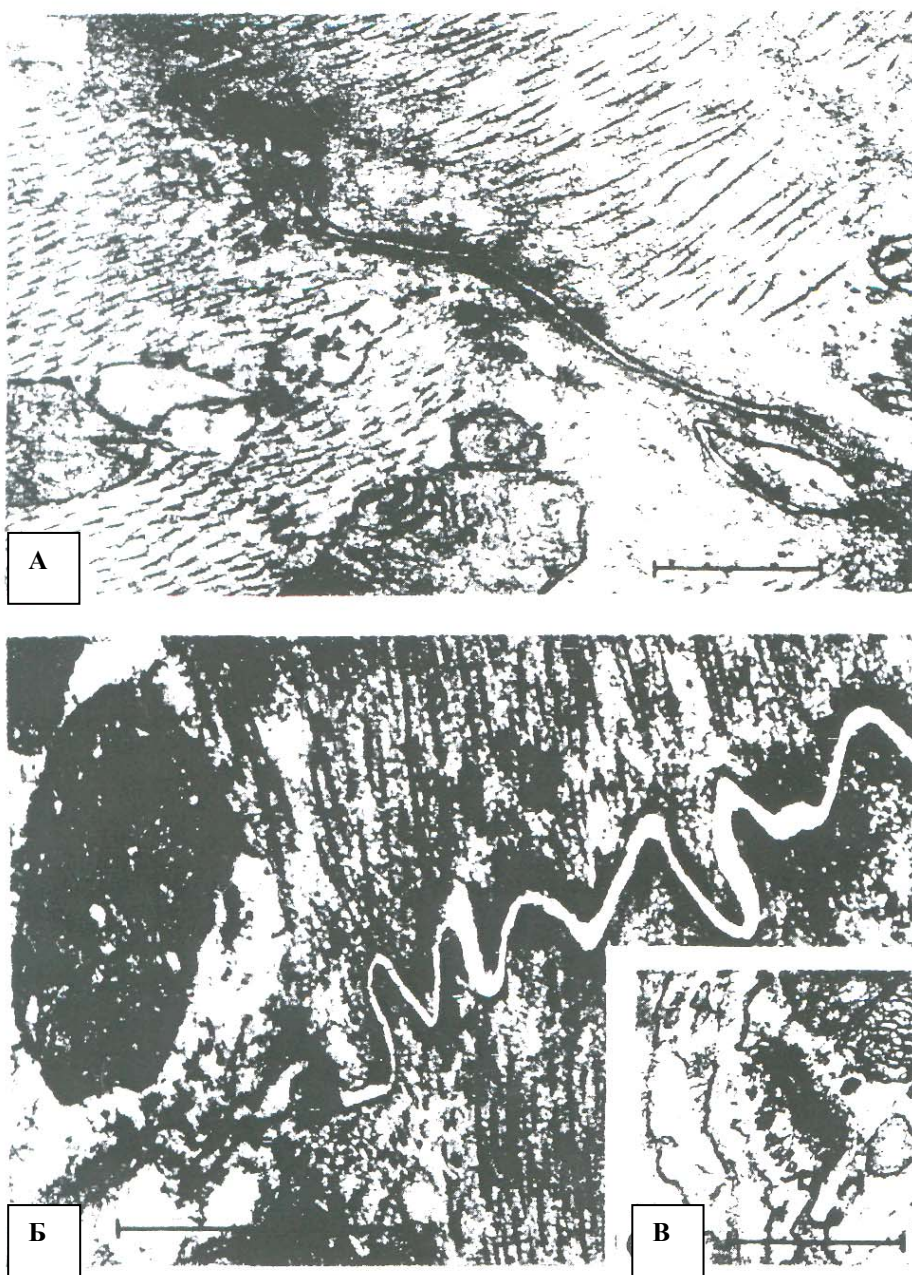


Рисунок 25 — Различия в структуре и конфигурации вставочных дисков сердечной мышцы

А — вставочный диск в миокарде предсердий; Б — вставочный диск в миокарде желудочков; В — слоистые структуры типа десмосом вставочных дисков желудочков.

Безмиелиновые нервные волокна

Безмиелиновые волокна состоят из осевых цилиндров (отростков нервных клеток), окруженных леммоцитами (шванновскими клетками). При погружении осевого цилиндра в шванновскую клетку ее клеточная мембрана смыкается и образуется **мезаксон** — сдвоенные мембраны шванновской клетки. Осевые цилиндры, подвешены на двухлистковых складках (своеобразных «брыжейках»). Каждая шванновская клетка подобным образом окружает несколько осевых цилиндров, т. е. безмиелиновое волокно построено по «**кабельному**» типу.

Каждое нервное волокно окружено эндоневрием — прослойкой рыхлой соединительной ткани с кровеносными капиллярами (рисунок 26).

Безмиелиновые волокна физиологически более древние, чем миелиновые, а скорость проведения импульсов в 100 раз медленнее. Нервный импульс передается путем последовательного возбуждения всей плазмолеммы отростка нервной клетки, а не скачкообразно.

У человека встречаются в вегетативной нервной системе (**постганглионарные волокна**). Осевой цилиндр обеспечивает проведение импульса, а нейролеммоцит изолирует, защищает, обеспечивает трофику и регенерацию.

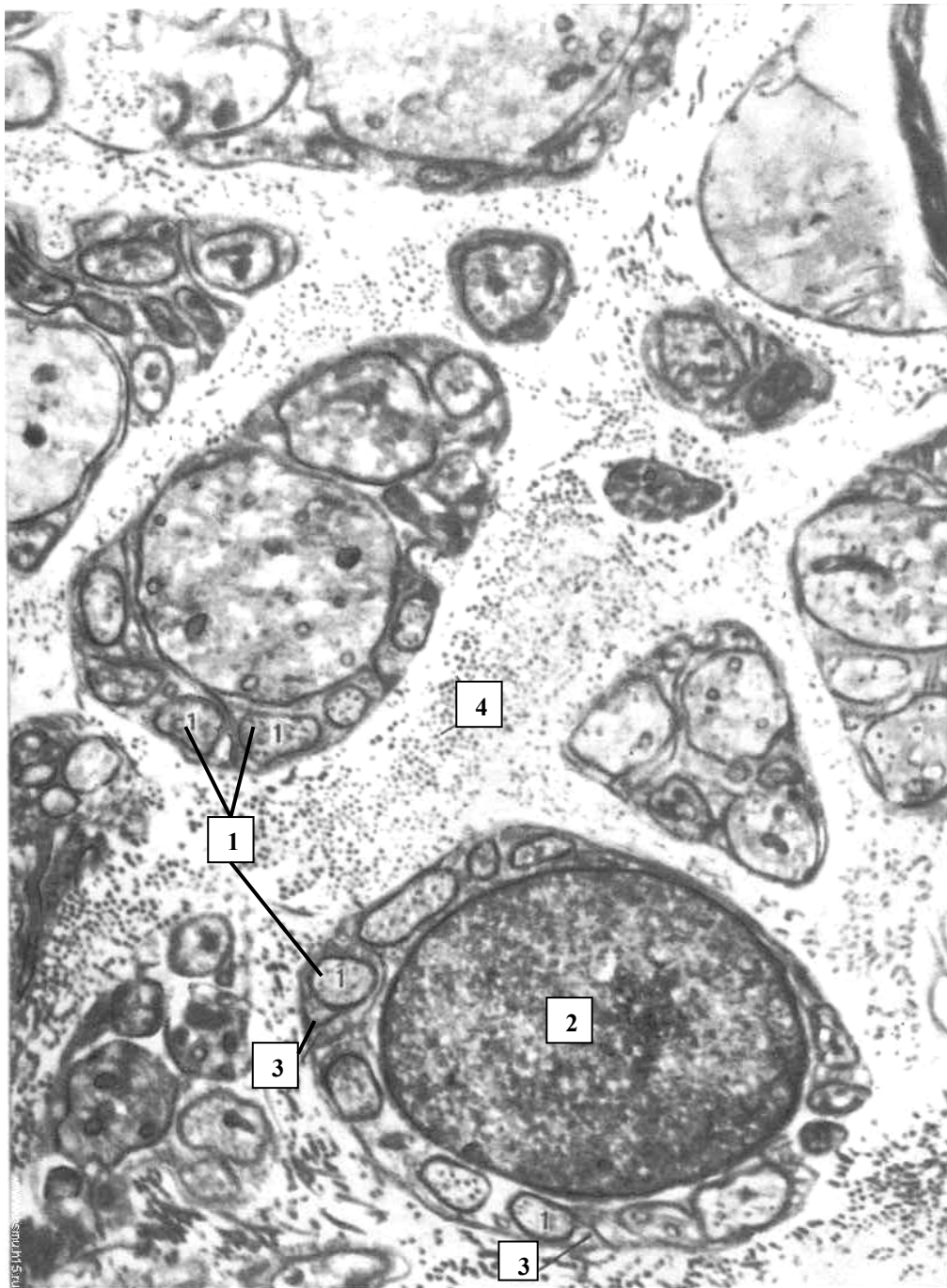


Рисунок 26 — Безмиелиновые нервные волокна

Увеличение в 24 000 раз. 1 — осевые цилиндры; 2 — ядро леммоцита; 3 — мезаксон; 4 — поперечные срезы коллагеновых фибрилл эндоневрия.

Миелиновые нервные волокна

Миелиновое нервное волокно состоит из **осевого цилиндра** и **шванновской клетки**. Осевого цилиндра не просто погружен в цитоплазму нейролеммоцита, а окружен спиральной слоистой оболочкой (**миелином**). Она образуется путем «наматывания» **мезаксонов** нейролеммоцитов при их вращении вокруг отростка. Каждая шванновская клетка миелинизирует небольшой фрагмент отростка нейрона.

Миелин — компактная **структура из мембран**, спирально закрученных вокруг аксонов. 70 % массы миелина составляют липиды. Они легко подвергаются окраске осмием в темный цвет. Миелин прерывается регулярными промежутками — **перехватами Ранвье**. Это границы между соседними шванновскими клетками.

В миелине присутствуют просветления — **насечки** (участки цитоплазмы между витками мезаксона). Снаружи от миелина располагается тонкий слой цитоплазмы шванновской клетки с ядром (**неврилема**).

Строение **миелинового волокна** (рисунок 27):

а) **осевой цилиндр** — отросток нервной клетки. В нем видны извилистая аксолема, митохондрии, нейрофибриллы.

б) **шванновская клетка** (леммоцит). Ее цитоплазма и цитолемма снаружи образуют нейролемму, а внутри располагается миелиновая оболочка, состоящая из витков мезаксона.

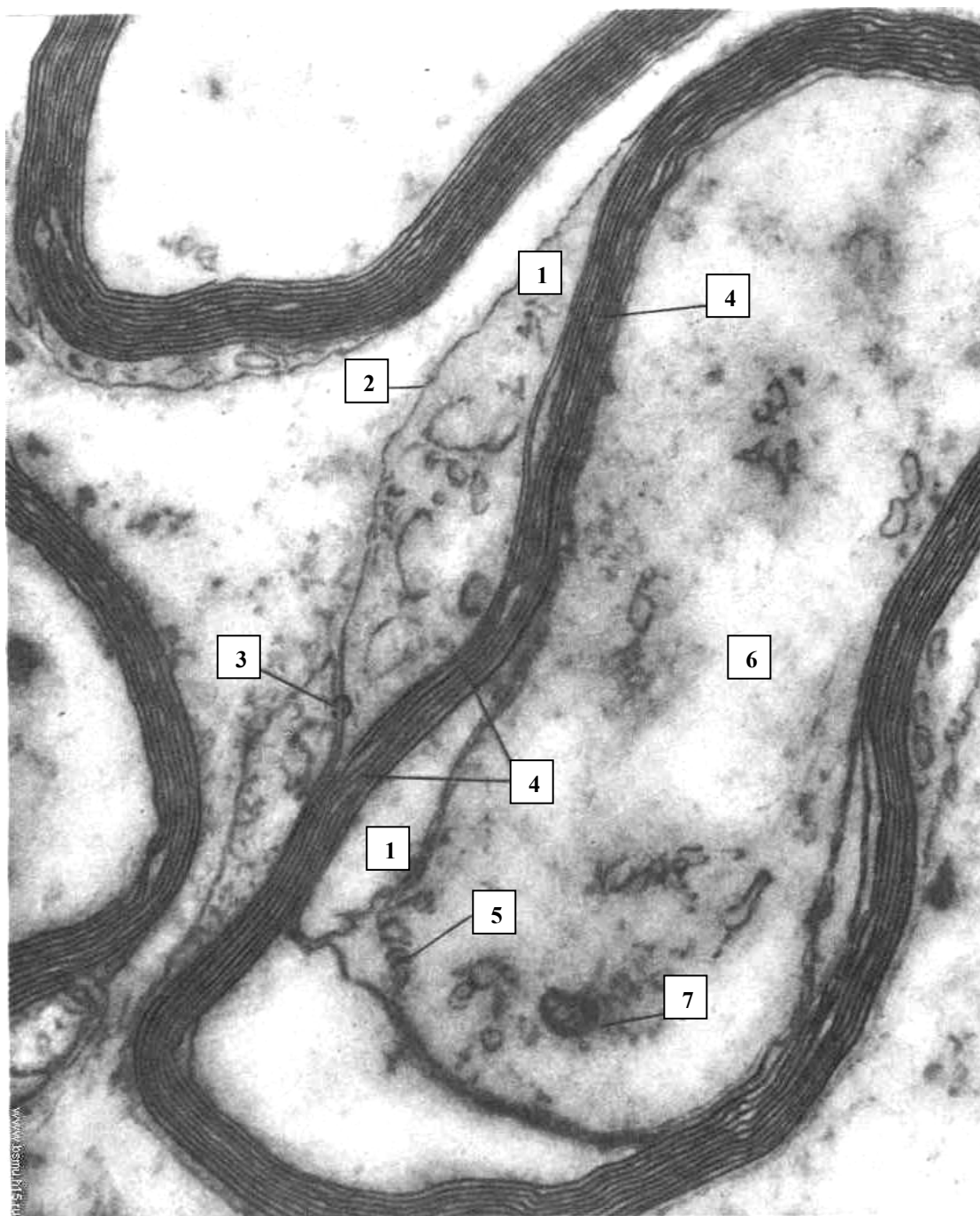


Рисунок 27 — Миелиновые нервные волокна

Увеличение в 65 000 раз. 1 — цитоплазма шванновской клетки; 2 — цитолемма шванновской клетки; 3 — мезаксон; 4 — витки мезаксона; 5 — аксолема; 6 — аксоплазма; 7 — митохондрия.

Перехват Ранвье

По ходу миелинового волокна имеются сужения — **узловые перехваты (перехваты Ранвье)**. Они соответствуют границе смежных нейролеммоцитов. Каждый межузловой сегмент представлен одним нейролеммоцитом. В этом участке мембрана аксона **не покрыта миелином**. Есть только многочисленные переплетающиеся отростки шванновских клеток. Аксолемма перехватов Ранвье содержит **множество потенциалзависимых Na-каналов**, необходимых для поддержания импульсной активности. Эти каналы практически отсутствуют в прикрытых миелином сегментах аксона.

Миелинизация нервных волокон происходит постепенно: мезаксон леммоцита накручивается на осевой цилиндр, который вместе с леммоцитом растет в длину. Поэтому первые витки миелина более короткие, чем последующие, которые на них накладываются.

Na-каналы перехватов Ранвье обеспечивают скачкообразное проведение первых импульсов в миелиновых волокнах когда сигнал перескакивает от одного перехвата к другому. Затрата времени на возбуждение аксолеммы по всей длине резко сокращается. По этой причине в миелиновых волокнах скорость проведения выше, чем в безмиелиновых, где перехваты Ранвье отсутствуют.

Осевой цилиндр содержит: *нейрофибриллы*, направляющие аксональный транспорт и создающие *цитоскелет*; *митохондрии*, обеспечивающие энергией проведение нервного импульса и аксональный транспорт; *плазмолемму аксона*, не покрытую миелином в области перехвата.

Леммоциты имеют:

1. цитоплазму, покрывающую тонким слоем аксон;
2. миелиновую оболочку, состоящую из дубликатуры цитолеммы леммоцита, накрученной вокруг осевого цилиндра. Между витками миелиновой оболочки отсутствуют прослойки цитоплазмы.

Снаружи миелиновое волокно окружено эндоневрием, содержащим коллагеновые фибриллы.



Рисунок 28 — Перехват Ранвье

Увеличение в 7 000 раз. 1 — осевой цилиндр; 2 — аксолемма; 3 — ЭПС в аксоплазме; 4 — митохондрии в аксоплазме; 5 — митохондрии шванновских клеток; 6 — пальцевидные выпячивания леммоцитов в области их контакта.

Строение мезаксона в области насечки неврилеммы

Миелин — компактная структура из мембран, спирально закрученных вокруг аксонов.

Насечки миелина (Шмидта-Лантермана) — участки **расслоения миелина**, образующиеся при миелинизации.

Между витками цитолеммы шванновской клетки присутствуют широкие прослойки цитоплазмы этих клеток. Функция насечек неясна.

Миелинизация нервных волокон происходит постепенно в первые годы жизни ребенка. В ходе миелинизации цитолемма (мезаксон) нейролеммоцита накручивается на отросток нейрона. И осевой цилиндр, и леммоцит растут в длину, поэтому первые витки миелина более короткие, чем последующие, которые накладываются на них.

На рисунке 29 видны следующие структуры:

1. **аксолема** осевого цилиндра;
2. **миелиновая** оболочка (многократные наслоения цитолеммы Шванновской клетки);
3. **область насечек**, где миелин расслоен и состоит из отдельных витков мезаксона, разделенных прослойками цитоплазмы леммоцита.

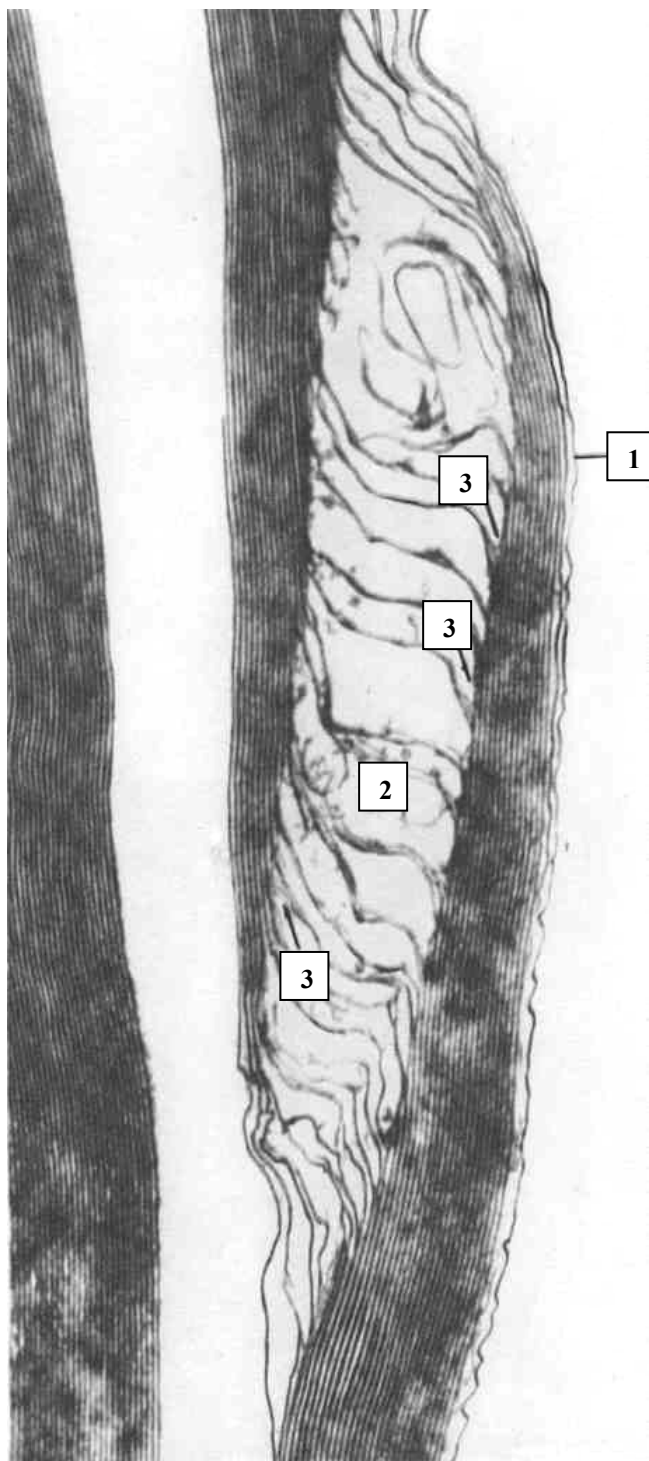


Рисунок 29 — Строение мезаксона в области насечки неврилеммы

Увеличение в 65 000 раз. 1 — аксолема; 2 — цитоплазма леммоцита между слоями клеточной оболочки в области насечки; 3 — витки мезаксона в области насечки.

Двигательное нервное окончание

Эффекторные нервные окончания подразделяются на двигательные и секреторные. Эффектор передает нервные импульсы рабочим органам и тканям. Тела двигательных нейронов расположены в передних рогах спинного мозга.

Моторная бляшка — это нервно-мышечный синапс. Аксон нервного волокна подходит к миосимпласту, теряет миелиновую оболочку и заканчивается булавовидным расширением.

На рисунке 30 можно увидеть:

1. **Шванновскую клетку**, которая прикрывает контакт сверху. В ее цитоплазме видны митохондрии и цистерны гранулярной ЭПС.

2. Мембрана аксона соответствует **пресинаптической мембране**. В пресинаптической области присутствуют многочисленные митохондрии и пузырьки с медиатором (ацетилхолином). Митохондрии необходимы для энергообеспечения транспорта медиатора из тела нейрона и обратного его захвата из синаптической щели.

3. **Постсинаптическая мембрана** представлена плазмолеммой мышечного волокна, которая образует многочисленные складки и углубления для увеличения поверхности контакта с медиатором. В постсинаптической области имеется много митохондрий.

4. Синаптическая щель.

Аксон мотонейрона выделяет ацетилхолин в синаптическую щель — рецепторы на постсинаптической мембране возбуждаются — происходит деполяризация сарколеммы — волна деполяризации заходит в Т-рубочки, которые объединены в триады с концевыми цистернами агранулярной ЭПС, депонирующей ионы кальция. Это вызывает выход кальция из ретикулула в саркоплазму, связывание его с тонкими нитями и освобождение их активных центров для контакта с миозином.

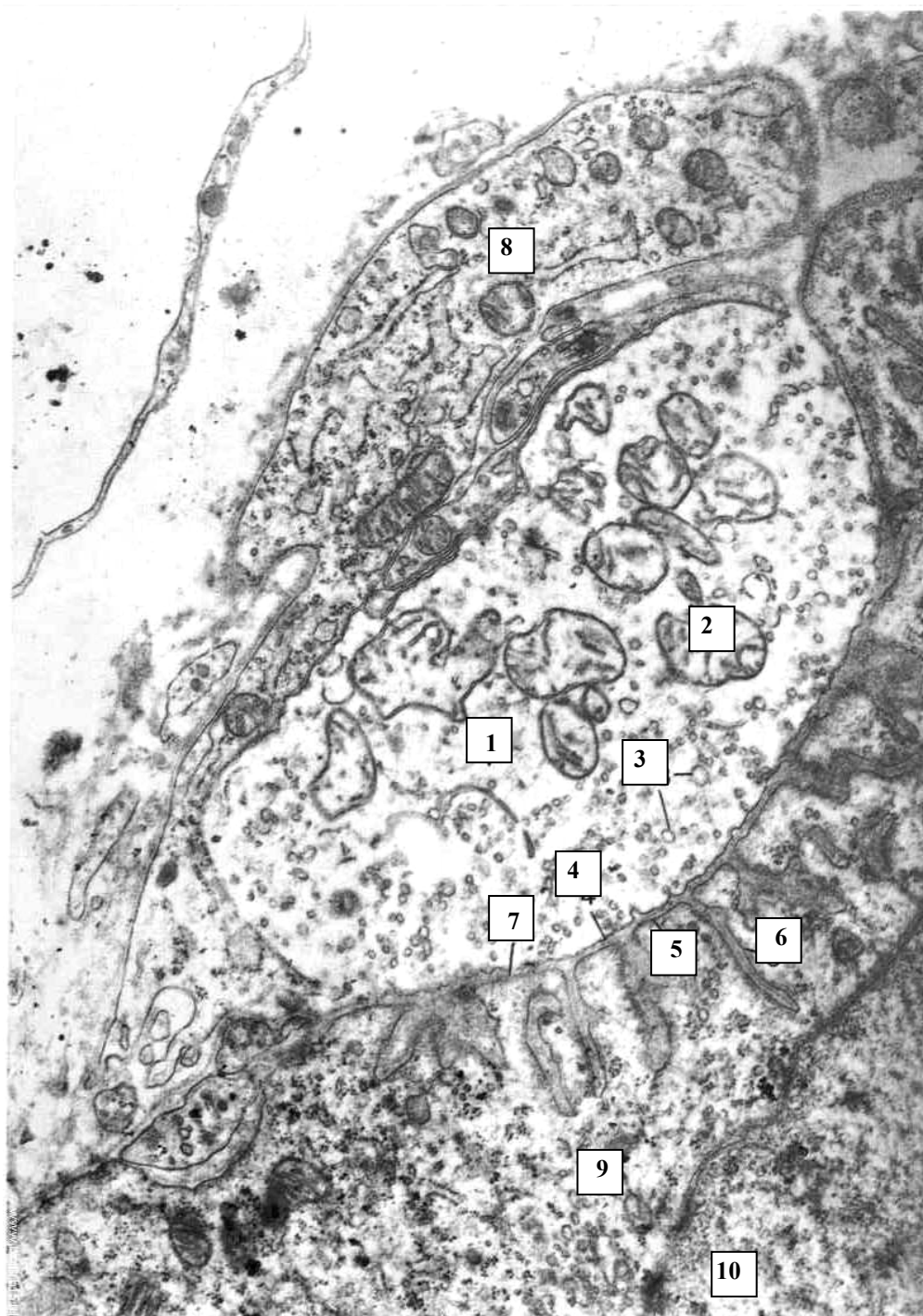


Рисунок 30 — Двигательное нервное окончание

Увеличение в 33 000 раз. 1 — осевой цилиндр; 2 — митохондрии в аксоплазме; 3 — синаптические пузырьки в аксоплазме; 4 — пресинаптическая мембрана; 5 — постсинаптическая мембрана; 6 — складки постсинаптической мембраны; 7 — синаптическая щель; 8 — леммоцит (шванновская клетка); 9 — саркоплазма; 10 — ядро мышечного волокна.

Чувствительное инкапсулированное нервное окончание (тельце Фатера-Пачини)

Тельце Фатера-Пачини — это рецептор давления, расположенный в глубоких слоях дермы кожи, наружных половых органов, стенке мочевого пузыря, капсулах внутренних органов. Имеет овальную форму. Основными компонентами тельца являются – **внутренняя колба, наружная капсула и терминальное нервное волокно.**

Терминальное волокно — толстое миелинизированное нервное волокно. Внутри наружной капсулы нервное волокно имеет несколько перехватов Ранвье. Подойдя к внутренней колбе рецептора, нервное волокно теряет миелин и переходит в чувствительную терминаль.

Внутренняя колба (внутренняя луковица) состоит из комплекса глиальных клеток, которые образуют две разделенные щелями полуокружности. Глиальные клетки имеют уплощенную отросчатую форму. Через щель дендрит проникает в центр луковицы. Глиоциты выполняют защитную и трофическую функции.

Наружная капсула представлена концентрически расположенными соединительнотканными пластинками, образованными уплощенными фибробластами и большим количеством коллагеновых волокон (рисунк 31).

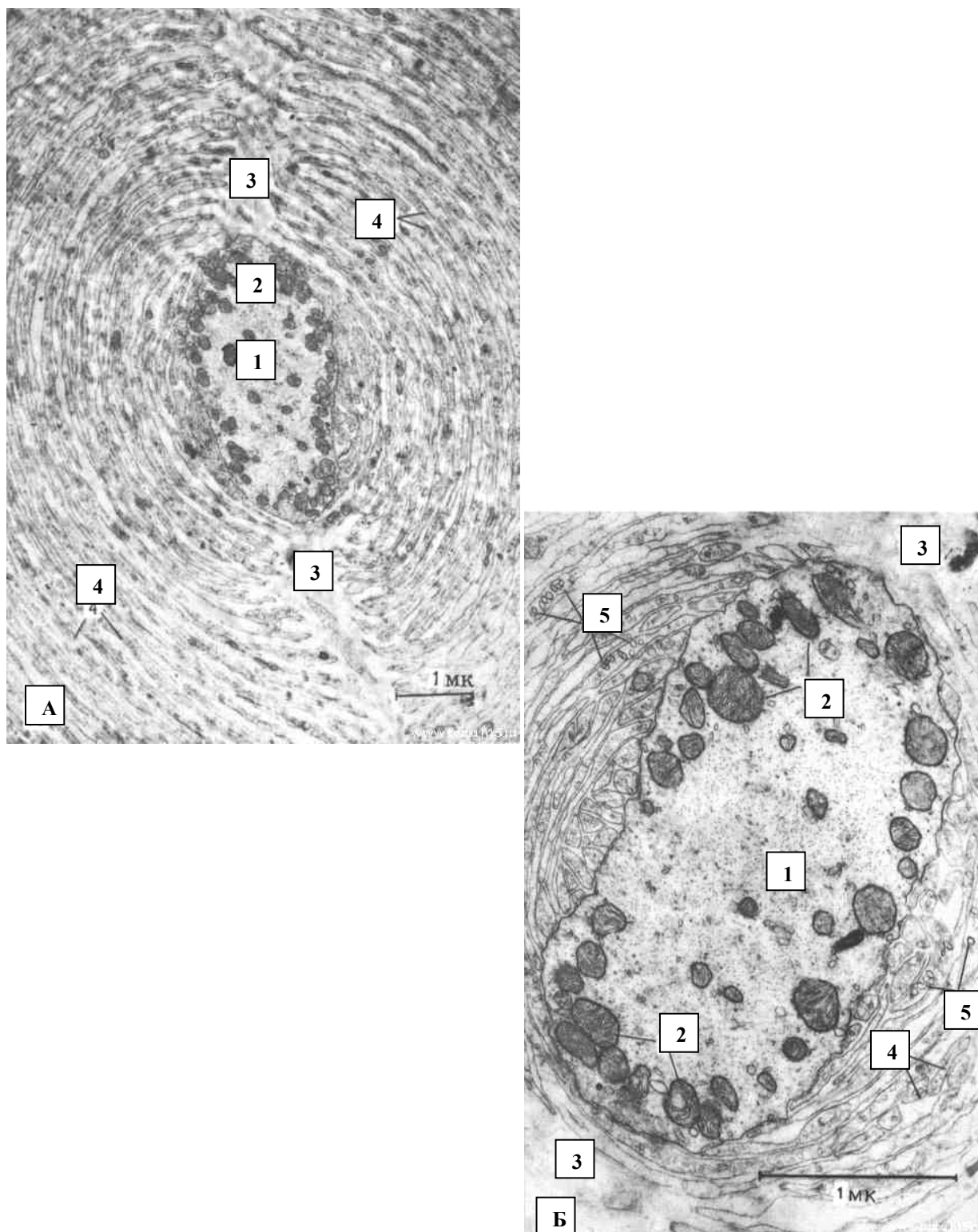


Рисунок 31 — Чувствительное инкапсулированное нервное окончание (тельце Фатера-Пачини)

1 — дендрит; 2 — митохондрии; 3 — щель внутренней колбы; 4 — отростки пластинчатых клеток внутренней колбы; 5 — пиноцитозные пузырьки.

РАЗДЕЛ III. ЧАСТНАЯ ГИСТОЛОГИЯ

Нейросенсорные клетки сетчатки глаза

На рисунке 32 представлены **фрагменты** видоизмененных **дендритов фоторецепторных** двух колбочковых и одной палочковой фотосенсорных клеток сетчатки. Это **первично-чувствующие** (нейросенсорные клетки). Имеют **нейральное происхождение**.

Палочковые клетки отвечают за восприятие сумеречного, черно-белого, периферического зрения, а **колбочковые** — за дневное, цветное, центральное зрение. Количество палочковых клеток составляет 130 млн., они распределены равномерно; колбочковых — 6–7 млн., они сконцентрированы в области центральной ямки желтого пятна.

Дендриты фоторецепторных клеток сетчатки называют палочками и колбочками. Они состоят из наружного и внутреннего сегментов. Наружный сегмент у **палочковых** клеток имеет цилиндрическую форму и состоит из множества удвоенных поперечных мембран, расположенных в виде стопки уплощенных замкнутых **дисков**, содержащих зрительный пигмент — **родопсин**. Каждые 40 минут возникает новый диск, а поверхностный фагоцитируется пигментными клетками.

У **колбочковых** клеток наружный сегмент имеет вид колбочек, образованных **полудисками** и содержащих зрительный пигмент — **йодопсин**.

Во **внутреннем сегменте** у палочковых клеток находится множество митохондрий вытянутой формы (энергия необходима для передачи импульса с наружного сегмента, а также для процессов ресинтеза зрительных пигментов), у колбочковых клеток — митохондрии округлые, окружают **липидную каплю** (эллипсоид). Колбочковые клетки мельче палочковых. При сумеречном освещении колбочковые как бы вдвигаются вглубь, а палочковые выдвигаются наружу.

При действии квантов света **механизм фоторецепции** связан с распадом молекул родопсина и йодопсина. Это запускает цепь биохимических реакций, которые сопровождаются изменением проницаемости мембран и возникновением потенциала действия.

После распада пигмента и при наличии витамина А происходит его ресинтез в темноте.

Недостаток в пище витамина А может приводить к нарушению сумеречного зрения (куриная слепота). Цветовая слепота (дальтонизм) объясняется генетически обусловленным отсутствием в сетчатке одного или нескольких типов колбочек.

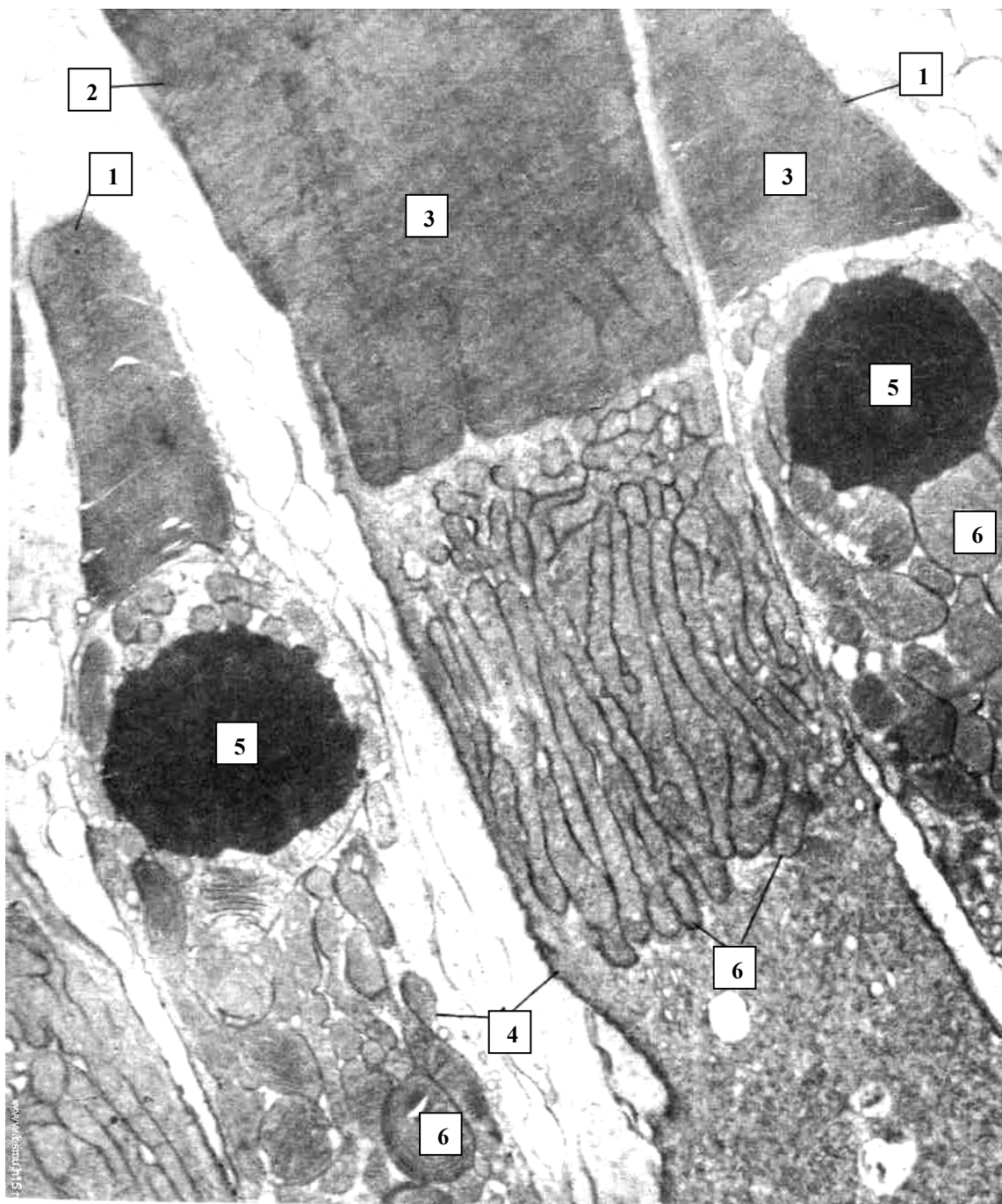


Рисунок 32 — Нейросенсорные клетки сетчатки глаза

1 — колбочковые клетки; 2 — палочковая клетка; 3 — наружные сегменты; 4 — внутренние сегменты; 5 — липидная капля; 6 — митохондрии.

Волосковые клетки пятна маточки перепончатого лабиринта внутреннего уха

На рисунке 33 представлен **сенсорный эпителий** пятна маточки перепончатого лабиринта внутреннего уха. Здесь осуществляется восприятие линейных ускорений и гравитации.

Сенсорный эпителий состоит из двух типов клеток: **рецепторных и опорных (поддерживающих)**. Рецепторные клетки являются **вторично-чувствующими** или сенсоэпителиальными. Имеют **эктодермальное происхождение** (слуховые плакоды).

В свою очередь, рецепторные клетки бывают:

1. **Амфорообразные (I тип)**. Имеют в базальной части контакт с дендритом нервной клетки в виде чаши.

2. **Призматические (II тип)**. Имеют в базальной части точечные нервные окончания дендритов чувствительного нейрона вестибулярного ганглия.

На апикальных поверхностях обоих типов клеток есть специальные образования:

— одна подвижная **киноцилия** — видоизмененная ресничка, которая имеет скелет из микротрубочек.

— пучок **стереоцилий**, расположенный полярно по отношению к киноцилии. Высота стереоцилий уменьшается по мере удаления от киноцилии. Стереоцилии — большие неподвижные микроворсинки.

Кутикула — утолщение цитолеммы на апикальной поверхности.

В базальной части клеток содержатся ядра с ядрышками, в цитоплазме заметны пузырьки. К базальной части сенсоэпителиальных клеток подходят нервные волокна и образуют синапсы. В цитоплазме **дендритов** видны митохондрии и пузырьки.

Поддерживающие клетки выполняют вспомогательные функции — трофическую, защитную, изолирующую, поддерживающую и др. Они соединяются с соседними клетками при помощи десмосом, имеют на апикальной поверхности микроворсинки.

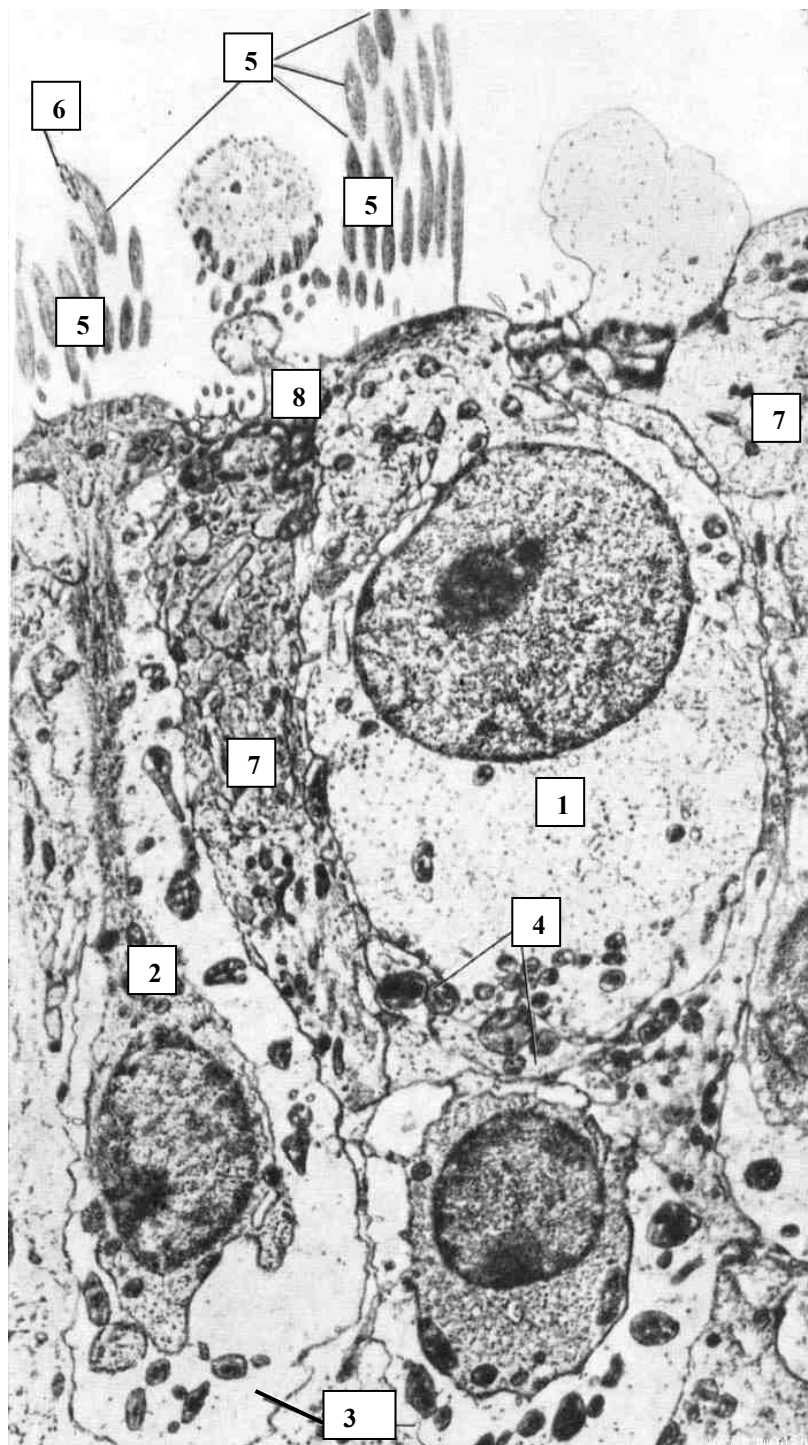


Рисунок 33 — Волосковые клетки пятна маточки перепончатого лабиринта внутреннего уха

1 — цилиндрические волосковые клетки (II-типа); 2 — кувшинообразные волосковые клетки (I-типа); 3 — нервные окончания на клетках первого типа; 4 — нервные окончания на клетках второго типа; 5 — стереоцилии; 6 — киноцилия; 7 — поддерживающие клетки; 8 — микроворсинки на апикальной поверхности поддерживающих клеток.

Соматотропная клетка аденогипофиза

Аденогипофиз развивается из эпителия крыши ротовой полости (карман Ратке) и состоит из эпителиальных тяжей — трабекул, между которыми проходят синусоидные капилляры. Среди хромофильных эндокриноцитов различают: **базофильные (тиротропоциты, гонадотропоциты)**, слабо базофильные — **кортикотропоциты** и **ацидофильные (соматотропоциты и маммотропоциты)**. Работу эндокринных клеток регулируют либерины и статины из среднего отдела гипоталамуса.

На рисунке 34 представлен фрагмент **ацидофильного** эндокриноцита — **соматотропоцита**. Его особенности строения свидетельствуют об активной секреции гормонов белковой природы в кровь:

1. Форма клетки округлая, без микровыростов и отростков.
2. Округлое крупное ядро расположено в центре. Об активности синтетических процессов свидетельствует наличие эухроматина.
3. В цитоплазме присутствуют: гранулярная ЭПС в виде цистерн, комплекс Гольджи возле ядра, крупные вакуоли и секреторные гранулы формирующиеся на транс-поверхности; митохондрии различной формы.
4. Секреторные гранулы двух видов: **незрелые** (крупные, светлые) и **зрелые** (овальные или округлые, электроноплотные). Гранулы равномерно распределены в цитоплазме, а не сосредоточены на одном полюсе (признак **экзокринной** секреции), что свидетельствует о выведении секрета всей поверхностью клетки.

Соматотропоциты выделяют **гормон роста (соматотропин)**, который стимулирует процессы роста всех тканей и органов. Особенно много соматотропоцитов у детей. Недостаток гормона вызывает замедление роста тела, что приводит к гипофизарной карликовости. Избыток соматотропина вызывает развитие гигантизма в детском возрасте или акромегалии у взрослых.

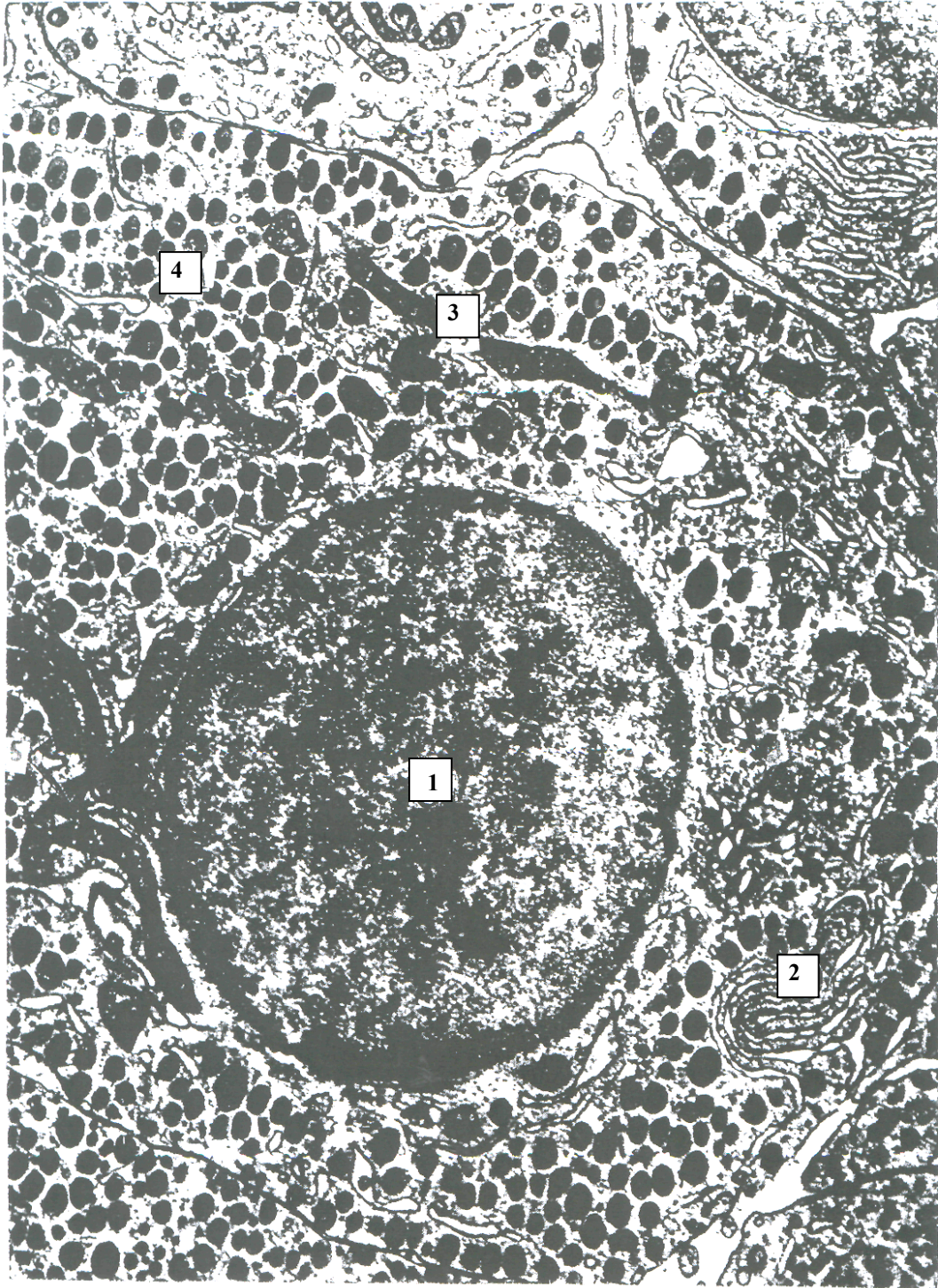


Рисунок 34 — Соматотропная клетка аденогипофиза

Увеличение в 20 000 раз. 1 — ядро; 2 — эндоплазматическая сеть; 3 — митохондрии; 4 — зрелые гранулы.

Фолликулостимулирующая клетка аденогипофиза

На рисунке 35 представлен фрагмент **базофильного** эндокриноцита — **фоллитропоцита**. Его особенности строения свидетельствуют об активной секреции в кровь гормонов белковой природы в кровь:

1. Виден небольшой фрагмент ядра. Об активности синтетических процессов свидетельствует наличие эухроматина.

2. В цитоплазме присутствуют: гранулярная ЭПС в виде расширенных цистерн.

3. Комплекс Гольджи расположен в центре клетки, оттесняя ядро на периферию. Место около ядра, где лежит комплекс Гольджи изогнутой или кольцевидной формы, называется **макулой**. В дистальных частях цистерн накапливается секрет, образуются крупные вакуоли на транс-поверхности;

4. Митохондрии различной формы.

5. Секреторные гранулы двух видов: **незрелые** (крупные, светлые) и **зрелые** гранулы (овальные или округлые, электроноплотные). Гранулы равномерно распределены в цитоплазме, а не сосредоточены на одном полюсе (признак **экзокринной** секреции), что свидетельствует о выведении секрета всей поверхностью клетки.

Гранулы окрашиваются **базофильно**, т. к. имеют гликопротеиновую природу и **кислую рН**.

Фоллитропоциты синтезируют **фолликулостимулирующий гормон** (ФСГ), который *стимулирует рост фолликулов* и образование *эстрогенов* в яичнике; а также *сперматогенез* в яичках.

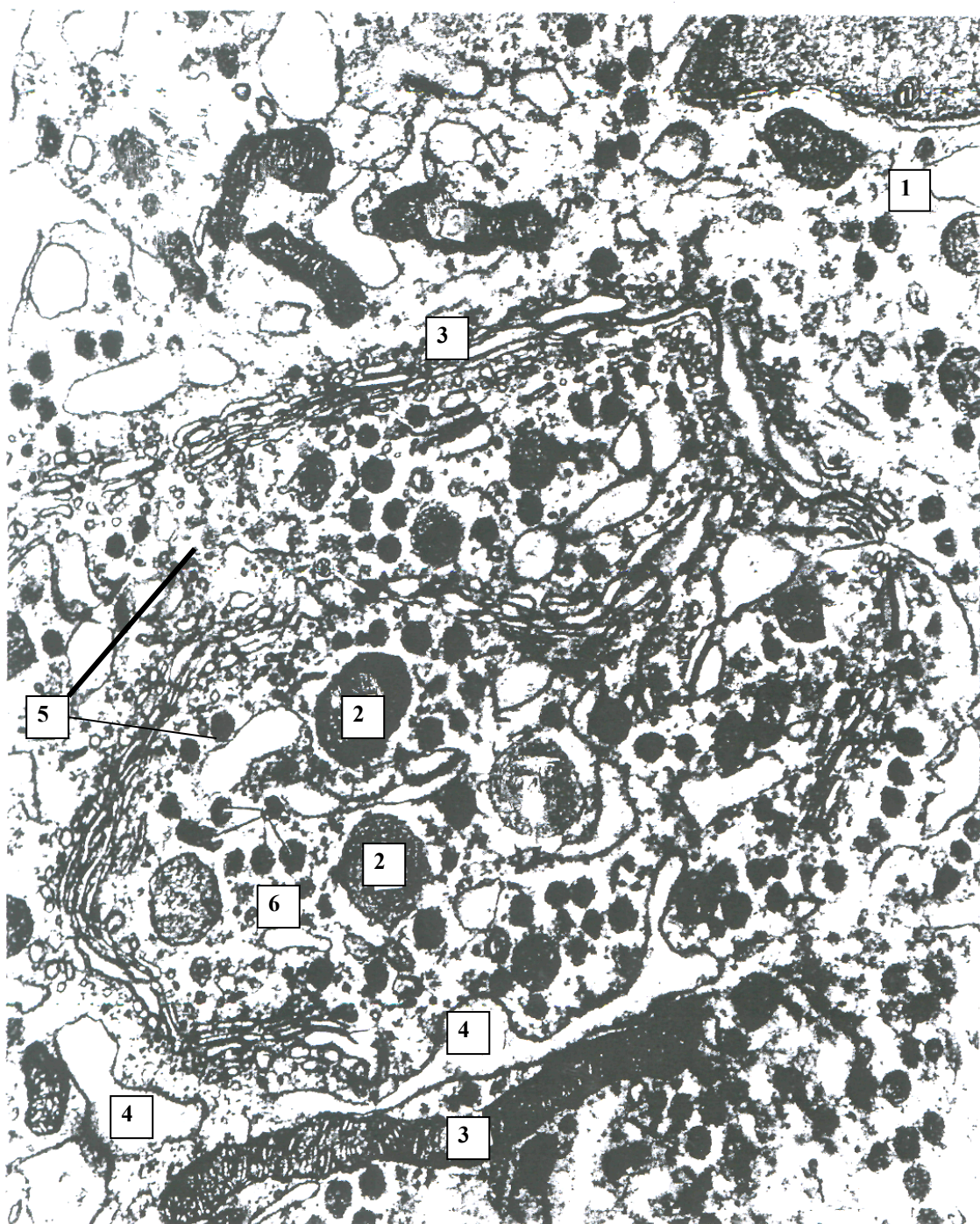


Рисунок 35 — Фолликулостимулирующая клетка аденогипофиза

Увеличение в 35 000 раз. 1 — ядро; 2 — зрелые гранулы; 3 — митохондрии; 4 — эндоплазматическая сеть; 5 — комплекс Гольджи; 6 — незрелые гранулы.

Стенка фолликула щитовидной железы

Тироциты щитовидной железы развиваются из эпителия глоточной кишки. Они синтезируют гормоны белковой природы — **тироксин и трийодтиронин**, которые усиливают обмен веществ, газообмен, обмен углеводов и жиров, синтез белков, стимулируют регенерацию, ускоряют развитие костной ткани, но особенное влияние оказывают **на дифференцировку клеток нервной ткани**. Дефицит гормонов в детском возрасте вызывает кретинизм.

На рисунке 36 представлен фрагмент фолликула щитовидной железы, структурно-функциональной единицей которой является фолликул. **Фолликул** — это шаровидная структура, стенку которой составляет однослойный призматический эпителий, лежащий на базальной мембране. Внутри фолликула — полость, заполненная коллоидом, содержащим йодированный тироглобулин.

В однослойном призматическом эпителии различают **тироциты и кальцитониноциты**.

Тироциты — клетки призматической формы, плотно соединенных друг с другом (особенно в апикальной их части). Это препятствует проникновению тироглобулина в кровь через межклеточные щели. Ядро находится в базальной части клетки и содержит эухроматин. Митохондрии в умеренном количестве различной формы. В цитоплазме хорошо развит синтетический аппарат — гранулярная ЭПС и свободные рибосомы. Наличие растянутых цистерн ЭПС может свидетельствовать о гиперфункции клетки.

На апикальной поверхности тироцитов присутствуют микровыросты — микроворсинки, участвующие в захвате тироглобулина. В гликокаликсе микроворсинок находятся ферменты, которые переводят ион йода в атомарный йод и встраивают его в тироглобулин. При гиперфункции на апикальной поверхности появляются псевдоподии.

Тироциты синтезируют гормоны под действием **тиротропного гормона** аденогипофиза.

Кальцитониноциты — гипофизнезависимые клетки щитовидной железы, вырабатывающие гормон кальцитонин.



Рисунок 36 — Стенка фолликула щитовидной железы

Увеличение в 18 000 раз. 1 — полость фолликула; 2 — клеточные микроворсинки на апикальной поверхности тироцитов; 3 — митохондрии; 4 — цистерны эндоплазматической сети; 5 — ядро; 6 — базальная мембрана

Эмалевые призмы зуба

На рисунке 37 представлен фрагмент эмали. **Эмаль** — продукт секреции эпителиальных клеток **эктодермального** происхождения — энамелобластов. Эмаль покрывает коронку зуба.

Это самая твердая и хрупкая ткань организма, состоящая из **органического матрикса** в виде фибриллярной белковой сети и аморфного вещества (гликозаминогликаны, аминокислоты), в котором располагаются **кристаллы минерального вещества** (гидроксиапатитов, карбонапатитов, хлорапатитов, фторапатитов — 96 %). Органических веществ в эмали мало: в основном белок эукератин — 1 %; воды — 3 %.

Проницаемость эмали ограничена. Между кристаллами есть микропоры, между призмами — **поры**. Транспорт веществ осуществляется через поры и микропоры эмалевой жидкостью. При дефиците питательных веществ и витаминов эмаль разрушается.

Призма — структурная единица эмали, ориентирована перпендикулярно к дентину, имеющая форму гнезда для ключа и изогнута винтообразно. Кристаллы в призмах расположены компактно и упорядоченно. На продольном срезе кристаллы — в виде коротких линий, а на поперечных — в виде темных точек. Кристаллы апатитов в центре призмы ориентированы параллельно ее длинной оси, а на периферии — под углом в поверхности призмы.

Периодичность отложения кристаллов в эмали при развитии имеет вид концентрических колец. Малая исчерченность в призмах — отражение суточного ритма в обызвествлении призм. Межпризменное вещество менее минерализованно, поэтому эти участки потенциально опасны для проникновения микробов. Энамелобласты исчезают еще до прорезывания зубов, поэтому **эмаль не восстанавливается**.

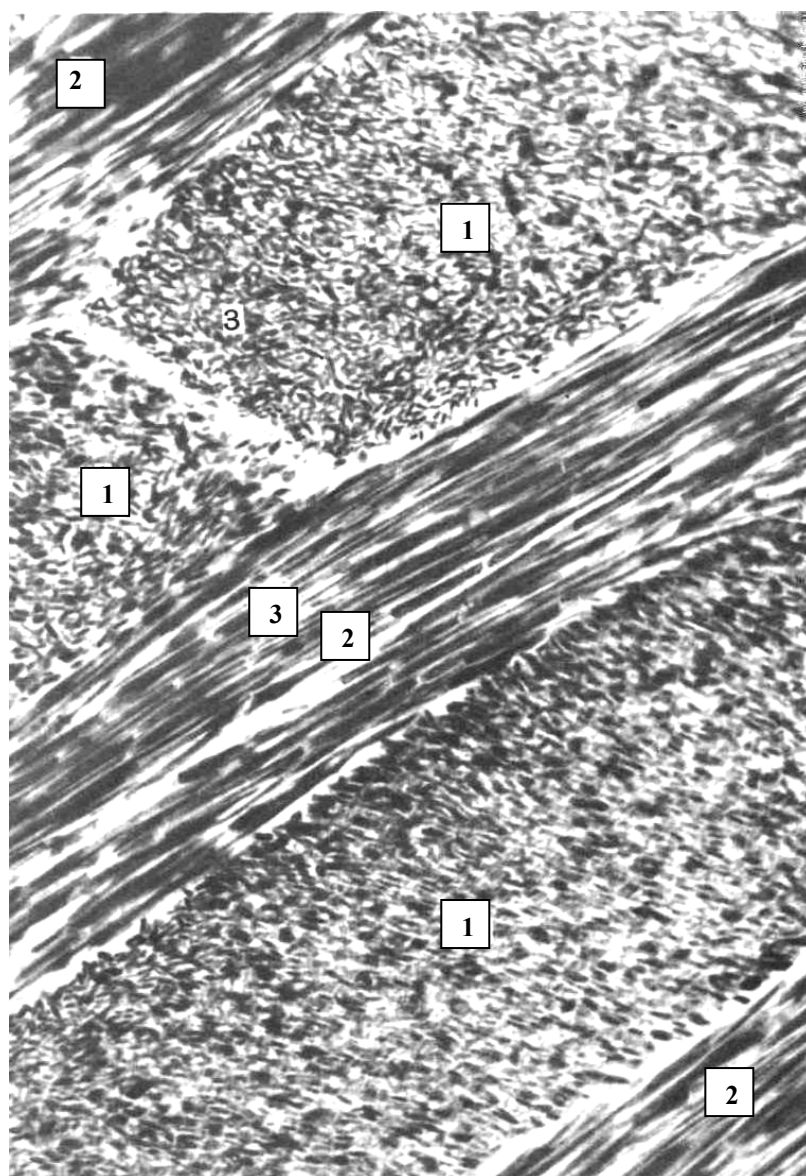


Рисунок 37 — Эмалевые призмы зуба

Увеличение в 44 800 раз. 1 — поперечные срезы эмалевых призм; 2 — продольные срезы эмалевых призм; 3 — плотно расположенные кристаллы минеральных веществ.

Клетка Панета

На рисунке 38 представлено дно простой трубчатой железы — **крипты**. На базальной мембране располагаются высокие призматические эпителиоциты нескольких типов:

— **клетки Панета** содержат крупные ацидофильные гранулы с дипептидазами и лизоцимом. Обычно в криптах их насчитывается 6–8 штук. В цитоплазме хорошо развита ЭПС, митохондрии, в ядре преобладает эухроматин.

Полагают, что секрет, содержащийся в ацидофильных гранулах, нейтрализует кислое содержимое, поступающее из желудка; участвует в расщеплении дипептидов до аминокислот; обладает антибактериальными свойствами. Тип секреции — мерокриновый.

Каемчатые энтероциты имеют около 1000 микроворсинок для увеличения поверхности всасывания. Гликокаликс микроворсинок адсорбирует ферменты, которые участвуют в пристеночном пищеварении. Между клетками хорошо развиты межклеточные контакты (плотные, адгезивные пояски, десмосомы и др.), предохраняющие эпителий от проникновения микробов и чужеродных веществ. Ядра светлые с преобладанием эухроматина. В цитоплазме присутствуют многочисленные митохондрии (энергия нужна для всасывания и транспорта веществ), комплекс Гольджи, ЭПС.

Энтероэндокринные клетки имеют мелкие темные гранулы в базальной части клетки, которые выделяются через базальную мембрану в кровь. Клетки вырабатывают гастрин, холецистокинин, мотилин, мелатонин, энтероглюкагон, секретин и другие биологически активные вещества. Наличие большого количества эндокриноцитов позволяет рассматривать тонкую кишку как полифункциональную эндокринную железу, многочисленные гормоны и биогенные амины которой оказывают влияние на процессы пищеварения и регуляцию общего гомеостаза.

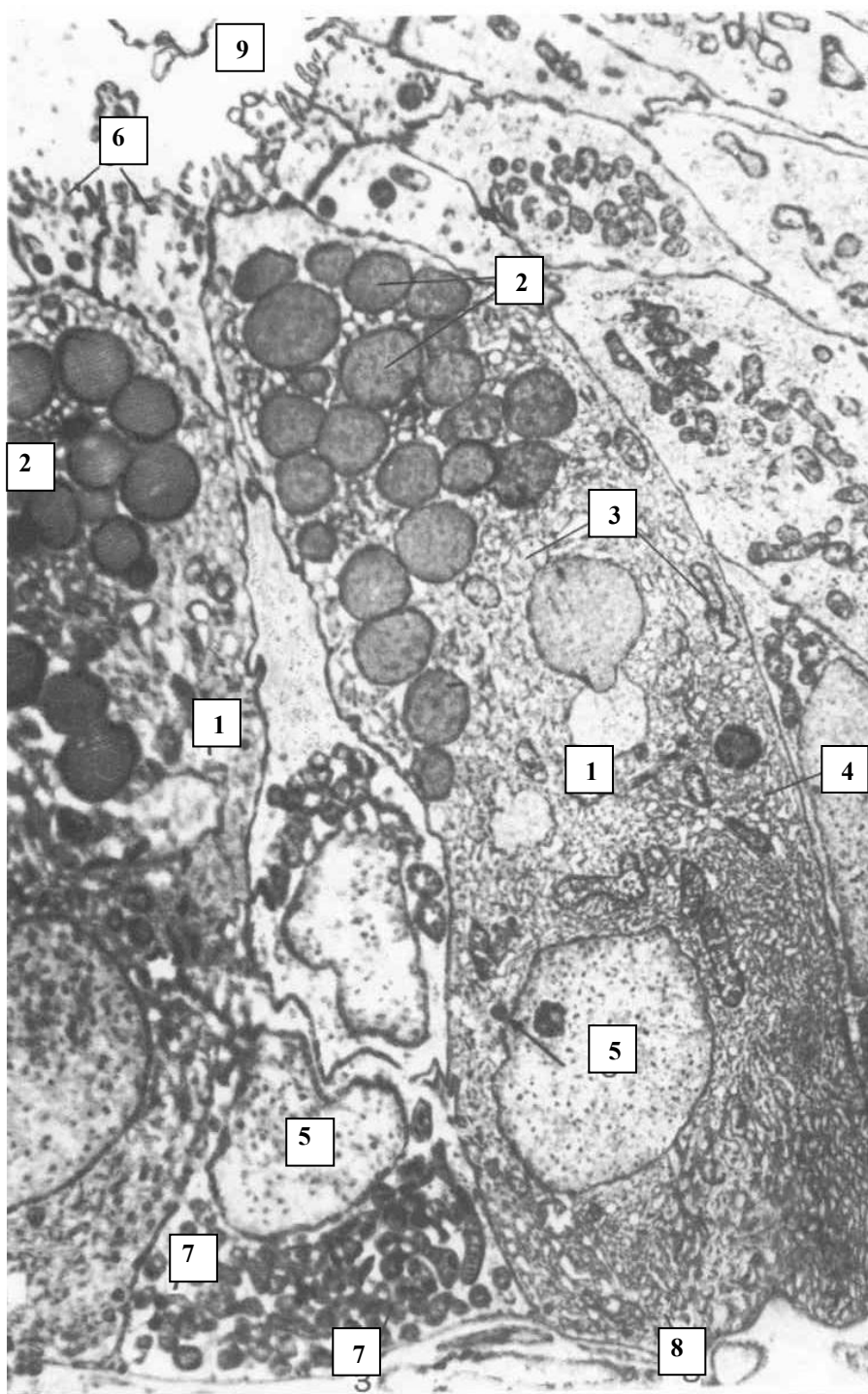


Рисунок 38 — Клетка Панета

Увеличение в 4 000 раз. 1 — клетки Панета; 2 — ацидофильные гранулы в апикальной части; 3 — митохондрии; 4 — ЭПС; 5 — ядро; 6 — микроворсинки каемчатых клеток; 7 — гранулы эндокриноцита; 8 — базальная часть клетки Панета; 9 — просвет крипты.

Концевой отдел поджелудочной железы

На рисунке 39 представлены: экзокринный **секреторный отдел (ацинус)**, **вставочный** внутридольковый проток и **кровеносный капилляр** поджелудочной железы.

Ацинус образован ациноцитами, которые имеют форму усеченного конуса. Они обладают выраженной *полярной дифференцировкой*. Их **апикальная (оксифильная, зимогенная)** часть содержит многочисленные зимогенные гранулы с пищеварительными проферментами, ядро смещено в **базальную (базофильную, гомогенную)** часть, где присутствует гранулярная ЭПС, полисомы, митохондрии, КГ, цитоскелет. Отсутствие признаков разрушения ациноцитов свидетельствует о **мерокриновом типе** секреции.

Если материал взят натощак - количество секреторных гранул велико, если после приема пищи — гранул мало, т. к. через несколько минут они выделяются для пищеварения. Ацетилхолин повышает секрецию ферментов, а симпатические нервные волокна — тормозят.

В центре ацинусов располагаются **центроацинозные клетки**. Это уплощенные клетки, выстилающие вставочный проток они имеют темное ядро со спирализованным хроматином, цитоплазму, бедную органеллами и включениями, и не вырабатывают секрет.

Кровеносные капилляры в экзокринной части **1 типа (соматические)**, имеют непрерывную эндотелиальную выстилку и сплошную базальную мембрану. Железа хорошо кровоснабжается, т. к. для синтеза ферментов нужны аминокислоты и кислород. В капилляре виден эритроцит.

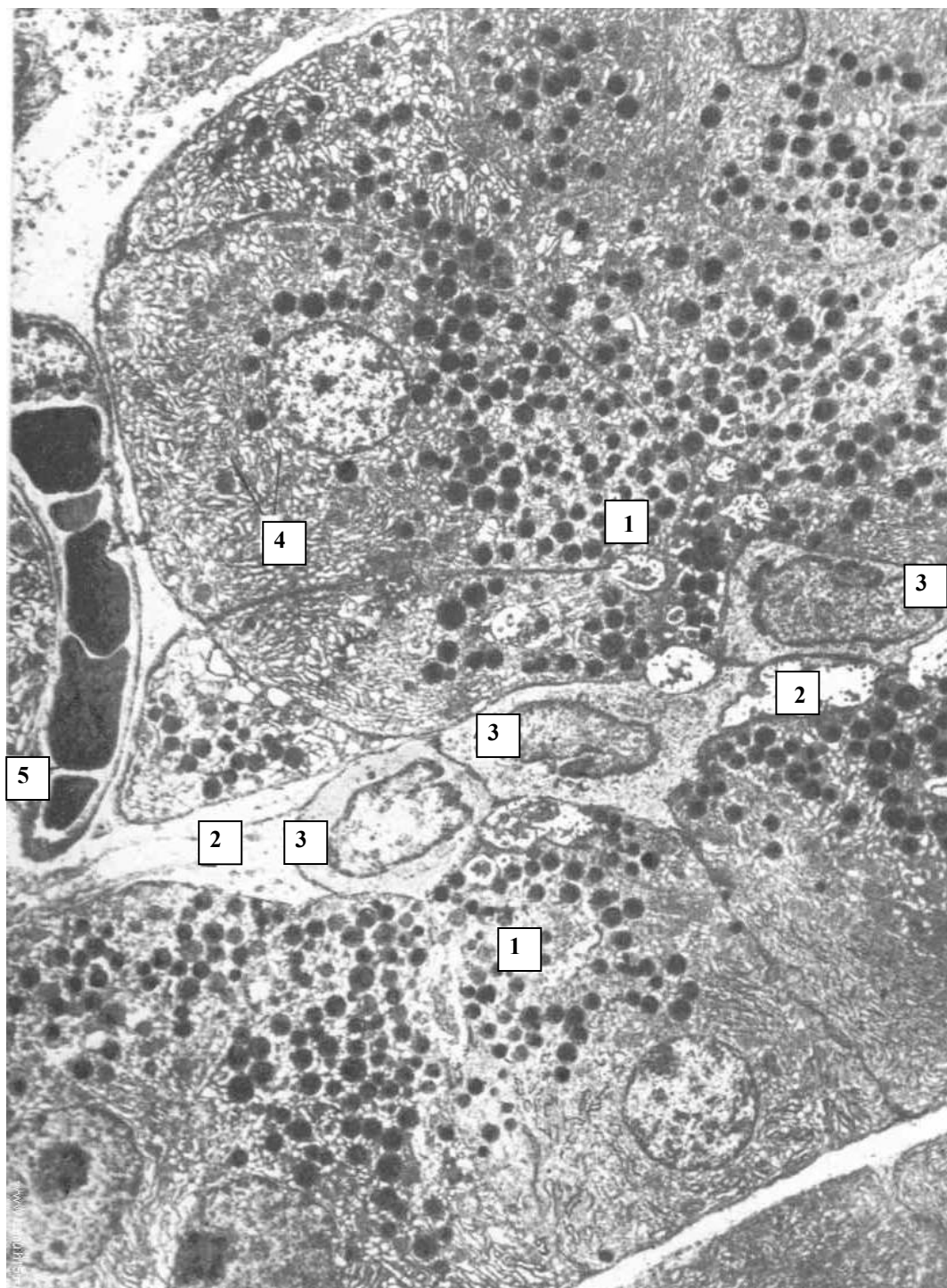


Рисунок 39 — Концевой отдел поджелудочной железы

Увеличение в 3 200 раз. 1 — апикальные (зимогенные) части панкреатических клеток; 2 — просвет концевого отдела; 3 — центроациназные эпителиальные клетки; 4 — ЭПС в базальной (гомогенной) части панкреатических клеток; 5 — кровеносный капилляр.

Часть стенки лимфатического капилляра

Лимфокапилляры представляют собой замкнутые с одной стороны трубочки. Стенка образована только эндотелиоцитами. **Базальная мембрана** и перicyты **отсутствуют**. Эндотелий связан с окружающей соединительной тканью пучками **стропных филаментов**, препятствующих спадению капилляров. Между эндотелиоцитами есть щели.

Диаметр лимфатических капилляров изменяется в зависимости от степени их наполнения. Они **выполняют дренажную функцию**.

На рисунке 40 виден просвет лимфокапилляра и часть его стенки. Выстилку капилляра образует **эндотелий** — однослойный плоский эпителий мезенхимного происхождения (из ангиобласта). Эндотелиоциты соединяются **плотными контактами**, препятствующими проникновению веществ по межклеточным промежуткам. Ядро эндотелиоцита содержит дисперсный хроматин. В цитоплазме содержатся пиноцитозные пузырьки.

Основные функции эндотелиальных клеток:

- активный транспорт веществ путем пиноцитоза (в цитоплазме много пиноцитозных пузырьков);
- пассивный транспорт (вода, ионы, газы);
- синтез биологически активных веществ на гранулярной ЭПС.

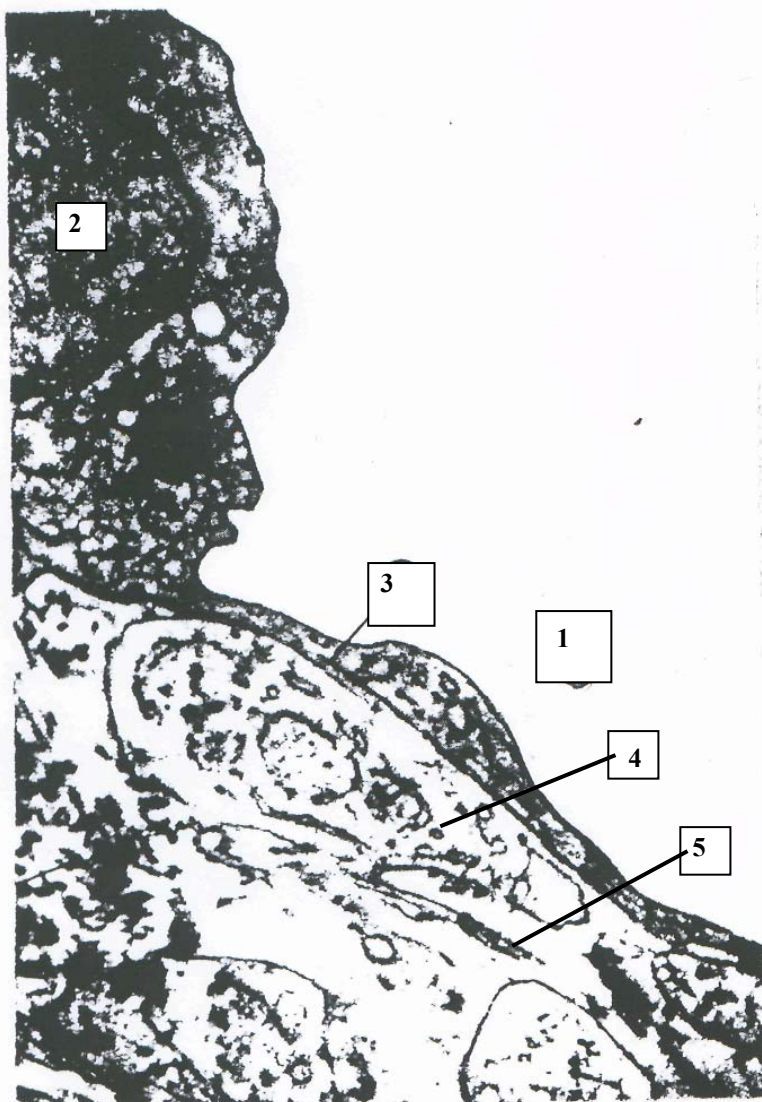


Рисунок 40 — Часть стенки лимфатического капилляра

Увеличение в 22 000 раз. 1 — просвет лимфатического капилляра; 2 — ядро эндотелиальной клетки; 3 — цитоплазма эндотелиоцита; 4 — фибробласт; 5 — коллагеновые фибриллы.

Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого

На рисунке 41 представлен **гемокапилляр** в стенке альвеолы. Хорошо различимы полость альвеолы и интерстиций.

Альвеолы выстланы однослойным плоским эпителием. Различают альвеолоциты двух типов.

Альвеолоциты I типа (респираторные) имеют тонкую безъядерную часть (через нее происходит газообмен) и толстую ядродержащую. Они лежат на тонких базальных мембранах. Часто базальные мембраны альвеолоцитов и эндотелиоцитов сливаются, что благоприятствует газообмену. Альвеолоциты I типа являются высокоспециализированными клетками, утратившими способность к делению.

Альвеолоциты II типа (большие) секретируют **сурфактант**, они способны к пролиферации и являются **камбиальными клетками**.

В легких располагаются капилляры *I типа (соматические)*. Эндотелиоциты соединяются друг с другом с помощью плотных контактов. Базальная мембрана непрерывная.

Аэро-гематический барьер включает:

1. сурфактант;
2. цитоплазму альвеолоцита I типа;
3. общую базальную мембрану;
4. цитоплазму эндотелиоцита.

Интерстиций — это прослойки рыхлой соединительной ткани между альвеолами. Они содержат кровеносные капилляры, клетки соединительной ткани — фибробласты и макрофаги, а также хорошо развитый эластический каркас из эластических волокон.

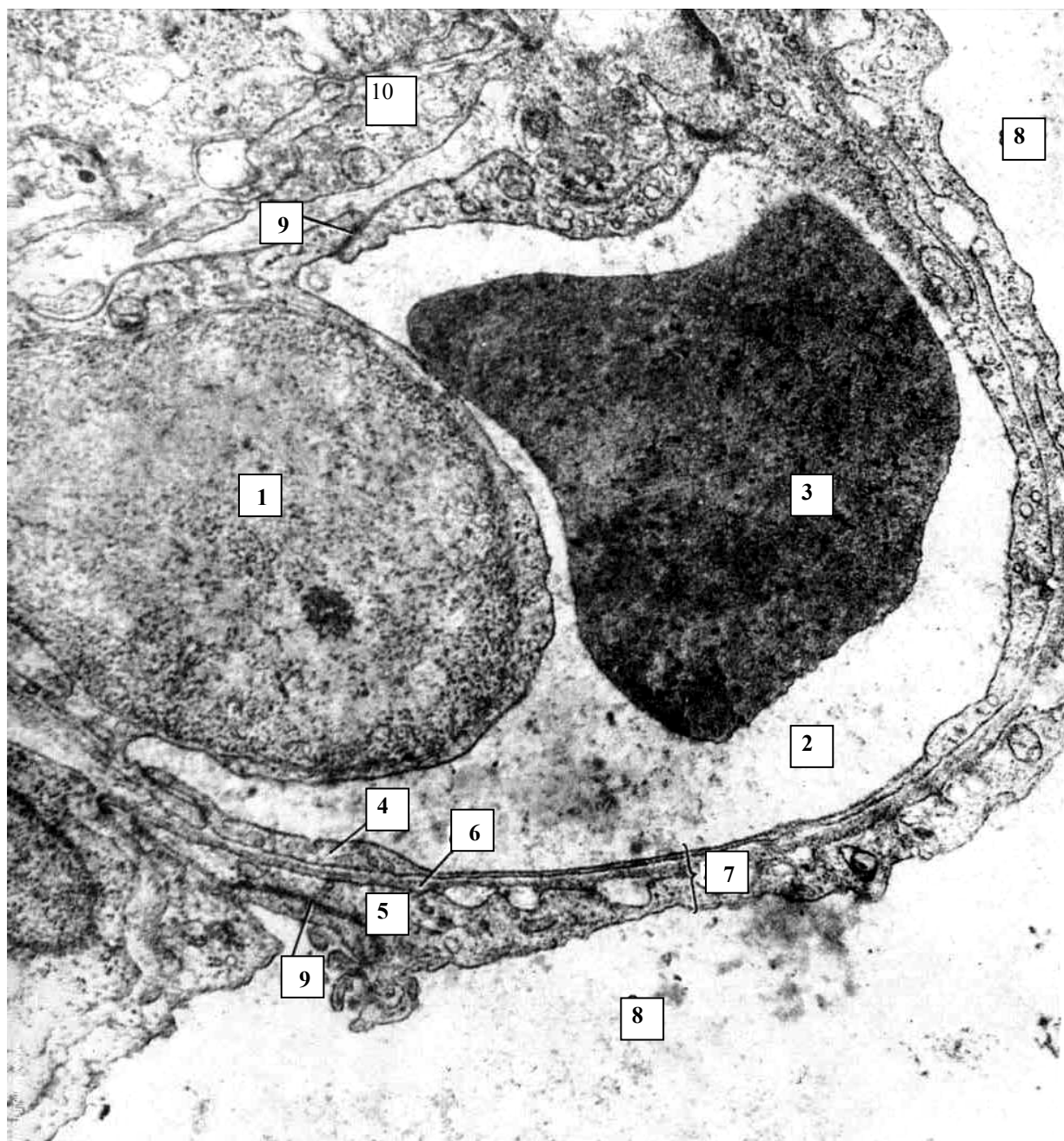


Рисунок 41 — Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого

Увеличение в 25 000 раз. 1 — ядро эндотелиальной клетки; 2 — просвет капилляра; 3 — эритроцит в просвете капилляра; 4 — цитоплазма эндотелиальной клетки; 5 — цитоплазма альвеолоцита; 6 — базальные мембраны эндотелиоцита и альвеолоцита; 7 — аэро-гематический барьер; 8 — просвет альвеолы; 9 — десмосомы; 10 — часть межальвеолярной перегородки.

Аксо-вазальный синапс в задней доле гипофиза

В эндокринных железах, кишечнике, почках встречаются **гемокапилляры II типа (фенестрированные)**. Здесь происходит интенсивный транспорт — обмен веществ между кровью и окружающими тканями (в ЖКТ всасываются питательные вещества, в почках идет фильтрация, в эндокринных железах поступают в кровь гормоны).

Аксоны крупных холинэргических **нейросекреторных клеток супраоптических и паравентрикулярных ядер** гипоталамуса через гипофизарную ножку приходят в заднюю долю гипофиза (нейрогипофиз), где заканчиваются на кровеносных капиллярах аксовазальными синапсами. Здесь синтезируемые в секреторных нейронах гормоны **вазопрессин и окситоцин** поступают в кровоток.

На рисунке 42 видны следующие структуры:

1. **Аксоны** нейросекреторных клеток, содержащие темные секреторные гранулы, контактируют с базальной мембраной капилляра.

2. **Глиальные клетки** гипофиза — питуициты с большими светлыми ядрами.

3. **Фенестрированный капилляр**, окружен небольшим перикапиллярным пространством. Эндотелиоцит имеет большое ядро, цитоплазму разной толщины. Видны фенестры, облегчающие транспорт гормонов в кровь. Базальная мембрана сплошная и хорошо заметна на всем протяжении капиллярной стенки.

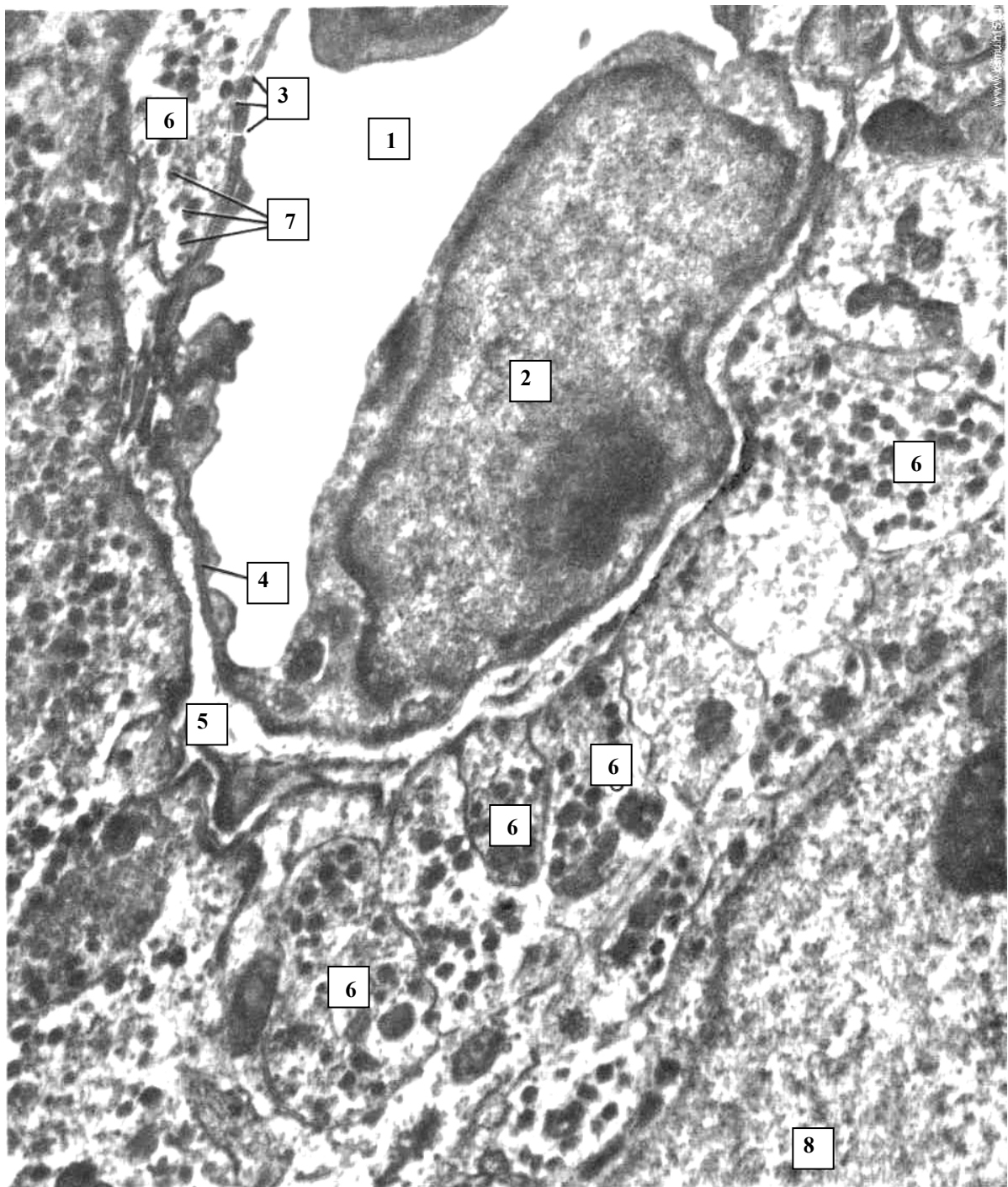


Рисунок 42 — Аксо-вазальный синапс в задней доле гипофиза

Увеличение в 25 000 раз. 1 — просвет капилляра; 2 — ядро эндотелиальной клетки; 3 — фенестры в эндотелии; 4 — базальная мембрана; 5 — перикапиллярное пространство; 6 — нейриты нейросекреторных клеток; 7 — скопление гранул нейросекрета в аксоплазме; 8 — питуицит.

Фильтрационный барьер почечного тельца

Функция почечного тельца — фильтрация плазмы крови и образование первичной мочи. Почечное тельце состоит из двухслойной капсулы нефрона и капиллярного клубочка. Капилляры в клубочке фенестрированные (П тип). Диаметр приносящей артериолы в два раза больше диаметра выносящей. Это создает фильтрационное давление. Капсула имеет наружный листок, выстланный однослойным плоским эпителием, и внутренний, представленный отростчатыми клетками подоцитами. Между подоцитами и эндотелиоцитами находится общая трехслойная базальная мембрана.

Фильтрационный барьер — совокупность структур, разделяющих плазму крови и полость капсулы. Фильтрационный барьер состоит из **подоцитов, базальной мембраны и эндотелиоцитов**.

На рисунке 43 видны 3 компонента фильтрационного барьера:

1. **Подоциты**, имеющие длинные отростки — цитотрабекулы, от которых отходят более мелкие — цитоподии. Цитоподии прикрепляются к общей базальной мембране. Между цитоподиями находятся фильтрационные щели шириной 40 нм, прикрытые специальными диафрагмами. Подоцит способен изменять толщину цитоподий и регулировать величину щелей, регулируя процесс фильтрации. Подоцит охватывает капилляр как осьминог. Ядро подоцита расположено в толстой части клетки, а в цитотрабекуле видна митохондрия.

2. **Базальная мембрана**, имеет три слоя: в центре — темный элетроноплотный, образованный сетью коллагеновых волокон 4 типа с диаметром ячеек 4–7 нм, и два светлых. Все слои содержат гликозаминогликаны и гликопротеины.

3. **Эндотелиоцит** в цитоплазме имеет истончения — фенестры или поры, прикрытые диафрагмами. Диаметр поры 50–100 нм. Капилляры большого диаметра обеспечивают замедление кровотока.

В полости капилляра поддерживается высокое давление, благодаря которому кровь стремится выдавиться в область с низким давлением (полость капсулы нефрона). На пути расположен фильтрационный барьер, который в норме задерживает крупномолекулярные белки (базальная мембрана и диафрагмы в фильтрационных щелях) и форменные элементы (фенестры в эндотелии). Фильтрат — первичная моча — это плазма крови без крупномолекулярных белков.

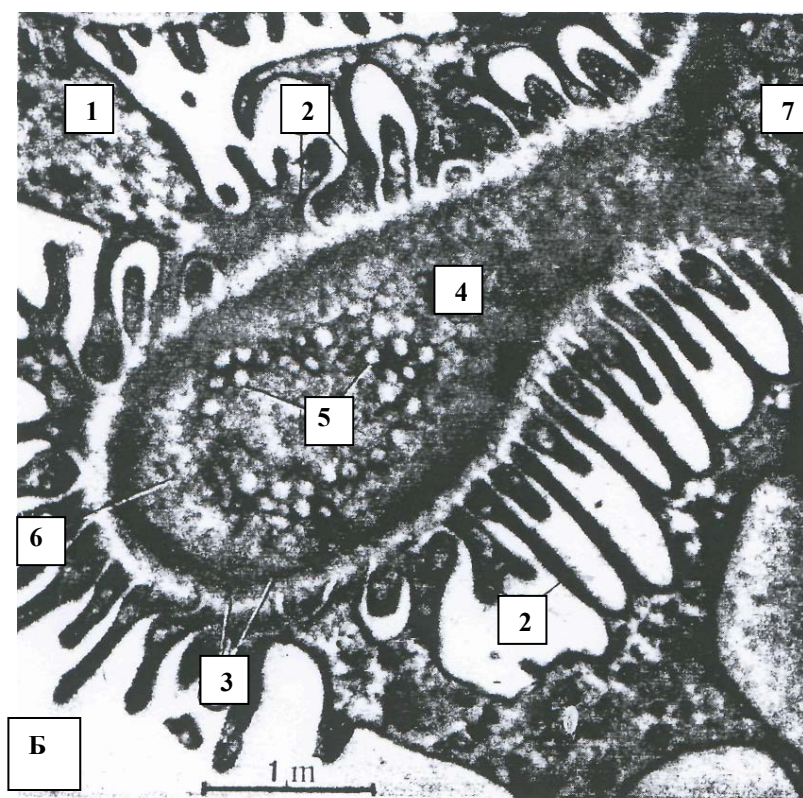
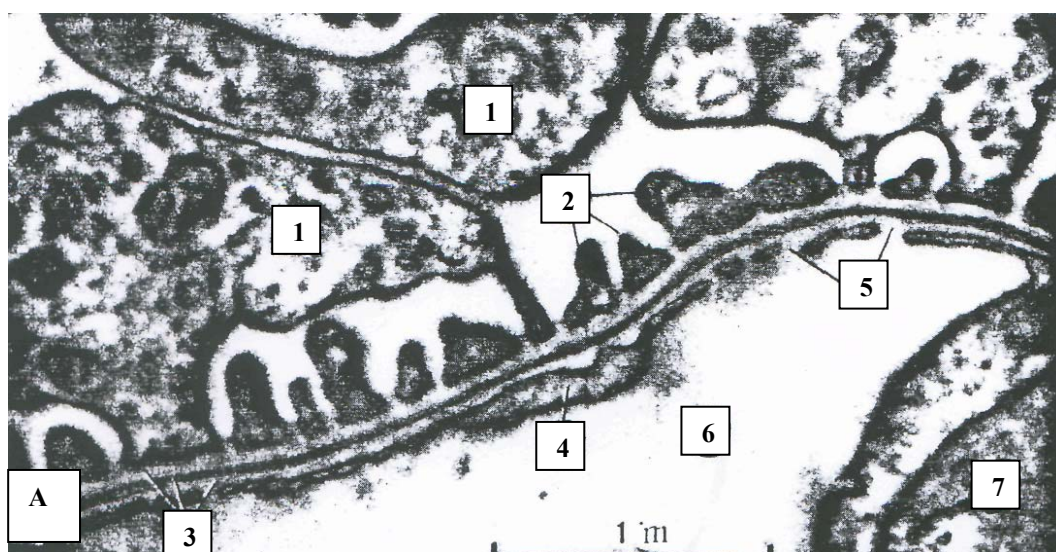


Рисунок 43 — Фильтрационный барьер почечного тельца

А — поперечный срез; Б — тангенциальный срез. 1 — цитотрабекулы подоцитов; 2 — цитоподии; 3 — трехслойная базальная мембрана; 4 — цитоплазма эндотелиальных клеток; 5 — фенестры; 6 — просвет капилляра; 7 — ядро эндотелиоцита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов, И. В. Атлас по гистологии и эмбриологии / И. В. Алмазов, Л. С. Сутулов. — М.: Медицина, 1978. — 543 с.
2. Молекулярная биология клетки / Б. Альбертс [и др.]; пер. с англ. — М.: Мир, 1994. — Т. 1–3.
3. Арцішэўскі, А. А. Гісталагія з асновамі цыталогіі і эмбрыялогіі / А. А. Арцішэўскі. — Мн.: Тэхналогія, 2000.
4. Быков, В. Л. Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека) / В. Л. Быков. — СПб.: СОТИС, 1998. — 520 с.
5. Быков, В. Л. Функциональная морфология клетки / В. Л. Быков. — СПб.: ГМУ, 1995.
6. Быков, В. Л. Частная гистология человека / В. Л. Быков. — СПб.: СОТИС, 1999. — 300 с.
7. Гистология / под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. — 5-е изд. — М.: Медицина, 1999. — 744 с.
8. Гистология в вопросах и ответах / под ред. Б. А. Слуки. — Мозырь: Белый ветер, 2001. — 331 с.
9. Гистология. Введение в патологию / под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Чельшева. — М.: ГЭОТАР, 1997. — 960 с.
10. Гистология, цитология и эмбриология: атлас / под ред. О. В. Волковой, Ю. К. Елецкого. — М.: Медицина, 1996. — 542 с.
11. Данилов, Р. К. Общая и медицинская эмбриология / Р. К. Данилов, Т. Г. Боровая. — СПб.: СпецЛит., 2003. — 231 с.
12. Данилов, Р. К. Гистология человека в мультимедиа / Р. К. Данилов, А. А. Клишов, Т. Г. Боровая. — СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2004. — 361 с.
13. Данилов, Р. К. Гистология: учеб. матер. лекциям и практическим занятиям / Р. К. Данилов, А. А. Клишов. — СПб.: ВМедА, 1995.
14. Елисеев, В. Г. Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения клеток, тканей и органов / В. Г. Елисеев, Ю. И. Афанасьев, Е. Ф. Котовский. — М.: Медицина, 1970. — 399 с.
15. Заварзин, А. А. Основы сравнительной гистологии / А. А. Заварзин. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1985. — 400 с.
16. Карлсон, Б. Эмбриология по Пэттену: в 2 т. / Б. Карлсон. — М.: Мир, 1983. — 750 с.
17. Клишов, А. А. Гистогенез и регенерация тканей / А. А. Клишов. — Л.: Медицина, 1984.
18. Клишов, А. А. Гистология человека / А. А. Клишов. — Л.: ВМедА, 1989.
19. Кнорре, А. Г. Краткий очерк эмбриологии человека / А. Г. Кнорре. — М.: Медицина, 1967. — 267 с.
20. Крстич, Р. В. Иллюстрированная энциклопедия по гистологии человека / Р. В. Крстич. — СПб.: СОТИС, 2001. — 536 с.

21. *Кузнецов, С. Л.* Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии / С. Л. Кузнецов, Н. Н. Мушкамбаров, В. Л. Горячкина. — М.: МИА, 2001.
22. Лабораторные занятия по курсу гистологии, цитологии и эмбриологии / под ред. Ю. И. Афанасьева [и др.]. — М.: Высш. шк., 1990. — 399 с.
23. *Леонтьук, А. С.* Основы возрастной гистологии / А. С. Леонтьук, Б. А. Слука. — Мн.: Высш. шк., 2000. — 407 с.
24. Методические разработки к практическим занятиям по частной гистологии для студентов медико-психологического факультета / Я. Р. Мацюк [и др.]. — Гродно, 1999. — 68 с.
25. *Мяделец, О. Д.* Курс лекций по частной гистологии / О. Д. Мяделец. — Витебск, 1995. — 257 с.
26. *Мяделец, О. Д.* Краткий практикум по гистологии / О. Д. Мяделец. — Витебск, 1996. — 86 с.
27. Практикум по гистологии, цитологии и эмбриологии / под ред. Н. А. Юриной, А. И. Радостиной. — М.: Изд-во УДН им. П. Лулумбы, 1989. — 253 с.
28. Прикладные аспекты гистологии в ситуационных задачах / под ред. Б. А. Слуки. — Мн.: МГМИ, 1999. — 132 с.
29. Руководство по гистологии. В 2 т. — СПб.: СпецЛит., 2001. — 735 с.
30. *Студеникина, Т. М.* Эмбриология / Т. М. Студеникина, Б. А. Слука. — 2-е изд., перераб. и доп. — Мн.: «Харвест», 2009. — 304 с.
31. *Сапин, М. Р.* Иммунная система человека / М. Р. Сапин, Л. Е. Этинген. — М.: Медицина, 1967. — 267 с.
32. *Хэм, А.* Гистология / А. Хэм, Д. Кормак. — М.: Мир, 1982–1983. — Т. 1–5. — 1354 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Раздел I. Цитология и эмбриология.....	4
Клеточные реснички.....	4
Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки.....	6
Комплекс Гольджи.....	8
Десмосома на границе двух эпителиальных клеток.....	10
Лизосомы.....	12
Ядерная оболочка (кариолема).....	14
Гранулярная эндоплазматическая сеть.....	16
Митохондрии с пластинчатыми кристами.....	18
Митохондрии с везикулярными кристами.....	20
Ооцит из фолликула яичника.....	22
Сперматозоид.....	24
Раздел II. Общая гистология.....	26
Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит.....	26
Эозинофильный лейкоцит.....	28
Базофильный лейкоцит.....	30
Тромбоцит.....	32
Лимфоцит.....	34
Плазматическая клетка.....	36
Фибробласт.....	38
Коллагеновое волокно.....	40
Клетка бурой жировой ткани.....	42
Остеоцит.....	44
Поперечно-полосатое мышечное волокно.....	46
Саркомер.....	48
Различия в структуре и конфигурации вставочных дисков.....	50
Безмиелиновые нервные волокна.....	52
Миелиновые нервные волокна.....	54
Перехват Ранвье.....	56
Строение мезаксона в области насечки невритлеммы.....	58
Двигательное нервное окончание.....	60
Чувствительное инкапсулированное нервное окончание.....	62
Раздел III. Частная гистология.....	64
Нейросенсорные клетки сетчатки глаза.....	64
Волосковые клетки пятна маточки перепончатого лабиринта.....	66
Соматотропная клетка аденогипофиза.....	68
Фоллитропоцит аденогипофиза.....	70
Стенка фолликула щитовидной железы.....	72
Эмалевые призмы зуба.....	74
Клетка Панета.....	76
Концевой отдел поджелудочной железы.....	78
Часть стенки лимфатического капилляра.....	80
Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого.....	82
Аксо-вазальный синапс в задней доле гипофиза.....	84
Фильтрационный барьер почечного тельца.....	86
Литература.....	88

ISBN 978-985-506-262-3



Учебное издание

Кравцова Ирина. Леонидовна

**РУКОВОДСТВО
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОФОТОГРАФИЙ**

**Учебно-методическое пособие
для студентов лечебного, медико-диагностического факультетов
и факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран**

**Редактор *О. В. Кухарева*
Компьютерная верстка *Ж. И. Цырыкова***

Подписано в печать 23.10.2009
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная 80 г/м². Гарнитура «Таймс»
Усл. печ. л. 5,35. Тираж 1000 экз. Заказ № 242

Издатель и полиграфическое исполнение
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
246000, г. Гомель, ул. Ланге, 5
ЛИ № 02330/0549419 от 08.04.2009