

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

**Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии**

**И. Л. КРАВЦОВА, Н. Г. МАЛЬЦЕВА,**  
**М. А. ШАБАЛЕВА**

**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ**  
**ФОТОГРАФИИ**  
**(ЭЛЕКТРОНОГРАММЫ)**

**Рекомендовано учебно-методическим объединением**  
**по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию**  
**в качестве пособия для студентов**  
**учреждений высшего образования,**  
**обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело»,**  
**1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело»**

**Гомель**  
**ГомГМУ**  
**2020**

УДК 611-018:778.317(072)

ББК 28.86:32.844.1я73

К 77

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, профессор,  
главный научный сотрудник лаборатории  
«Центр электронной и световой микроскопии»  
Института физиологии НАН Беларуси  
*Л. И. Арчакова;*

*кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии  
Белорусского государственного медицинского университета*

**Кравцова, И. Л.**

К 77 Электронномикроскопические микрофотографии (электронограммы): учеб.-метод. пособие / И. Л. Кравцова, Н. Г. Мальцева, М. А. Шабалева. — Гомель: ГомГМУ, 2020. — 100 с.  
ISBN 978-985-588-186-6

Учебно-методическое пособие содержит электронные микрофотографии клеток и внеклеточных структур по основным разделам: «Цитология», «Эмбриология», «Общая гистология», «Частная гистология». Предлагаются описания электронномикроскопических изображений гистологических объектов, а также схематические рисунки и краткие сведения, касающиеся источников развития, строения и функционального значения структур, изучаемых на практических занятиях.

Предназначено для самостоятельной работы студентов 1 и 2 курсов, обучающихся по специальностям 1–79 01 01 «Лечебное дело», 1–79 01 04 «Медико-диагностическое дело» в период подготовки к практическим и итоговым занятиям.

Утверждено и рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 24 июня 2019 г., протокол № 11.

**УДК 611-018:778.317(072)**

**ББК 28.86:32.844.1я73**

**ISBN 978-985-588-186-6**

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный  
медицинский университет», 2020

# ВВЕДЕНИЕ

Мотивом для создания настоящего пособия явилась идея подготовки материалов для самостоятельной управляемой работы студентов, что является одним из обязательных элементов учебно-методического комплекса по гистологии, цитологии и эмбриологии. Настоящее пособие призвано облегчить студентам поиск литературных источников и тем самым сократить время, необходимое для подготовки к практическим и итоговым занятиям.

Необходимость составления данного пособия для студентов медицинских вузов вызвано отсутствием в доступной учебной литературе материалов для подготовки к занятиям. В учебнике гистологии сведения обширны и студентам первых курсов сложно выделить наиболее важную информацию, специализированный «Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения» представляет библиографическую редкость и мало доступен не только студентам, но и преподавателям. Некоторые микрофотографии атласа устарели и нуждаются в определенной коррекции.

Согласно требованиям действующих типовых программ по освоению учебной дисциплины, диагностика электронных микрофотографий на переводном экзамене по гистологии, цитологии и эмбриологии имеет цель выяснить знания и умения студентов распознавать различные внутриклеточные структуры (органеллы, включения) и на этой основе анализировать тканевую и органную принадлежность клеток, их функциональное состояние.

В экзаменационный контрольный набор включено 46 электронных микрофотографий, иллюстрирующих наиболее значимые структуры из всех разделов. Большинство электронограмм взято из «Атласа микроскопического и ультрамикроскопического строения» В. Г. Елисеева, Ю. Г. Афанасьева, Е. Ф. Котовского, отдельные электронограммы являются оригинальными. Некоторые электронные микрофотографии снабжены поясняющими схематическими рисунками. Описанию электронограмм предшествует очень краткая справка о строении и функциональном предназначении ультраструктур клеток, источниках развития, особенностях структурно-функциональной организации тканей и органов.

# РАЗДЕЛ I. ЦИТОЛОГИЯ И ЭМБРИОЛОГИЯ

## *Клеточные реснички*

**Реснички** присутствуют в клетках мерцательного эпителия воздухопроводящих и семявыносящих путей, яйцеводов. Их можно обнаружить в эпителиоцитах, 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.

**Ресничка** представляет собой тонкий длинный цилиндр (5–10 мкм). Это вырост плазмолеммы, внутреннее содержимое которого — **аксонема** — состоит из **комплекса микротрубочек** и небольшого количества гиалоплазмы (рисунок 1–1). Субъединицей микротрубочки является гетеродимер, включающий молекулы  $\alpha$ - и  $\beta$ -тубулина. Микротрубочки располагаются по окружности парами (**9 дуплетов**), в центре располагается **центральная пара**. Формула микротрубочек **(9x2)+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 (рисунок 1–2). Реснички не содержат в своем составе сократительных белков, но при этом совершают односторонние биения, не изменяя своей длины. Это происходит за счет смещения микротрубочек относительно друг друга в присутствии АТФ.

Нижняя часть реснички погружена в гиалоплазму и представлена **базальным тельцем**. Оно состоит из 9 триплетов микротрубочек **(9x3)+0** (аналогичное центриоли). Служит матрицей для формирования аксонемы.

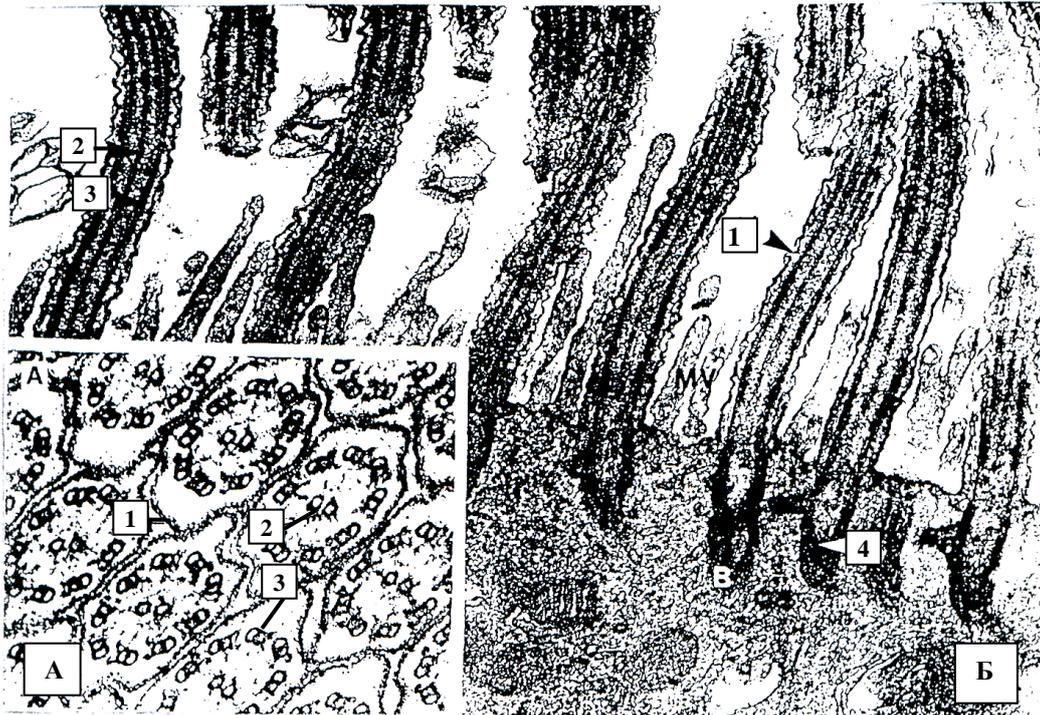
### **Функции ресничек:**

1. **Движение.** Если клетка лежит в эпителии — *перемещение* слизистого секрета.
2. **Участие в рецепции.**

### **Отличия ресничек от микроворсинок:**

1. В основании ресничек есть 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 нарушением организации аксонемы, что наблюдается при синдроме неподвижных ресничек и приводит к развитию хронического бронхита и синусита; стерильности у мужчин.



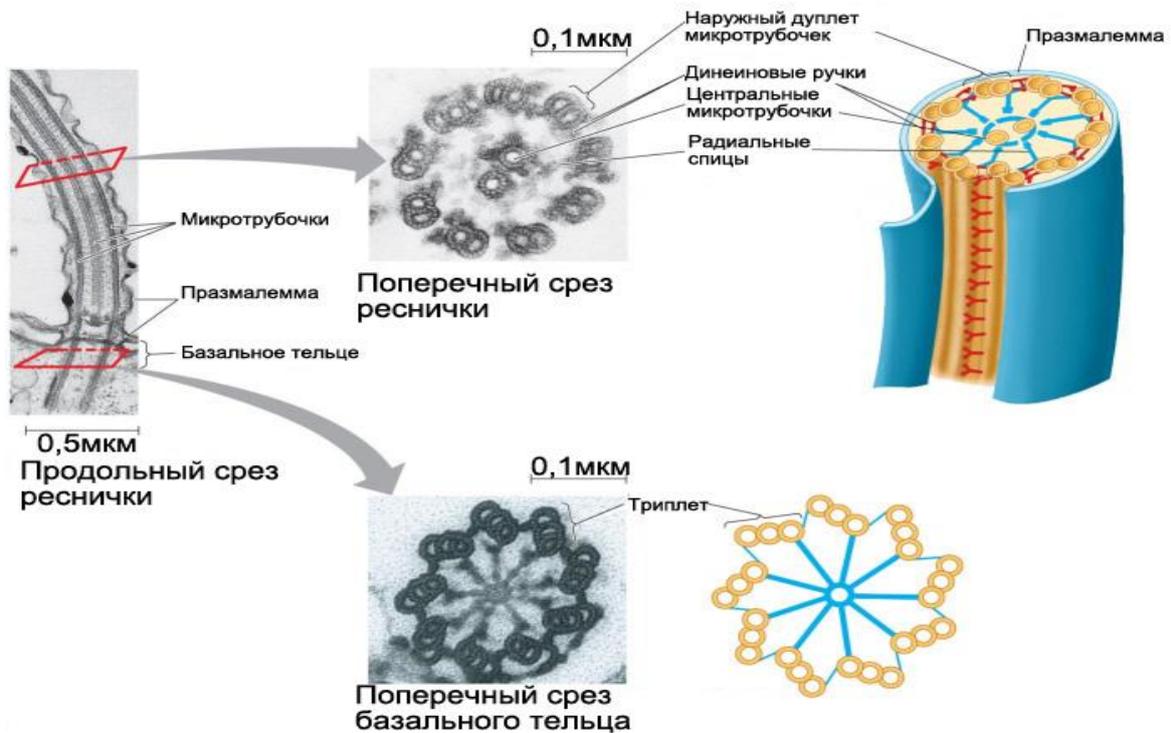
**Рисунок 1-1. — Клеточные реснички [1]:**

*А — поперечный срез; Б — продольный срез.*

*1 — плазмолемма; 2 — центральная двойная микротрубочка;*

*3 — периферические двойные микротрубочки; 4 — базальное тельце*

Увеличение в 80 000 раз.



**Рисунок 1-2 — Схема строения реснички [39]**

## ***Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки***

На электронограмме представлен фрагмент апикальной части клетки с микроворсинками. Они являются модификацией клеточной поверхности. Типичны для эпителиальных тканей.

**Микроворсинки** — это тонкие и длинные (около 1 мкм) выросты апикальной части клетки (рисунок 2–1). Внутри каждой микроворсинки располагается пучок из 20–40 актиновых сократительных **микрофиламентов** (рисунок 2–2). 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:**

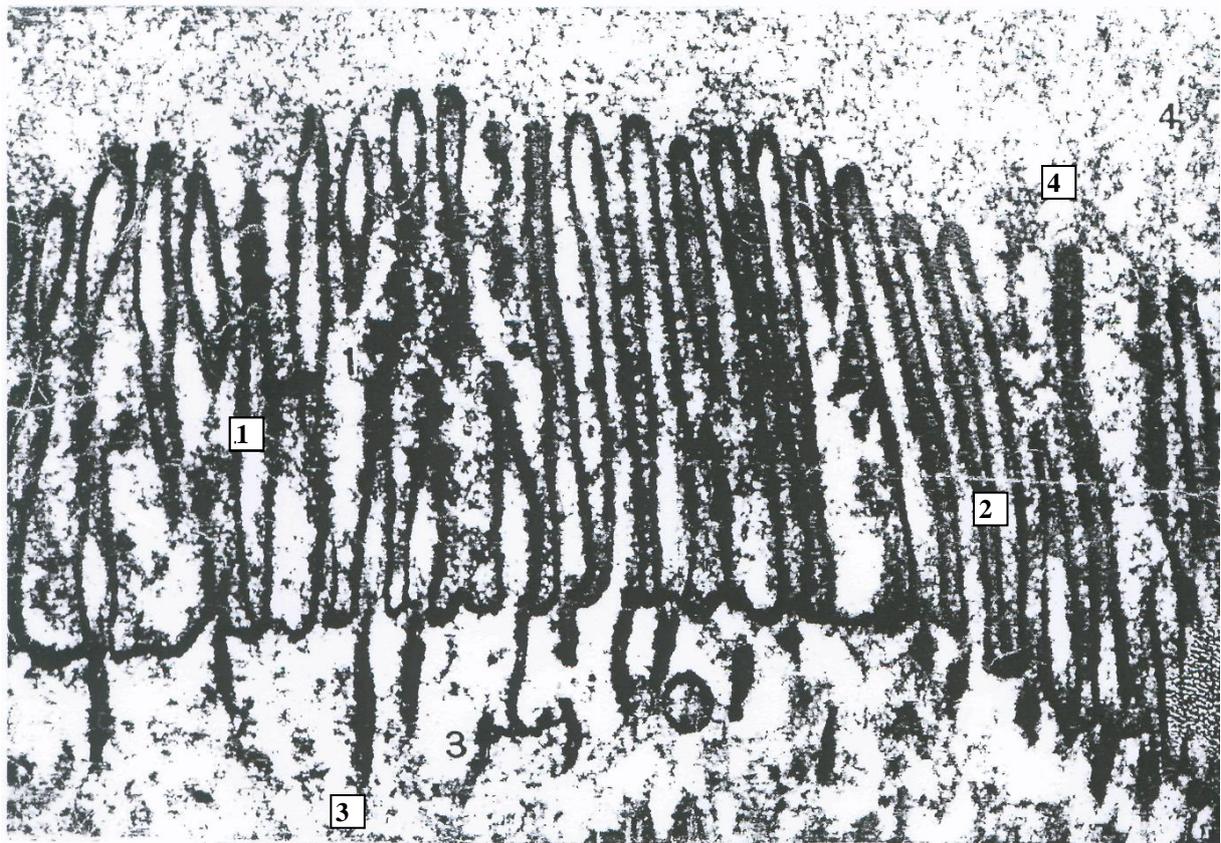
1. Микроворсинки щеточной каемки.
2. Стереоцилии сенсорного эпителия внутреннего уха.

### **Функции микроворсинок:**

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

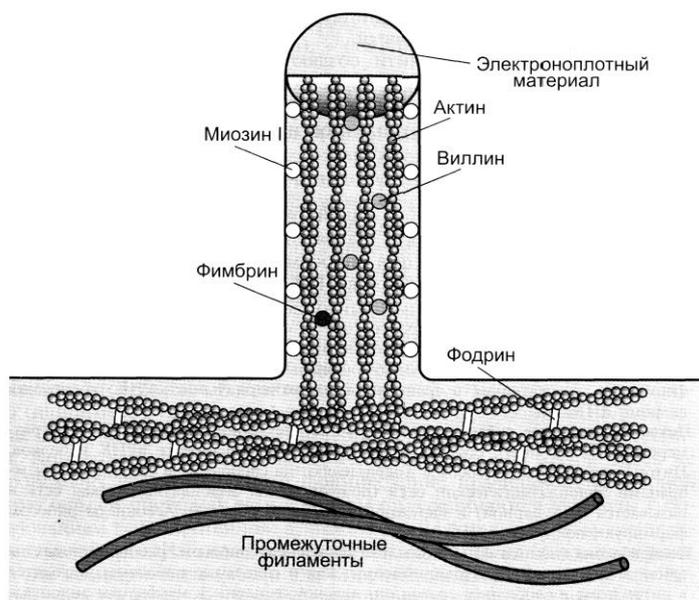
### **Отличия микроворсинок от ресничек:**

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.



**Рисунок 2-1 — Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки [18]:**  
 1 — клеточные микроворсинки; 2 — всасывающая каемка;  
 3 — апикальная часть клетки; 4 — просвет тонкой кишки (по Ю. С. Ченцову)

Увеличение в 30 000 раз.



**Рисунок 2-2 — Схема строения микроворсинки (по В. Л. Быкову) [5]**

## ***Комплекс Гольджи***

**Комплекс Гольджи** — это мембранная органелла общего назначения. Присутствует во всех клетках (кроме эритроцитов и роговых чешуек). Если клетка полярна, то комплекс Гольджи ориентирован в сторону выведения продукта.

Представлен сплюсненными **цистернами**, собранными в стопку (рисунок 3–1). 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 сближены и идут 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 3–2).

**Везикулы** — небольшие округлые мешочки, в которые упакован зрелый продукт, готовый к отправке из клетки или использованию внутри ее. Они расположены в периферической части цистерн, чаще встречаются на вогнутой транс-поверхности созревания, содержимое их светлое, прозрачное.

**Вакуоли** — большие мешки. Это расширенные цистерны, заполненные продуктом, недавно поступившим из мест синтеза (гранулярной ЭПС) для доработки или упаковки. Вакуоли встречаются чаще возле выпуклой цис-поверхности.

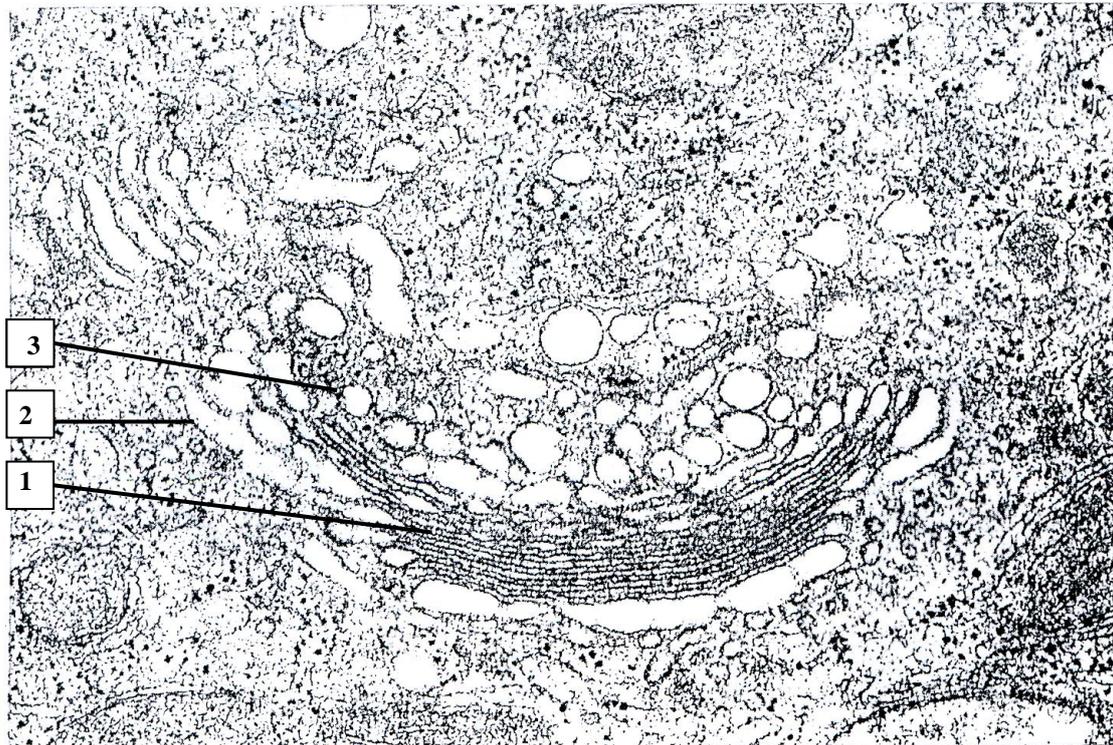
### **Отличия комплекса Гольджи от ЭПС:**

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

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

### **Функции комплекса Гольджи:**

1. Накопление, химическая перестройка и созревание синтезированных продуктов.
2. Процессинг молекул.
3. Обеспечение новообразованных гранул мембранами.
4. Обновление клеточных мембран, замещение дефектов плазмолеммы.
5. Синтез полисахаридов и гликопротеидов (гликокаликса, слизи).
6. Источник образования первичных лизосом (гидролазных пузырьков).



*Рисунок 3-1 — Комплекс Гольджи [4]:  
1 — цистерны; 2 — вакуоли; 3 — пузырьки ЭПС (Courtesy of D. Friend)*

Увеличение в 65 000 раз.



*Рисунок 3-2 — Схема строения комплекса Гольджи [39]*

## *Десмосомы между клетками шиповатого слоя кожи*

**Десмосомы** являются характерными контактами для кардиомиоцитов, эпителиальных и других клеток, обеспечивающими их прочное сцепление.

На данной электронограмме представлены несколько клеток шиповатого слоя эпидермиса. Места их контактов укреплены десмосомами (рисунок 4–1).

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, в который вплетаются промежуточные филаменты цитоскелета (рисунок 4–2).

### **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 нити десмоглеина, отходящие от *наружной поверхности* электронно-плотных пластинок.

3. Электронно-плотные **пластинки** прикрепления — *утолщения плазмолеммы* контактирующих клеток за счет наложения электронно-плотного материала (белок — десмоплакин) на плазмолеммы со стороны цитоплазмы.

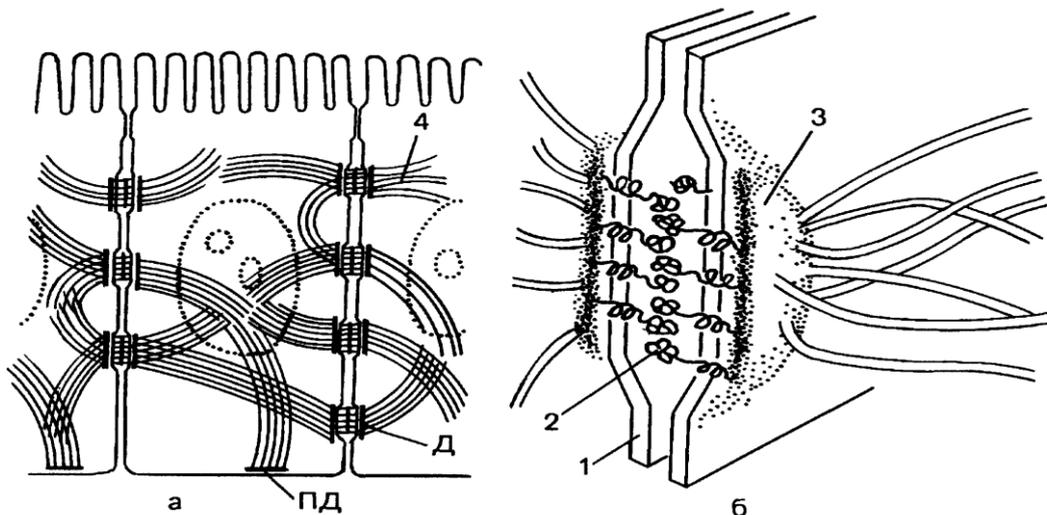
4. **Тонофиламенты** — это разновидность промежуточных филаментов, которые в эпителиальной ткани состоят из предшественников **кератина**. Каждый тонофиламент подходит к электронно-плотной пластинке и прошивает ее поворачивая обратно, *не прошивая плазмолемму насквозь*.

5. **Тонофибриллы** — это пучки тонофиламентов. Видны не только в области десмосом, так как участвуют в образовании цитоскелета и кератина.



**Рисунок 4-1 — Десмосомы между клетками шиповатого слоя кожи [18]:**  
 1 — ядро; 2 — тонофиламенты; 3 — десмосомы; 4 — клеточная оболочка;  
 5 — митохондрии; 6 — рибосомы (по И. Н. Михайлову и Л. Н. Михайловой)

Увеличение в 40 000 раз



**Рисунок 4-2 — Десмосома [7]:**  
 а — расположение в клетке; б — схема ультраструктуры;  
 1 — плазмолемма; 2 — десмоглеиновый слой; 3 — слой десмоплакина;  
 4 — промежуточные филаменты; Д — десмосома;  
 ПД — полудесмосома (по Ю. С. Ченцову)

## *Лизосомы*

**Лизосомы** — это мембранные органеллы общего назначения. Представляют собой секреторные вакуоли, заполненные гидролитическими ферментами, необходимыми для процессов фаго- и аутофагоцитоза. Ферменты синтезируются на гранулярной ЭПС, транспортируются в комплекс Гольджи, где упаковываются в мембраны (рисунок 5).

Условно **выделяют**: эндосомы, первичные и вторичные лизосомы, аутофагосомы и остаточные тельца.

**Эндосомы** — это мембранные пузырьки, которые образуются при эндоцитозе. Содержат протеазы. Здесь распадаются крупные комплексы: гормон-рецептор, антиген-антитело и т. д., а при дальнейшем закислении до pH 5.5 начинается более глубокое переваривание.

**Первичные лизосомы** (гидролазные пузырьки) — это мелкие мембранные пузырьки, которые отщуровываются от комплекса Гольджи заполненные неактивными ферментами. Маркер первичных лизосом — кислая фосфатаза.

**Вторичные лизосомы** (фаголизосомы) образуются при слиянии первичных с эндосомами. Ферменты в них активны. Строение вторичных лизосом разнообразно и изменяется в процессе расщепления. Они крупнее первичных, содержимое однородное мелкозернистое (переваривание в разгаре или завершается), либо с различными структурами (переваривание только начинается или остались непереваренные остатки).

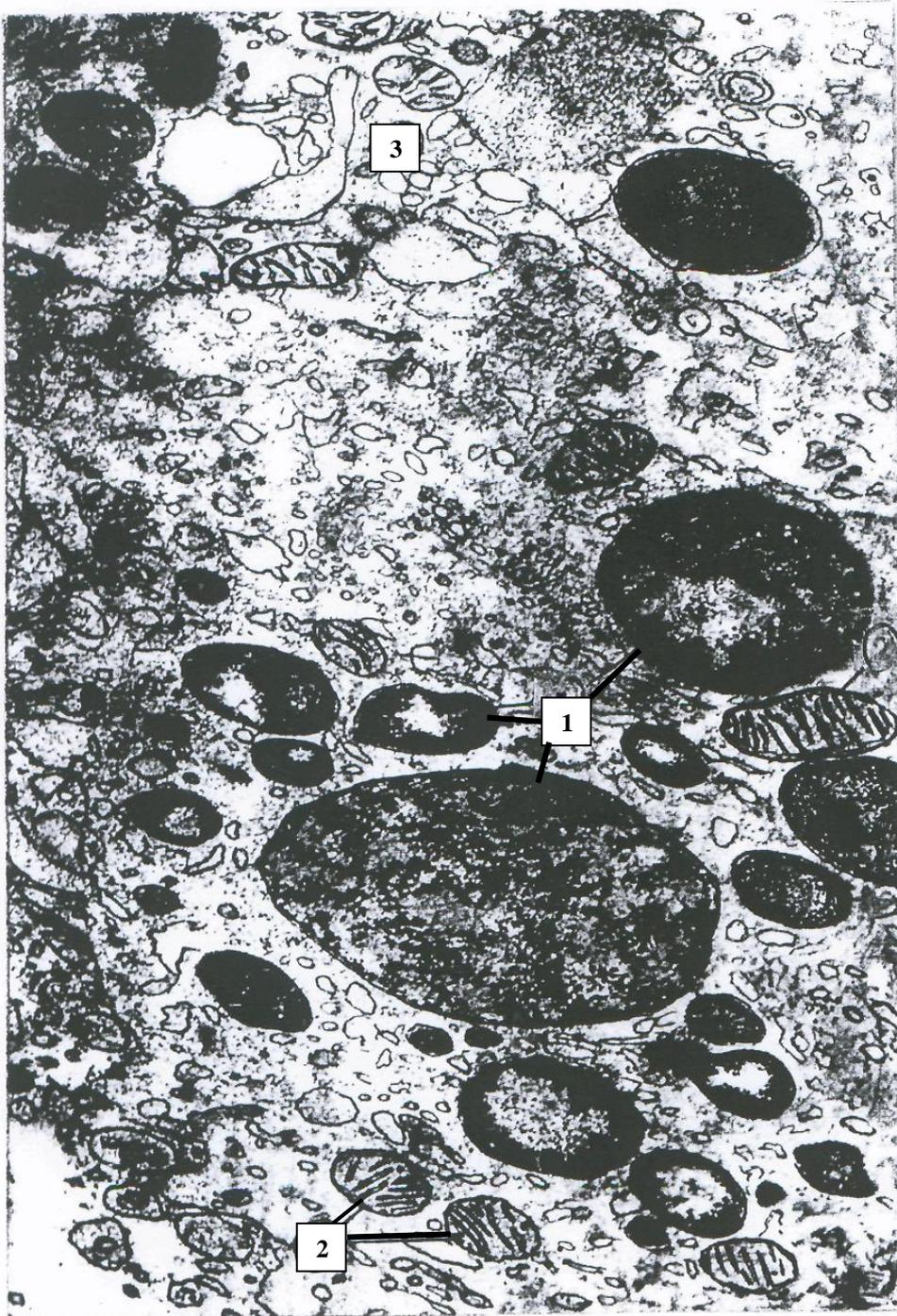
**Аутофагосомы** образуются при слиянии с лизосомой собственных структур клетки (внутриклеточная регенерация).

**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.

На электронограммах *лизосомы крайне полиморфны*, что затрудняет их идентификацию.

**При нарушении функций лизосом** развиваются болезни накопления: врожденная недостаточность ферментов приводит к накоплению в клетках липидов (цереброзида, сфингомиелина), дерматансульфата и др., что приводит к задержке роста и умственного развития, двигательным нарушениям. Основными поражаемыми органами являются нервная система, скелет, печень, селезенка. Врожденное несовершенство лизосомальных мембран приводит к аутолизу клетки.



**Рисунок 5 — Лизосомы [18]:**

*1 — лизосомы с электронноплотными частицами; 2 — митохондрии;  
3 — эндоплазматическая сеть (по Ю. В. Машковцеву)*

Увеличение в 26 000 раз.

## **Ядерная оболочка (кариолемма)**

На электронограмме мы видим фрагмент ядерной оболочки (**кариолеммы**) (рисунок 6–1).

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

В состав ядерной оболочки входят наружная и внутренняя ядерные мембраны, перинуклеарные цистерны, ядерная пластинка (ламина) и ядерные поры.

Наружная мембрана на своей поверхности имеет рибосомы. Ее рассматривают как часть гранулярной эндоплазматической сети. Внутренний листок гладкий, участвует в фиксации интерфазных хромосом. К внутреннему листку на всем протяжении за исключением ядерных пор прилежит тонкий пласт белковых филаментов (ядерная ламина), благодаря которой ядро не утрачивает формы, даже после удаления кариолеммы.

**Кариолемма** 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 (рисунок 6–2). Кольца состоят из 8 белковых глобул. От них к центральной грануле идут тонкие фибриллы (спицы). **Комплекс поры** обеспечивает строго избирательный транспорт макромолекул. Ионы и молекулы до 9 нм проходят через поры свободно без энергозатрат, более крупные молекулы транспортируются с использованием энергии АТФ. Перенос макромолекул осуществляют специальные транспортные белки — кариоферины, которые специфически распознают и связывают конкретные молекулы.

### **Функции ядерной оболочки:**

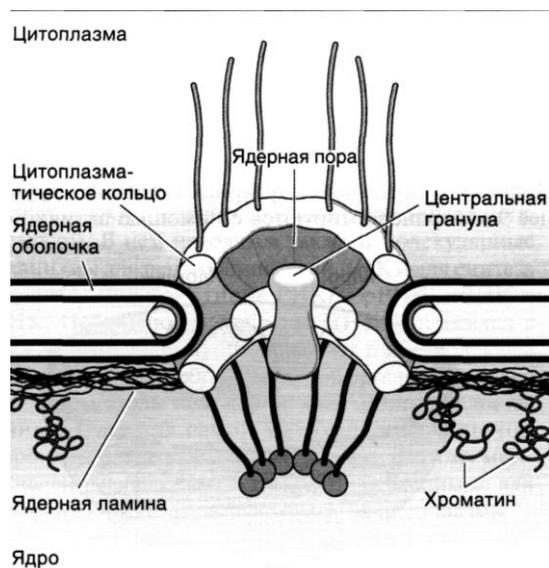
1. Отделяет содержимое ядра от содержимого цитоплазмы.
2. Обеспечивает связь между ядром и цитоплазмой.

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



**Рисунок 6-1 — Ядерная оболочка (кариолема) [18]:**  
 1 — ядро; 2 — ядерная оболочка (а — внутренняя ядерная мембрана;  
 б — наружная ядерная мембрана); 3 — ядерные поры;  
 4 — мембраны гранулярной эндоплазматической сети (по Ю. С. Ченцову)

Увеличение в 125 000 раз.



**Рисунок 6-2 — Схема строения порового комплекса [38]**

## ***Гранулярная эндоплазматическая сеть***

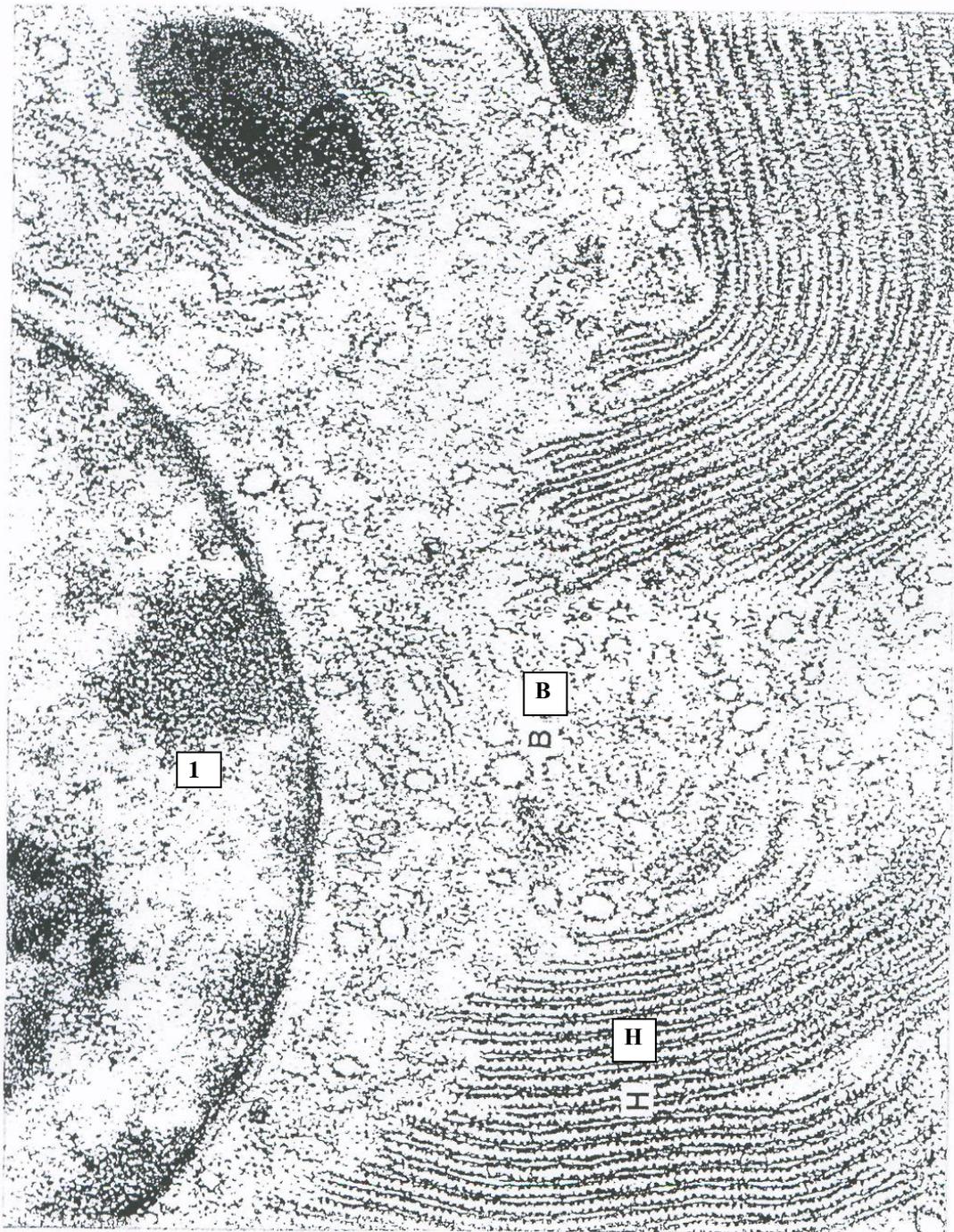
**Эндоплазматическая сеть (ЭПС)** — мембранная органелла общего назначения. Особенно хорошо представлена в клетках, синтезирующих белок на экспорт (фибробласты, остеобласты, хондробласты, плазмоциты, ациноциты, гепатоциты). В этих клетках каналы располагаются строго упорядоченно в виде эргастоплазмы (рисунок 7).

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 электронограммах вид трубочек, заполнены светлым содержимым. Ширина и количество канальцев и цистерн сети в клетках зависит от их функциональной активности.

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 комплекс Гольджи для доработки. Рибосомы синтезируют все разнообразие клеточных белков. Упорядоченное расположение рибосом обеспечивает оптимальные условия для синтеза белка, так как образуется «конвейер», т. е. с одной стороны подаются исходные продукты, а 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 7 — Гранулярная эндоплазматическая сеть [4]:  
I — ядро; H — цистерны ЭПС в продольном срезе;  
B — цистерны ЭПС в поперечном срезе*

Увеличение в 22 000 раз.

## ***Митохондрия с пластинчатыми кристами***

**Митохондрия** — это двумембранная органелла общего назначения. Количество их составляет от 50 до 1000 и более в клетке. В гиалоплазме распределены диффузно, в специализированных клетках сосредоточены в тех участках, где имеется наибольшая потребность в энергии (в мышечных элементах — вдоль сократительных филаментов). В кардиомиоцитах и миосимпластах митохондрии образуют множественные контакты.

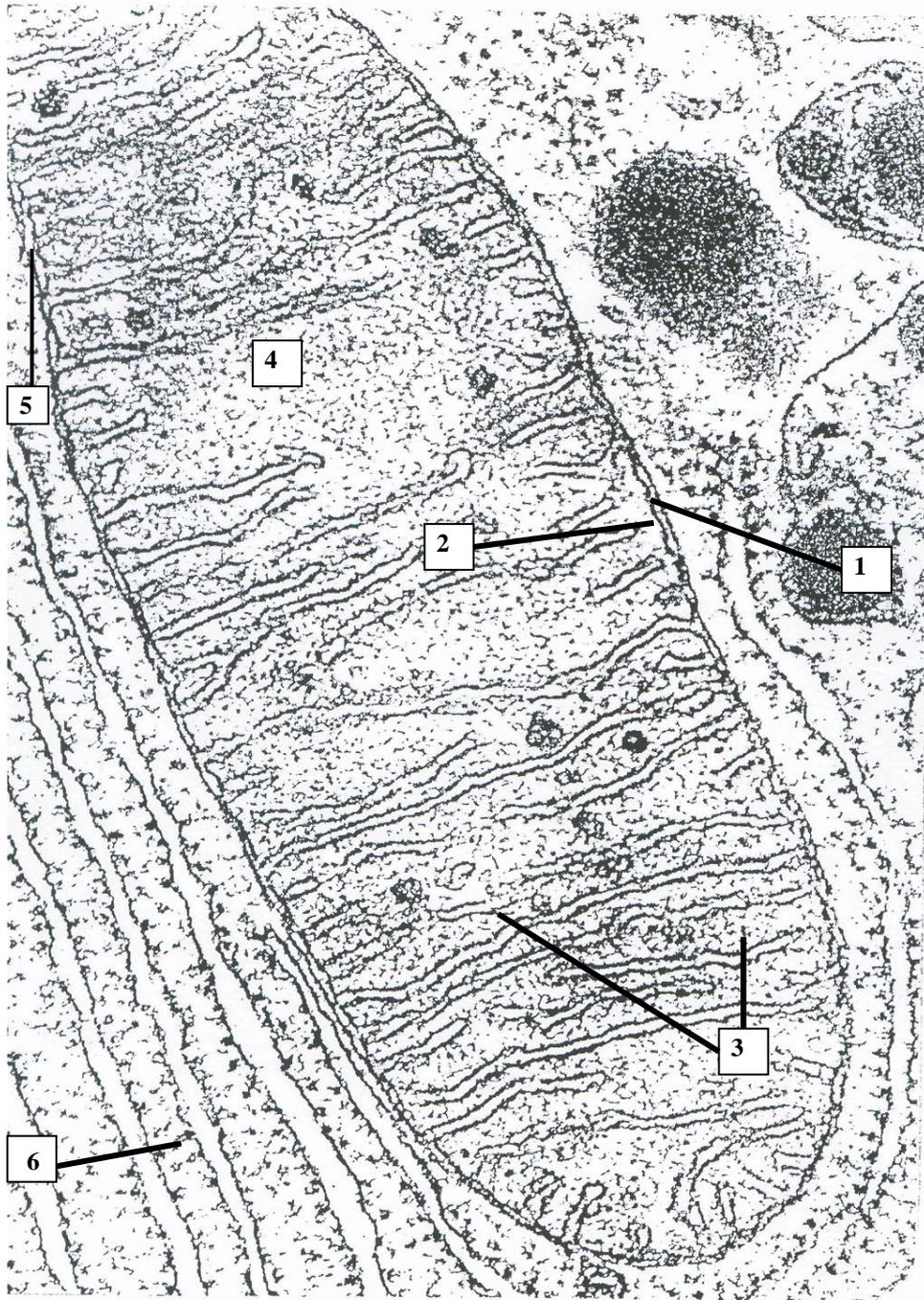
В клетках митохондрии выполняют **функцию дыхания** и **энергообеспечения**. *Клеточное дыхание* — это последовательность реакций, с помощью которых клетка использует энергию связей органических молекул для синтеза АТФ, которые переносятся наружу, обмениваясь на молекулы АДФ, находящиеся вне митохондрий.

**Наружная мембрана** гладкая, внутренняя имеет 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 видны как шероховатости на поверхности мембран крист при очень большом увеличении (рисунок 8).

**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, три типа РНК, рибосомы — в виде мелких точек, ферменты, округлые гранулы с высоким содержанием  $Ca^{2+}$ .

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 (осмиофильные тельца) — это резервы кальция. Жизненный цикл короткий, поэтому возможно как деление материнской митохондрии, так и почкование.



**Рисунок 8 — Митохондрия с пластинчатыми кристами [4]:**

1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана;

3 — митохондриальные кристы; 4 — матрикс;

5 — межмембранное пространство; 6 — гранулярная ЭПС (Courtesy of K. R. Porter)

Увеличение в 79 000 раз.

## ***Митохондрии с везикулярными кристами***

**Митохондрии с везикулярными кристами** — мембранная органелла общего назначения.

Они находятся в клетках, синтезирующих стероидные гормоны (глюкокортикоиды, андрогены, эстрогены, прогестерон).

*Стероидпродуцирующие клетки* развиваются из:

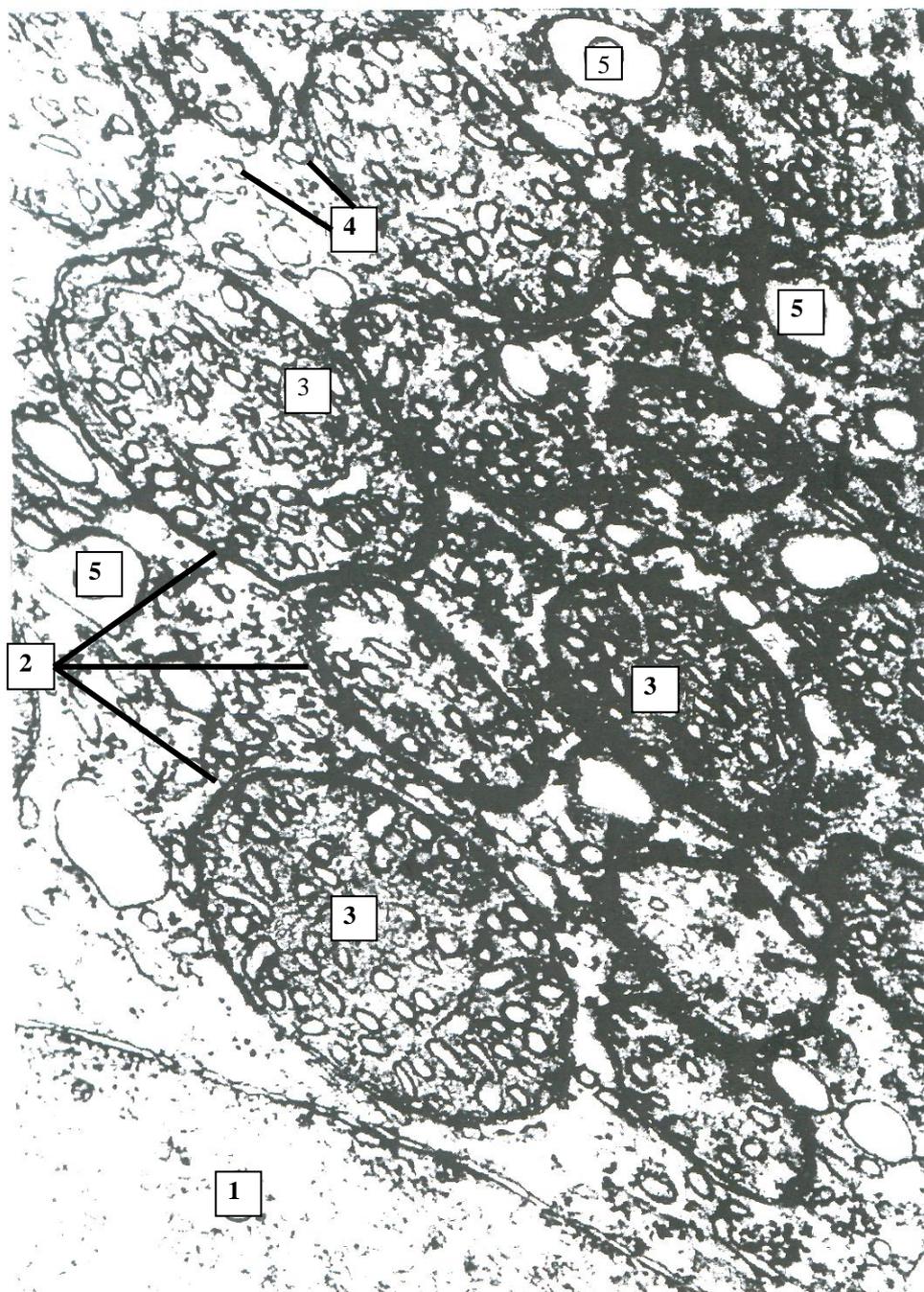
1) **целомического эпителия** — адренокортикоциты, фолликулярные клетки яичника и sustentocytes семенника;

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 (рисунок 9).

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

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



**Рисунок 9 — Митохондрии с везикулярными кристами [18]:**  
1 — ядро; 2 — митохондрии; 3 — вакуоли и кристы в митохондриях;  
4 — вакуоли эндоплазматической сети; 5 — цистерны эндоплазматической сети  
(по В. П. Дервянко)

Увеличение в 65 000 раз.

## ***Ооцит из фолликула яичника***

На электронограмме представлен ооцит (овоцит), окруженный фолликулярными клетками (рисунок 10).

Хорошо видны **оболочки ооцита**: **первичная** — плазмолемма, имеющая микровыросты, увеличивающие поверхность контакта с фолликулярными клетками; **вторичная** — блестящая зона, состоящая из гликозаминогликанов и белков (является продуктом 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.

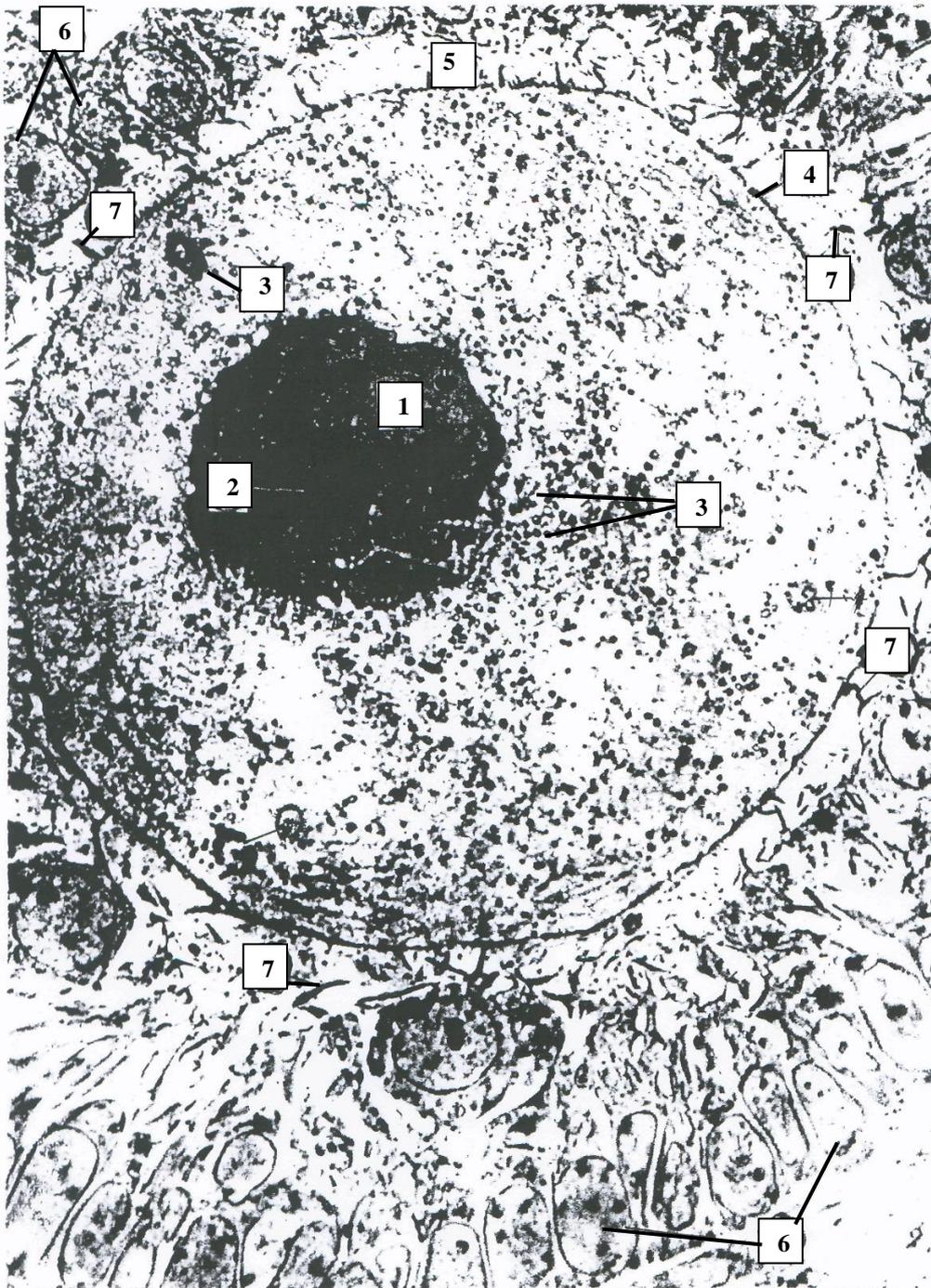
В центре клетки расположено **округлое ядро с ядрышком**. Ооцит находится в профазе мейоза 1, поэтому набор хромосом диплоидный. Ядерно-цитоплазматическое отношение (яйцо) у зрелой клетки 1:500. У данной клетки ЯЦО 1:20, так как является «незрелой».

**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.

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

**Рост фолликула** и **синтез** фолликулярными клетками **эстрогенов** регулируется **фоллитропином** гипофиза. Эстрогены стимулируют созревание ооцита.

Для успешного оплодотворения ооцит должен встретиться со сперматозоидом в течение 1-х суток после овуляции.



**Рисунок 10 — Ооцит из фолликула яичника [18, 21]:**  
1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — желточные гранулы в цитоплазме; 4 — цитолемма;  
5 — микроворсинки; 6 — фолликулярные клетки лучистого венца;  
7 — блестящая (прозрачная) оболочка (из атласа Родина)

Увеличение в 2 500 раз.

## Сперматозоид

Сперматозоид состоит из **головки** и **хвоста** (рисунок 11–1).

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**, имеет строение реснички (см. комментарии к рисунку 11–1). В связующей части (шейке) находится проксимальная центриоль (рисунок 11–2).

**Промежуточная часть** (митохондриальное влагалище) — содержит множество митохондрий, уложенных по спирали вокруг аксонемы. Промежуточная часть отграничена от головки передней частью дистальной центриоли, а от главной — задней ее частью. От передней части дистальной центриоли отходит аксонема.

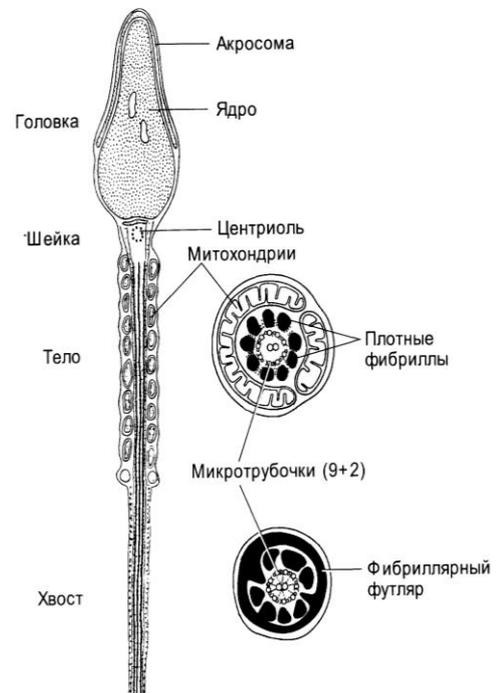
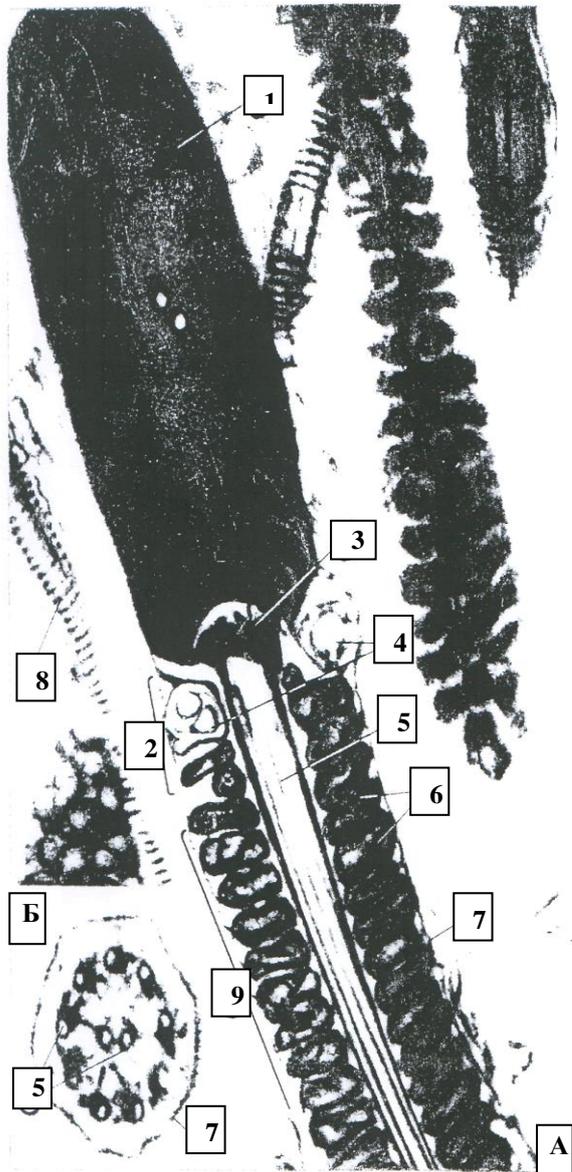
**Главная часть**. На данной фотографии представлен ее поперечный срез слева внизу. Видно строение: 9 дуплетов микротрубочек на периферии и две в центре.

**Терминальная часть** состоит из единичных микрофиламентов (на рисунке 11–1).

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

Источником образования **сперматозоидов** являются **гонобласты**, мигрировавшие из стенки желточного мешка.

**Созревание** сперматозоидов стимулируется **фоллитропином** гипофиза и **тестостероном** интерстициальных клеток яичек.



**Рисунок 11-1 — Сперматозоид [18, 21]:**

- 1 — ядро; 2 — шейка;
- 3 — проксимальная центриоль;
- 4 — кольцо дистальной центриоли;
- 5 — осевые нити; 6 — митохондрии;
- 7 — клеточная оболочка; 8 — хвостик;
- 9 — связующий отдел (по Фаусету)

**Рисунок 11-2 — Схема строения [12]**

Увеличение: А — в 21 500 раз;  
 Б — в 14 000 раз.

## РАЗДЕЛ II. ОБЩАЯ ГИСТОЛОГИЯ

### *Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит*

**Нейтрофильный лейкоцит** — наиболее многочисленный тип лейкоцитов (45–70 %). Размер нейтрофилов — 9–12 мкм. Продолжительность жизни в тканях 6–8 суток, в кровотоке находятся — 8–12 часов. Форма клетки изменчива. Цитоплазма слабо оксифильна. В цитоплазме присутствует многочисленные гранулы, которые воспринимают как кислые, так и основные красители. Выделяют неспецифические (азурофильные) и специфические гранулы (рисунок 12 А).

**Неспецифические** возникают первыми, соответствуют **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, миелопероксидазу** и др.).

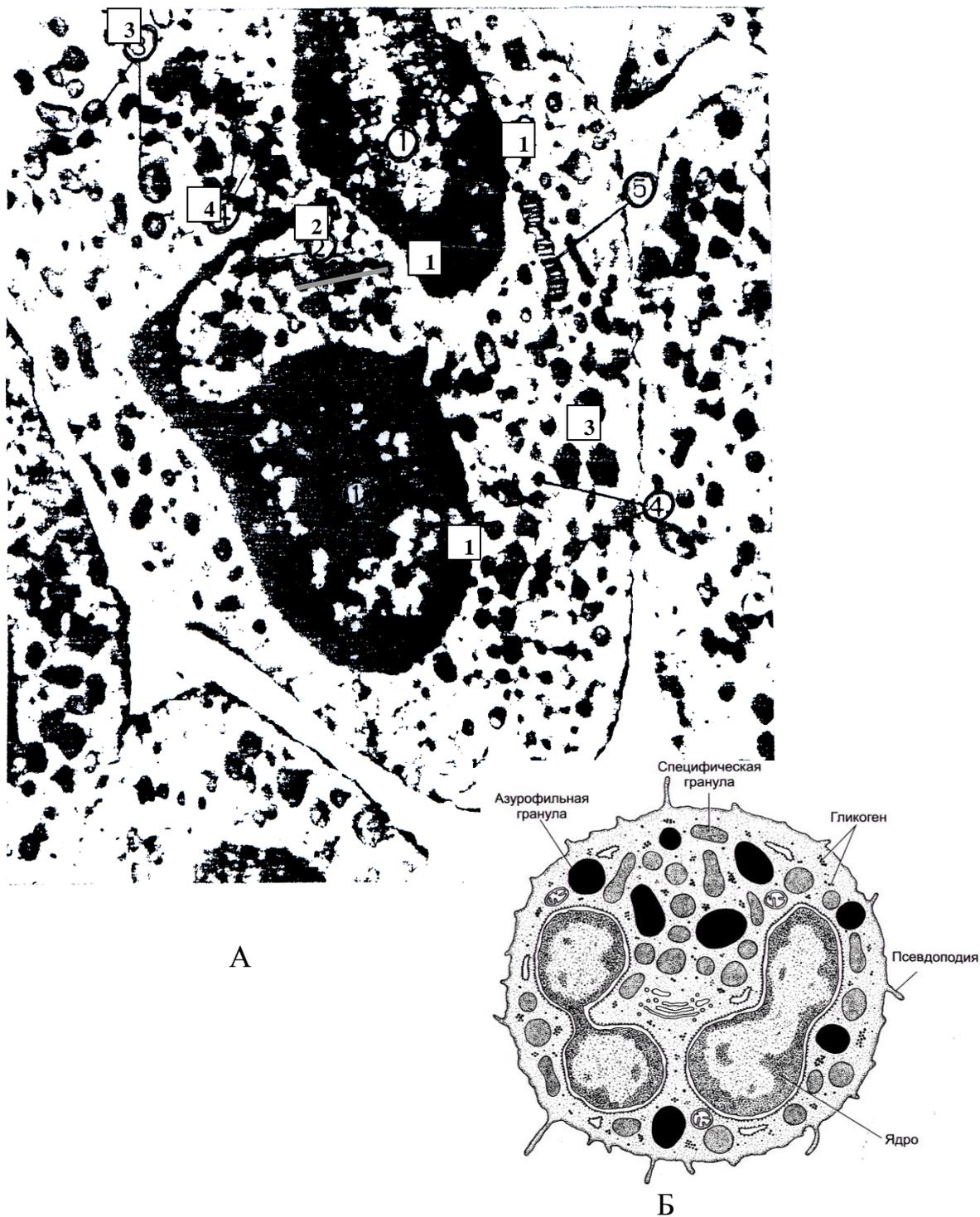
В зависимости от степени дифференцировки различают **юные** (ядра бобовидные), **палочкоядерные** (подковообразные ядра), **сегментоядерные** (разделенные на 3–5 сегментов ядра) нейтрофилы (рисунок 12 Б). Хроматин конденсирован. У женщин иногда видна барабанная палочка (половой хроматин, тельце Барра). Сегментированные ядра облегчают миграцию в тканях.

Нейтрофилы содержат небольшое количество митохондрий и много гликогена. Энергию получают путем гликолиза, поэтому могут существовать в бедных кислородом тканях. **Количество органелл минимально**, поэтому нейтрофил не способен к продолжительному существованию и погибает после единственной вспышки активности, 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 **микроорганизмов и тканевых обломков**.

Нейтрофильный лейкоцитоз наблюдается при мышечной работе, экстремальных состояниях организма, при гнойных воспалениях.



**Рисунок 12 — Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит [18]:**  
 А: 1 — сегменты ядра; 2 — перемычки между сегментами ядра;  
 3 — специфические нейтрофильные гранулы в цитоплазме;  
 4 — эндоплазматическая сеть; 5 — митохондрии (по Лоу и Фримену).  
 Б: схематический рисунок (Lentz TL, 1971) [12]

Увеличение в 12 000 раз.

## *Эозинофильный лейкоцит*

**Эозинофильные лейкоциты** — составляют 1–5 % от общего количества лейкоцитов. Клетки округлой формы, диаметром 12–15 мкм. Ядра зрелых эозинофилов имеют, как правило, **2 сегмента** (рисунок 13 А).

Циркулируют 3–10 часов в крови и мигрируют в ткани, где функционируют до 2 недель.

На данной фотографии представлен **эозинофильный лейкоцит** с типичным ядром. В ядре преобладает эухроматин, так как синтетические процессы в клетке не завершены — в цитоплазме эозинофила накапливаются специфические гранулы.

В цитоплазме эозинофильных лейкоцитов присутствует ЭПС, комплекс Гольджи, свободные рибосомы, митохондрии, много гликогена. В цитоплазме содержатся гранулы 2 видов: специфические **эозинофильные** и **азурофильные**. Специфические бывают крупные и мелкие. В крупных гранулах в центре находится **кристаллоид** (который содержит антипаразитарные белки и ферменты, похожие на ферменты лизосом) и электронно-прозрачный матрикс (рисунок 13 Б).

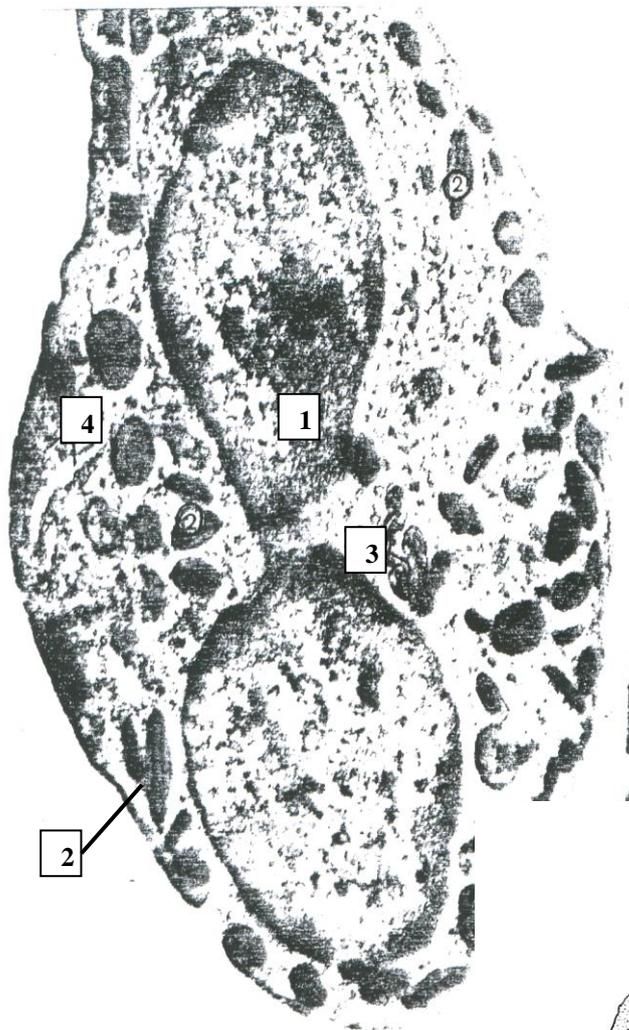
### **Функции:**

- **антипаразитарная** (основной белок может разрушать оболочку паразита);
- **антигистаминная** (поглощают и разрушают гистамин, выделяемый тучными клетками);
- **фагоцитируют** бактерии, комплексы антиген–антитело.

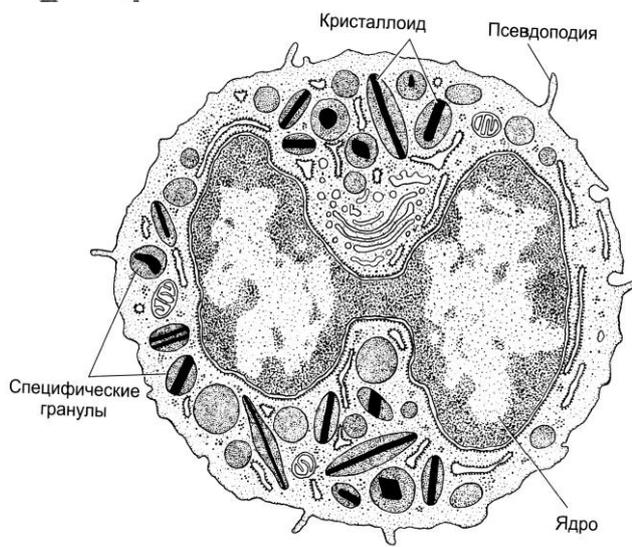
Увеличение количества эозинофилов (до 20–40 %) наблюдается при аллергических и воспалительных реакциях, глистных инвазиях, интоксикациях.

Эозинофилы исчезают при тяжелых заболеваниях и их появление после — признак улучшения состояния («заря выздоровления»).

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



А



Б

**Рисунок 13 — Эозинофильный лейкоцит [18]:**

А: 1 — сегменты ядра; 2 — специфические гранулы, содержащие кристаллоид;  
3 — митохондрии; 4 — эндоплазматическая сеть (по Ю. И. Афанасьеву);

Б: схематический рисунок (Lentz TL, 1971) [12]

Увеличение в 28 000 раз.

## ***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 в тканях неизвестна (рисунок 14 А).

Ядро слабодольчатое, S-образное, плохо различимое из-за обилия секреторных базофильных гранул. Базофилы содержат все органеллы, а также включения гликогена. В цитоплазме — гранулы неспецифические (лизосомы) и специфические метахроматически окрашивающиеся. В специфических гранулах содержатся **гепарин, гистамин и медиаторы воспаления** (рисунок 14Б).

При действии стресс-факторов происходит 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 запускает развитие воспалительных или аллергических реакций.

**Гепарин** препятствует свертыванию крови, **гистамин** повышает проницаемость сосудистой стенки и влияет на сократимость гладких миоцитов и секрецию glanduloцитов. Хемотаксические факторы обеспечивают направленную миграцию базофилов к очагу воспаления.

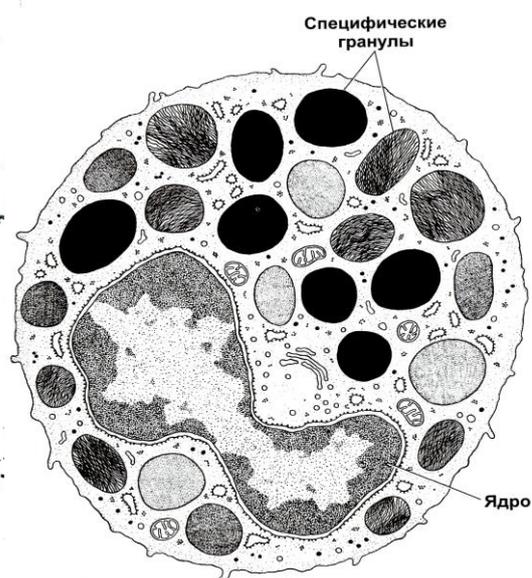
Базофильные лейкоциты и тучные клетки во многом сходны. Базофилы могут функционально дополнять тучные клетки в реакциях гиперчувствительности немедленного типа.

Базофилия наблюдается при системных заболеваниях крови.

На данной электронограмме в клетке видны: слабо сегментированное ядро, содержащее гетерохроматин, так как синтетические процессы в зрелых клетках не идут; в цитоплазме находятся крупные базофильные гранулы. Включения гликогена мелкие, не окружены мембраной.



А



Б

**Рисунок 14 — Базофильный лейкоцит [18]:**

- А: 1 — дольчатое ядро с глыбками гетерохроматина;  
 2 — специфические гранулы в цитоплазме;  
 3 — гранулы гликогена (по Бернару и Лепласу);  
 Б: схематический рисунок (Lentz TL, 1971) [12]

Увеличение в 18 000 раз.

## ***Тромбоцит (красная пластинка)***

**Красные пластинки**, или тромбоциты, представляют собой безъядерные фрагменты цитоплазмы клеток красного костного мозга — мегакариоцитов. Количество  $150\text{--}450 \times 10^9$  в 1 л. Размер 2–3 мкм. Продолжительность жизни — 5–8 суток. Имеет форму овального двояковыпуклого диска (рисунок 15 А).

Тромбоцит состоит из центральной части — **гранулмера** и периферической части — **гиаломера**. Гранулмер включает митохондрии, элементы комплекса Гольджи, рибосомы, гранулы гликогена, ферменты аэробного и анаэробного дыхания (рисунок 15 Б).

Плазматическая мембрана содержит гликопротеины, которые выполняют роль рецепторов и связывают фактор фон Виллебранда. Тромбоциты окружает толстый волокнистый гликокаликс, 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 сократительные белки, участвующие в сокращении тромбоцита и **ретракции тромба**. Для поддержания формы имеются пучки микротрубочек, циркулярно расположенные под плазмолеммой. В цитоплазме располагаются мембранные трубочки плотной тубулярной сети. Образование псевдоподий и сохранение формы возможно благодаря микротрубочкам и микрофиламентам.

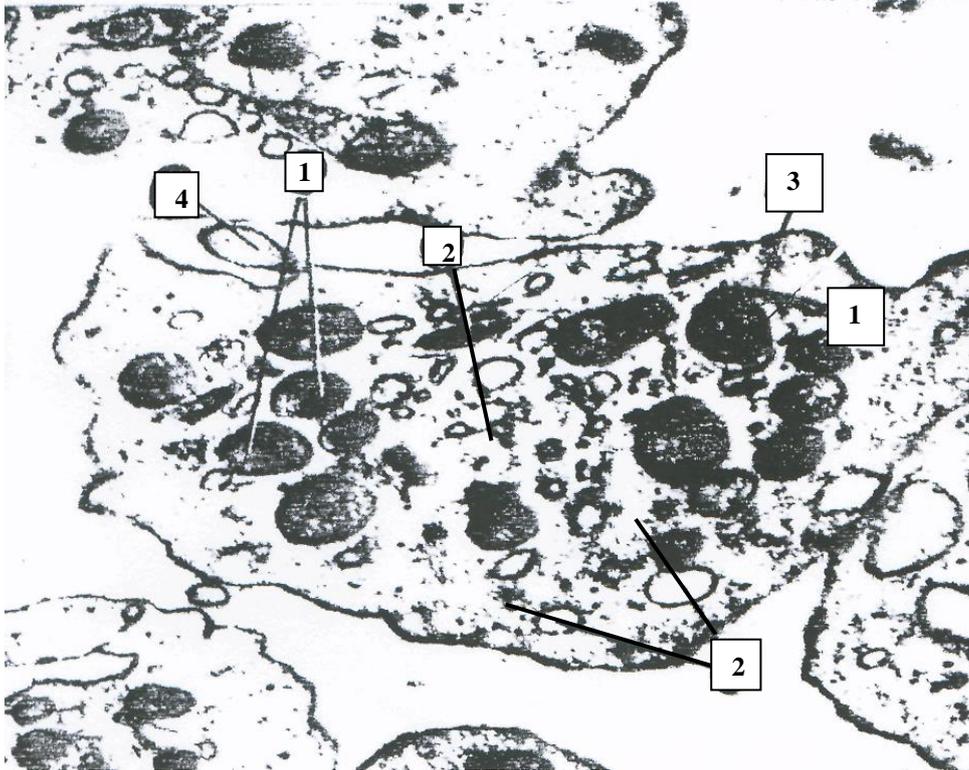
**Выделяют 4 типа гранул:**  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$  и микропероксисомы.

$\alpha$ -гранулы (300–500 нм) содержат фибриноген, фибронектин, фактор фон Виллебранда, тромбоспондин, фактор роста тромбоцитов и другие.

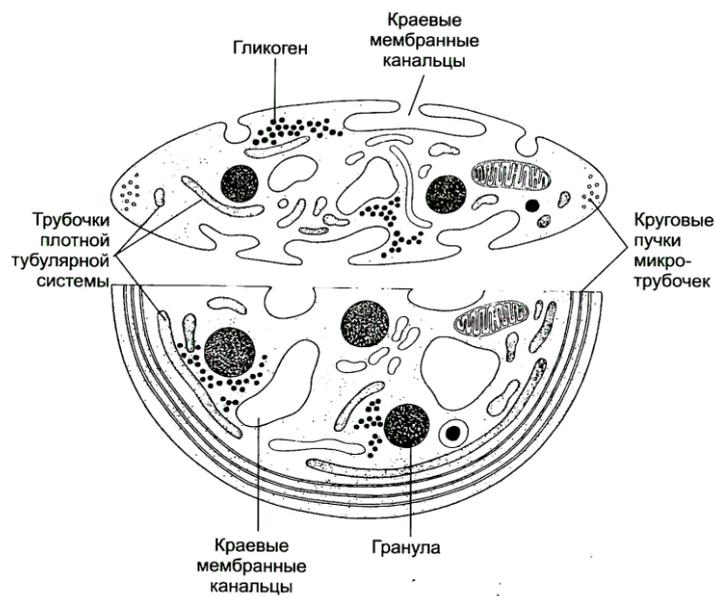
$\delta$ -гранулы (250–300 нм) содержат гистамин, серотонин, пирофосфат, ионы кальция, магния, АТФ, АДФ и др.

$\lambda$ -гранулы (200–250 нм) содержат лизосомные ферменты.

Главной функцией тромбоцитов является гемостаз. Тромбоциты обеспечивают свертывание крови и способствуют заживлению дефектов в стенках сосудов, предотвращая потери крови. У тромбоцитов функционально ведущей системой 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.



А



Б

**Рисунок 15 — Тромбоцит (кровяная пластинка) [18]:**

А: 1 — гранулы; 2 — глыбки гликогена; 3 — эндоплазматическая сеть;  
4 — отростки тромбоцита (по А. И. Грачевой);

Б: схематический рисунок [12]

Увеличение в 35 000 раз.

## *Лимфоцит*

**Лимфоцит** — относится к незернистым лейкоцитам. Количество 19–37 % от общего числа лейкоцитов. Лимфоциты участвуют в реакциях клеточного и гуморального иммунитета. Срок жизни от нескольких месяцев до нескольких лет. Специфической зернистости нет, есть только азурофильная (первичные лизосомы). 98 % лимфоцитов находится в тканях. По размерам выделяют малые, средние и большие (рисунок 16 А).

На электронограмме представлен малый лимфоцит. Лимфоцит имеет базофильную цитоплазму, которая узким ободком окружает округлое ядро. Под кариолеммой расположен гетерохроматин, в центре — эухроматин. В цитоплазме органелл мало, так как активных синтетических процессов в ней не происходит. Присутствуют немногочисленные митохондрии, ЭПС, рибосомы, лизосомы (рисунок 16 Б).

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

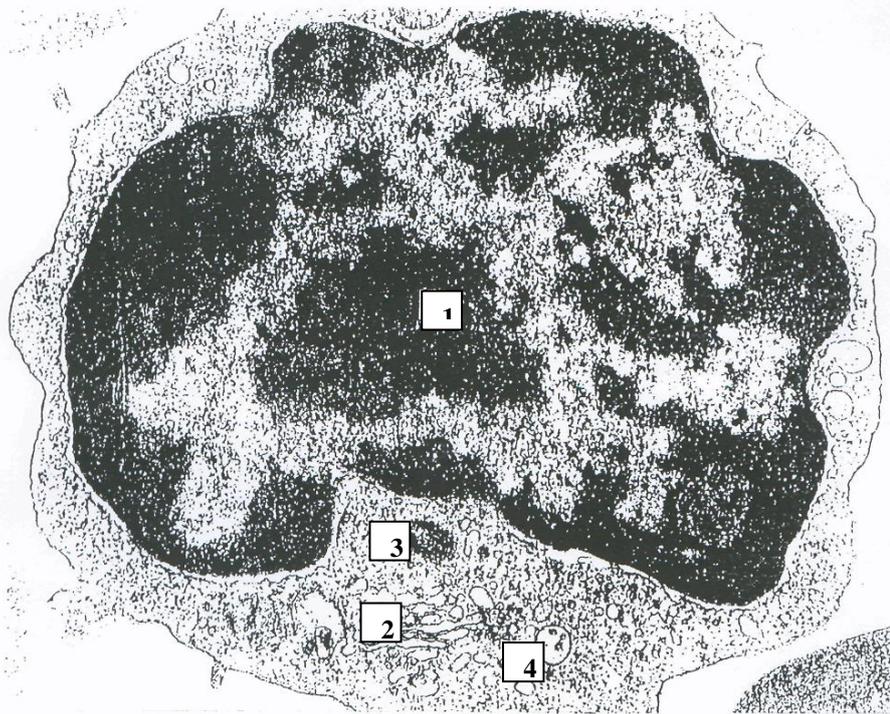
**НК-клетки** — натуральные киллеры. Морфологически это большие лимфоциты с бобовидным ядром и азурофильными гранулами. Клетками мишенями для них являются опухолевые клетки; клетки, поврежденные вирусами, бактериями, простейшими; стареющие клетки. Механизм уничтожения сходен с Т-киллерами, но более активный, не требует распознавания молекул МНС (главного комплекса гистосовместимости от англ. *major histocompatibility complex*, у человека HLA — *human leukocyte antigens*).

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

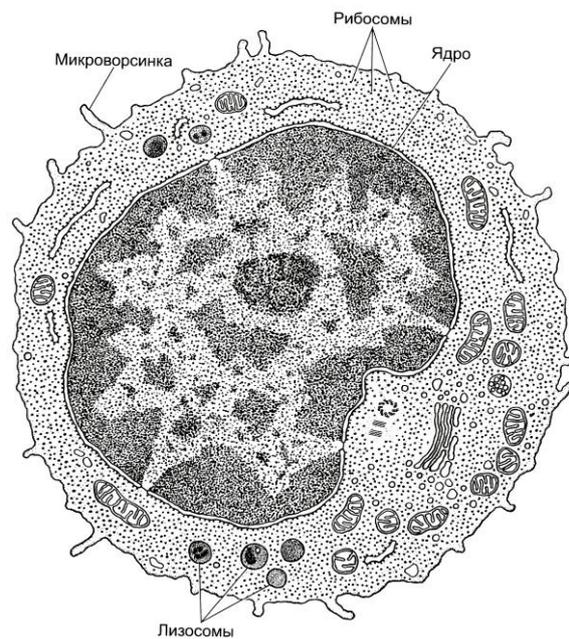
**Т-киллеры** — эффекторные клетки клеточного иммунитета. Обследуют поверхность клеток в поисках нужного эпитопа и при помощи перфоринов и гранзимов вызывают гибель клетки-мишени.

**Т-хелперы** стимулируют бласттрансформацию Т- и В-лимфоцитов. **Т-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.



А



Б

**Рисунок 16 — Лимфоцит [4]:**

А: 1 — ядро; 2 — комплекс Гольджи; 3 — центриоли; 4 — вакуоли;  
 Б: схематический рисунок (Lentz TL, 1971) [12]

Увеличение в 23 000 раз.

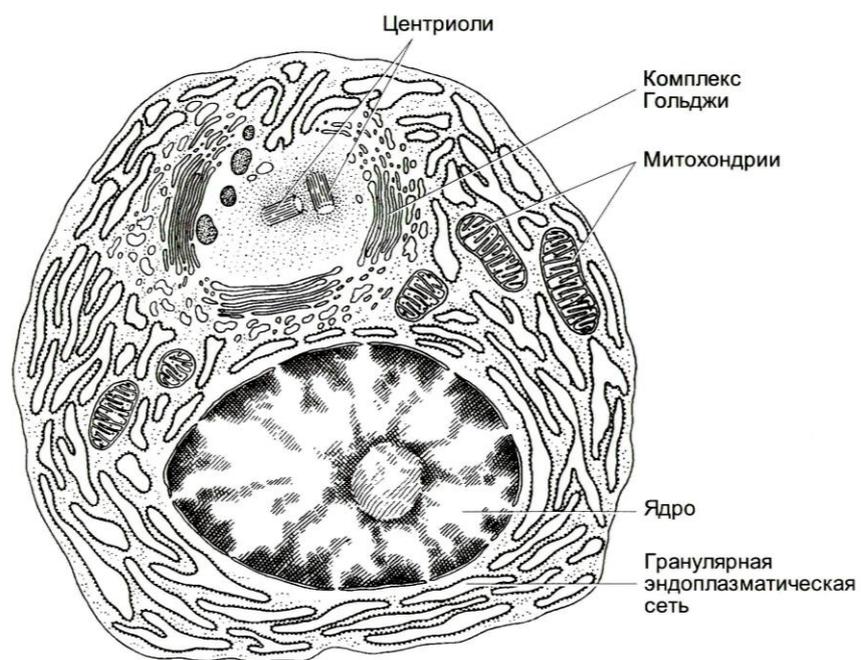
## ***Плазматическая клетка***

**Плазматическая клетка** является клеткой рыхлой неоформленной волокнистой соединительной ткани. Особенно много их в периферических лимфоидных органах, слизистых оболочках и строме экзокринных желез. Плазмоциты не циркулируют в кровотоке. Это коротко живущая клетка, которая образуется из В-лимфоцитов при участии Т-лимфоцитов хелперов. Имеет округлую форму. Диаметр 10–12 мкм. Неподвижна.

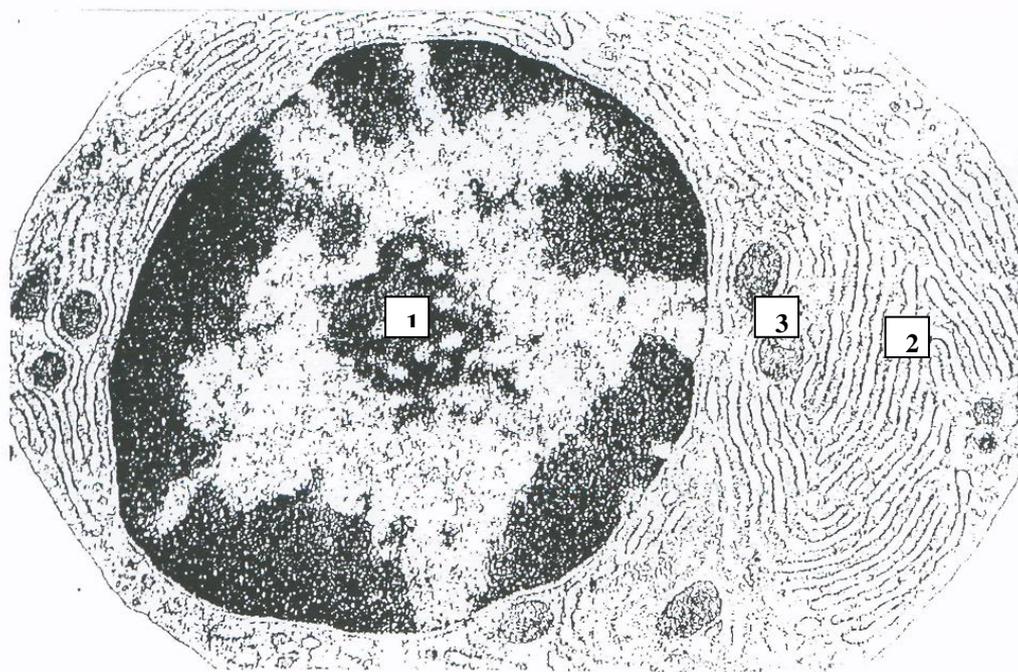
Округлое **ядро** содержит гетеро- и эухроматин. Последний расположен радиально, поэтому ядро имеет вид «**колеса со спицами**». Наличие эухроматина и ядрышка свидетельствуют об активных процессах синтеза (рисунок 17 А).

**Цитоплазма** резко **базофильна**, содержит много рибонуклеопротеинов и цистерны ЭПС, расположенные циркулярно (рисунок 17 Б). 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.



А



Б

**Рисунок 17 — Плазматическая клетка [4]:**

А: схематический рисунок [12].

Б: 1 — ядро; 2 — эндоплазматическая сеть; 3 — митохондрии

Увеличение Б в 16 000 раз.

## **Фибробласт**

На данной электронограмме представлены **фрагмент фибробласта и межклеточное вещество** соединительной ткани.

**Фибробласты** — основные клетки соединительной ткани, продуцирующие компоненты межклеточного матрикса. Они принимают участие в заживлении ран. Способны к пролиферации и миграции. Форма клеток разнообразна: от веретеновидной до звездчатой. **Функция фибробластов — синтез межклеточного вещества.** Поэтому фибробласт имеет строение клетки, вырабатывающей белок «на экспорт».

**Ядро** фибробласта овальной формы. Содержит равномерно распыленный хроматин и ядрышки (свидетельство высокой активности считывания информации с ДНК и образования рибосом) (рисунок 18).

**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 18 — Фибробласт [18, 21]:**  
1 — ядро; 2 — митохондрии, 3 — эндоплазматическая сеть;  
4 — коллагеновые фибриллы (по Россу)

Увеличение в 18 000 раз.

## ***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 и скручиваются в спирали по 3 штуки, тройная спираль называется **проколлаген**, который поступает в комплекс Гольджи, а затем экзоцитозом выделяется всей поверхностью клетки.

2. От каждой молекулы отделяется концевой участок, который был необходим для транспортировки, и в результате образуется **нерастворимый тропоколлаген**.

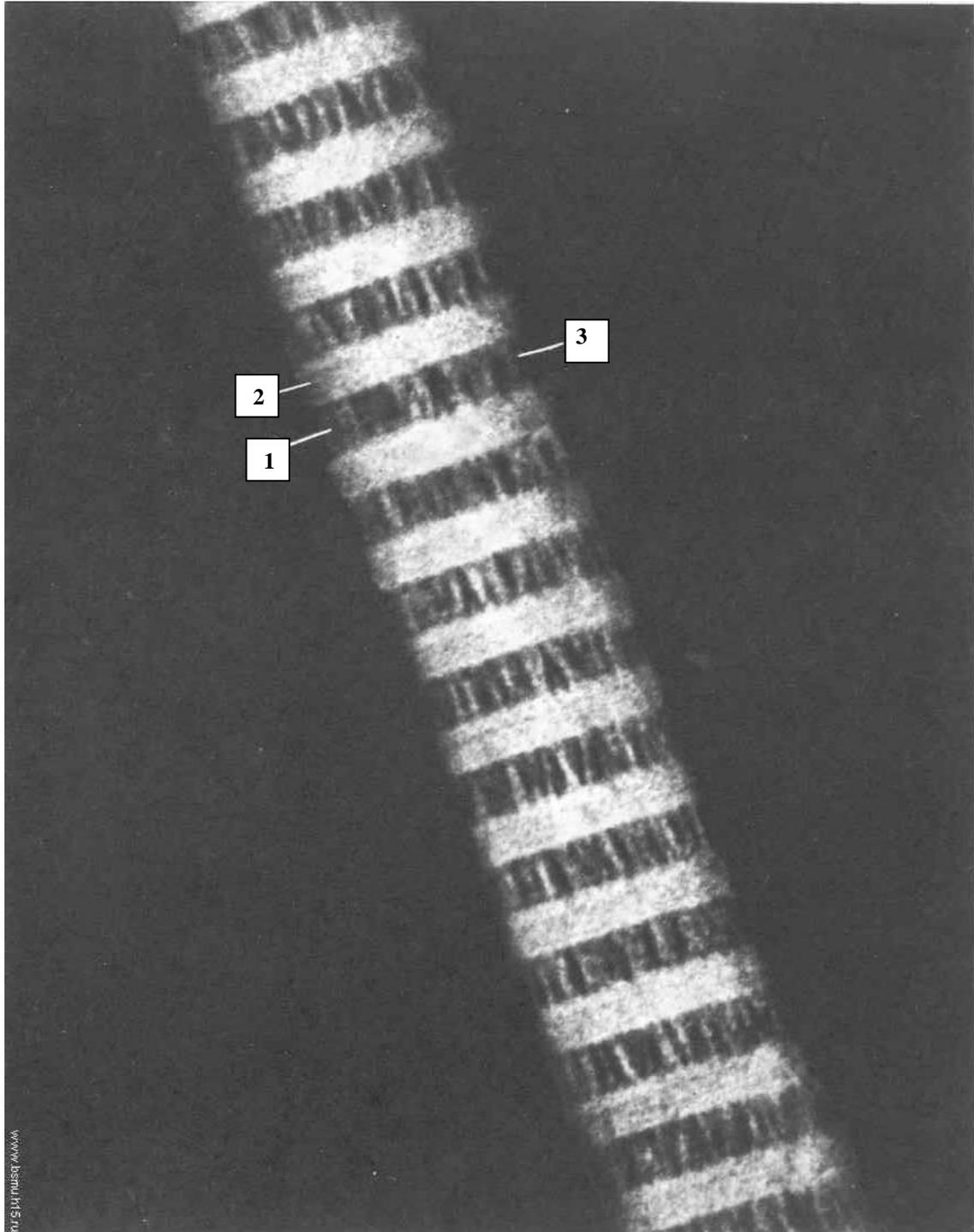
3. Молекулы тропоколлагена в межклеточном пространстве связываются водородными связями и образуется **микрофибрилла**. Водородные связи образуются строго упорядоченно между боковыми поверхностями молекул, смещая их относительно друг друга. Уже на уровне микрофибриллы видна поперечная исчерченность.

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

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

**Исчерченность вторичная** — это чередование темных и светлых полос поперек волокна. Она обусловлена тем, что укладка молекул тропоколлагена происходит со смещением (рисунок 19). На некоторых участках волокно заполнено молекулами тропоколлагена полностью, а в других — имеются промежутки. 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 19 — Коллагеновое волокно [18, 21]:**  
*1 — темная полоса; 2 — светлая полоса;*  
*3 — тропоколлаген (первичная исчерченность) (по В. П. Гилеву)*

Увеличение в 160 000 раз. Негативное окрашивание фосфорновольфрямовой кислотой при рН 7,4.

## *Макрофаг*

Макрофаги (гистиоциты) в соединительной ткани являются самыми многочисленными клетками из дифферона клеток-иммигрантов. Они дифференцируются из **моноцитов крови**.

Имеют крупные размеры, изменчивую форму с четкими контурами. На поверхности много рецепторов, образуются многочисленные микроворосы, псевдоподии, складки. Ядро чаще бобовидной формы. В цитоплазме накапливаются митохондрии, ЭПС, комплекс Гольджи, аппарат внутриклеточного переваривания и цитоскелет (рисунок 20). Различают две формы существования этих клеток: покоящиеся и блуждающие.

### **Функции:**

1. Фагоцитоз антигенов, поврежденных, зараженных и погибших клеток, межклеточного вещества.

2. Антигенпредставление — поглощение антигена, переработка его и представление лимфоцитам.

3. Синтез и секреция бактерицидных и регуляторных веществ (интерферон, лизоцим, пирогены, интерлейкины, компоненты системы комплемента, монокины и др.).

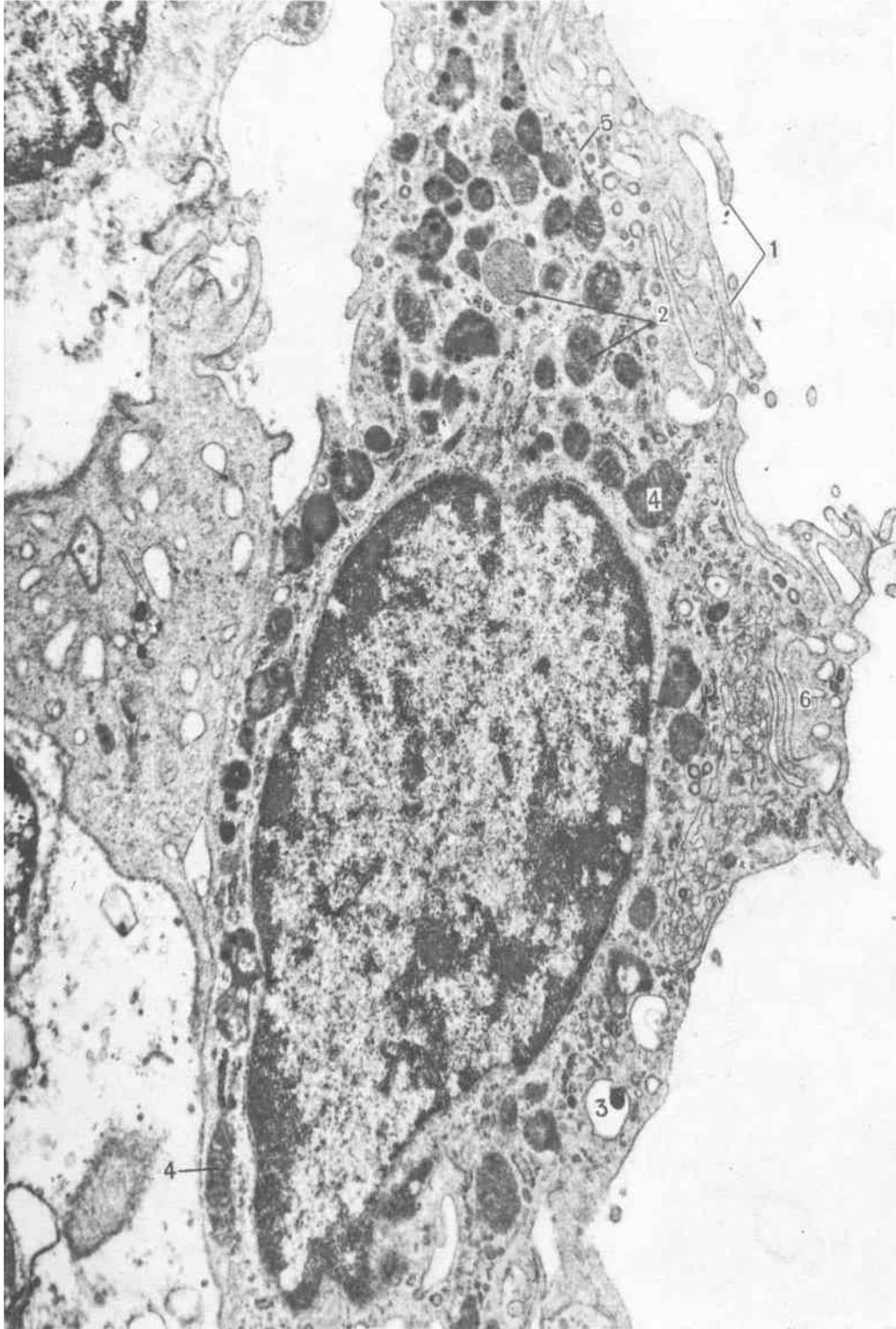
4. Противоопухолевая защита — секреция фактора некроза опухолей (ФНО).

5. Регуляция процессов регенерации (синтез ранозаживляющих факторов, образование особых клеток — эпителиоидных и Пирогова — Лангханса.

Макрофаги соединительной ткани являются частью системы мононуклеарных фагоцитов (макрофагической), сформулированной И. И. Мечниковым в 1882 году. В систему входят:

- Гистиоциты (соединительная ткань).
- Клетки Купфера в печени.
- Микроглиоциты (нервная ткань).
- Остеокласты (костная ткань).
- Макрофаги легкого (пылевые).
- Эпителиоидные клетки.
- Клетки Хофбауэра хориона.
- Клетки Лангерганса эпидермиса и др.

Все перечисленные клетки имеют происхождение из моноцитов или их костномозговых предшественников, высокую фагоцитарную активность, которую модулируют иммуноглобулины и компоненты комплемента.



**Рисунок 20 — Макрофаг [18, 21]:**

*1 — микровыросты; 2 — лизосомы; 3 — пищеварительные вакуоли;  
4 — митохондрии; 5 — эндоплазматическая сеть;  
6 — комплекс Гольджи (по И. Б. Токину)*

Увеличение в 13 000 раз.

## ***Клетка бурой жировой ткани***

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

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

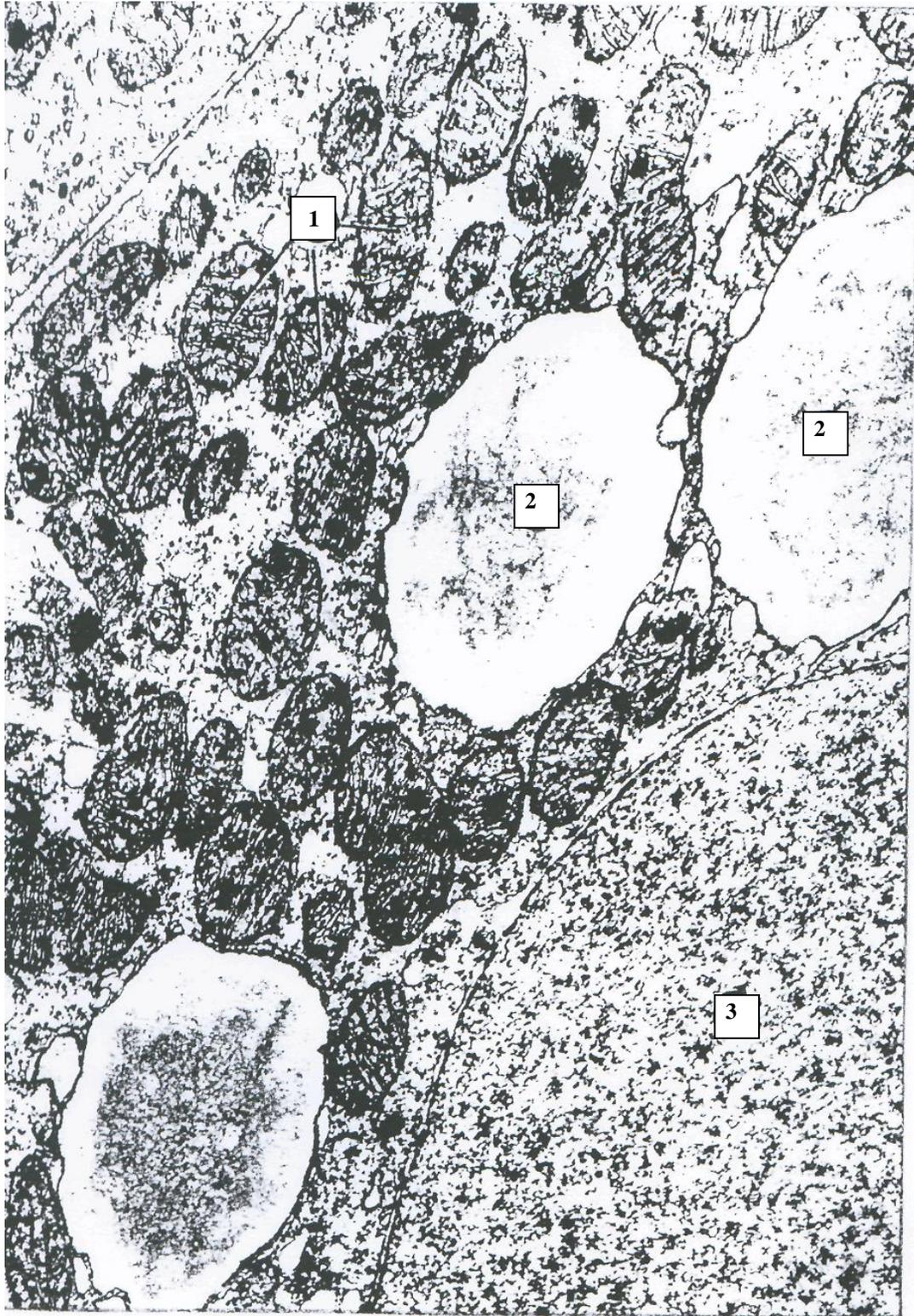
**Белая жировая ткань** состоит из адипоцитов (липоцитов), содержащих одну крупную каплю жира. Липоциты имеют округлую форму, в центре крупная капля жира, а вокруг узкий ободок цитоплазмы, содержащий митохондрии, комплекс Гольджи, ЭПС и палочковидное ядро (рисунок 21).

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**.

На данной фотографии представлен фрагмент адипоцита бурой жировой ткани, содержащий участок цитоплазмы и часть ядра. Видно, что ядро расположено в центре клетки, имеет округлую форму, содержит эухроматин. В кариолемме заметны поры. Митохондрии с пластинчатыми кристами многочисленны. Липидные включения заполнены гомогенным содержимым.

***Бурая жировая ткань участвует в терморегуляции.***

**Белая жировая ткань** — обеспечивает поглощение из крови, синтез и накопление нейтральных липидов. Выполняет **трофическую** функцию, связанную с обеспечением **энергетического запаса** и **резерва воды** в организме.



*Рисунок 21 — Клетка бурой жировой ткани [18, 21]:  
1 — митохондрии; 2 — липидные включения,  
3 — ядро (по Ю. И. Афанасьеву и Е. Д. Колодезниковой, кафедра гистологии I ММИ)*

Увеличение в 23 000 раз.

## ***Остеоцит***

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

Остеоциты располагаются в костных полостях — лакунах (рисунок 22). 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.

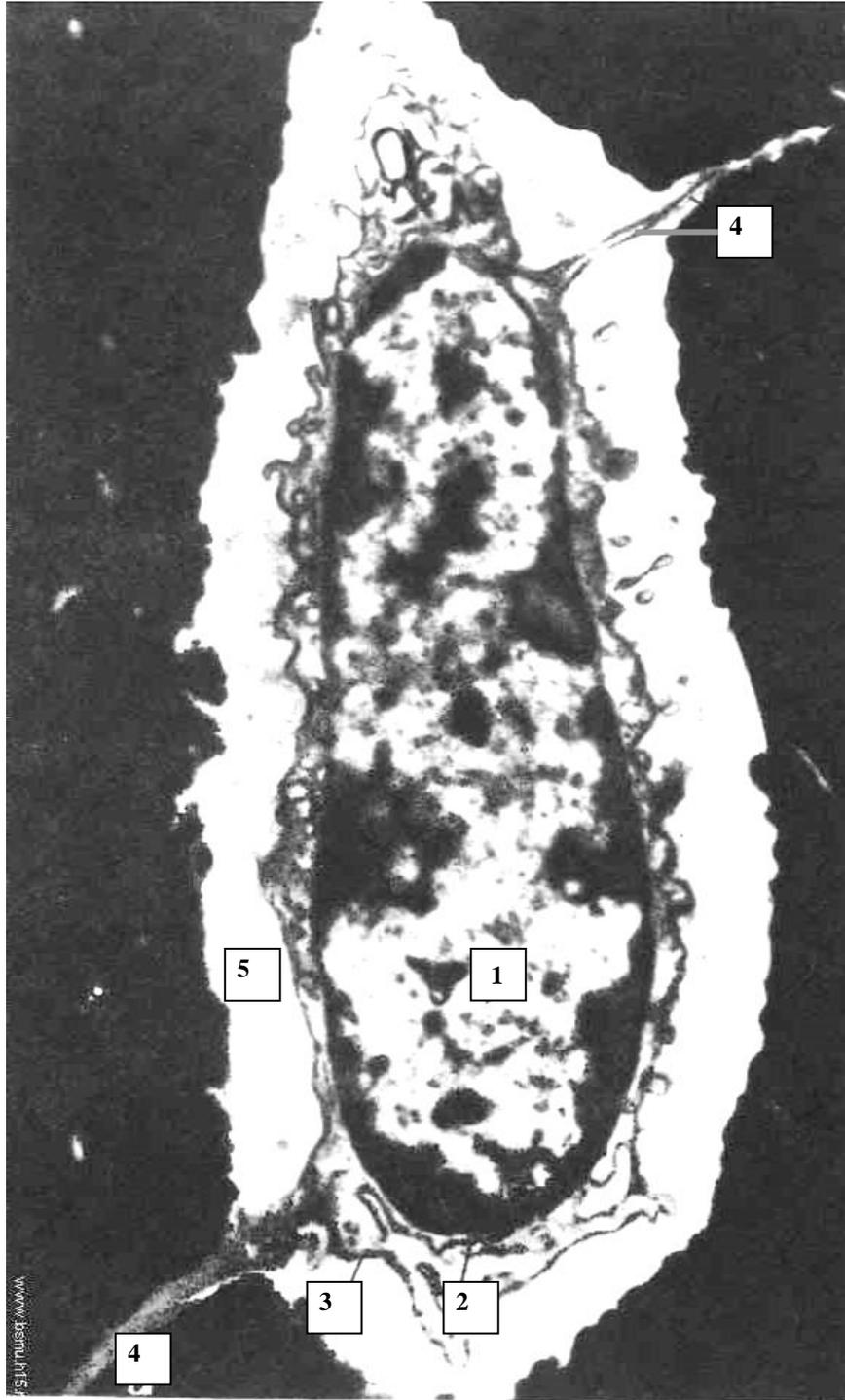
На электронограмме представлены структуры костной ткани: клетка и межклеточное вещество:

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 электронно-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, 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 данной электронограмме нет.



**Рисунок 22 — Osteoцит [18, 21]:**

*1 — ядро; 2 — цитоплазма; 3 — плазмолемма; 4 — отросток остеоцита;  
5 — лакуна (по Бауду и Вебер — Златкину)*

Увеличение в 10 000 раз.

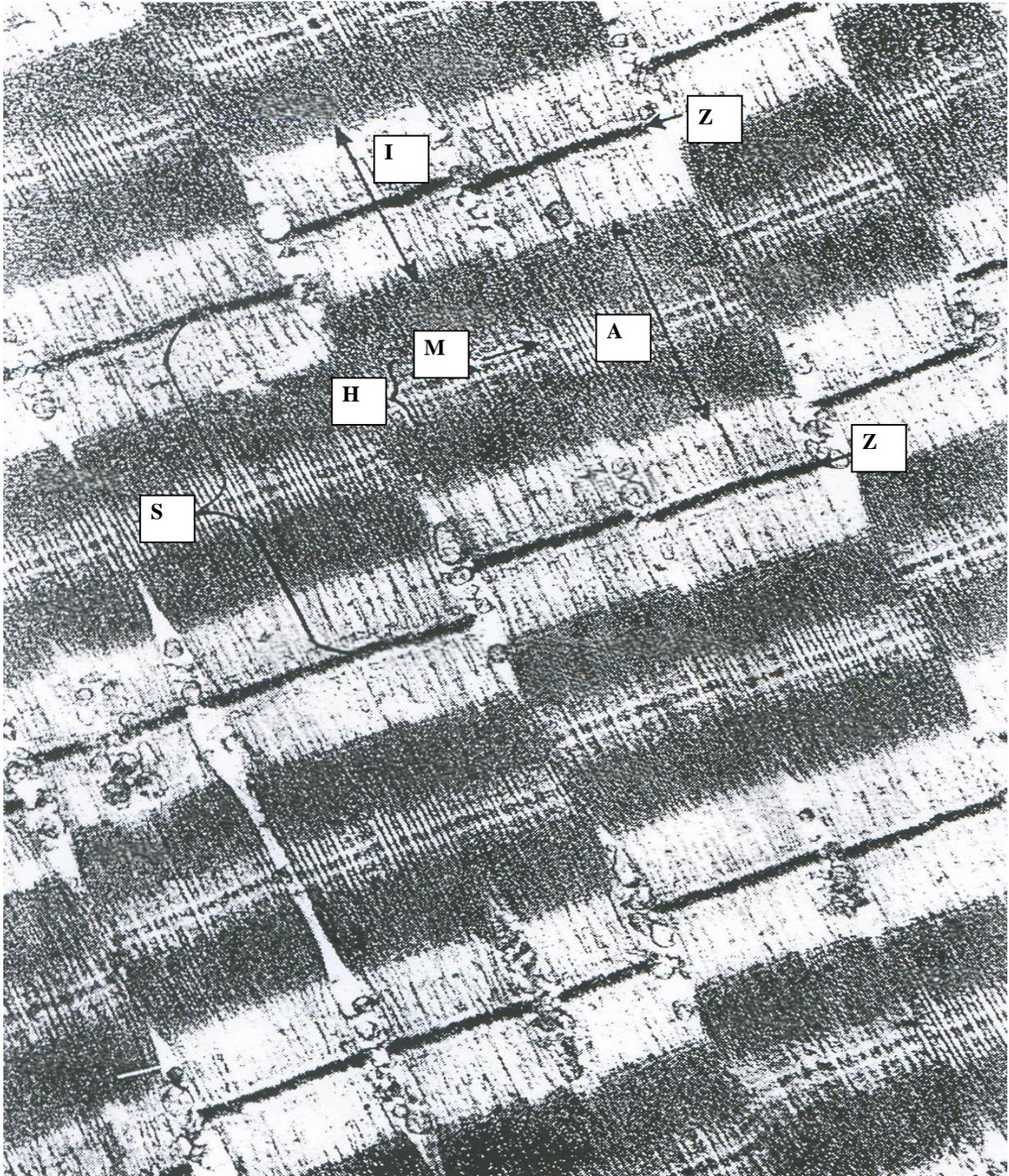
## ***Фрагмент поперечно-полосатого мышечного волокна***

На электронограмме 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, свободные рибосомы в виде полисом. Присутствуют лизосомы, много митохондрий, хорошо развита агранулярная ЭПС (депо  $Ca^{++}$ ), клеточный центр отсутствует. **Триада** — это комплекс из одной инвагинации плазмолеммы (Т-трубочка) и двух цистерн агранулярной ЭПС (L-трубочки). Обеспечивает проведение 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. 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).

**Саркомер** — это структурно-функциональная единица миофибриллы, участок между телофрагмами (рисунок 24–1).



**Рисунок 23 — Фрагмент поперечно-полосатого мышечного волокна:**  
*S — саркомер; А — анизотропный диск; I — изотропный диск;  
Z — телофрагма; H — светлая полоса в центре А-диска  
в середине которой проходит М-линия (мезофрагма)*

Увеличение в 13 000 раз.

## ***Саркомер***

На электронограмме представлен саркомер — структурно-функциональная единица миофибриллы поперечно-полосатой мышечной ткани (рисунок 24–1).

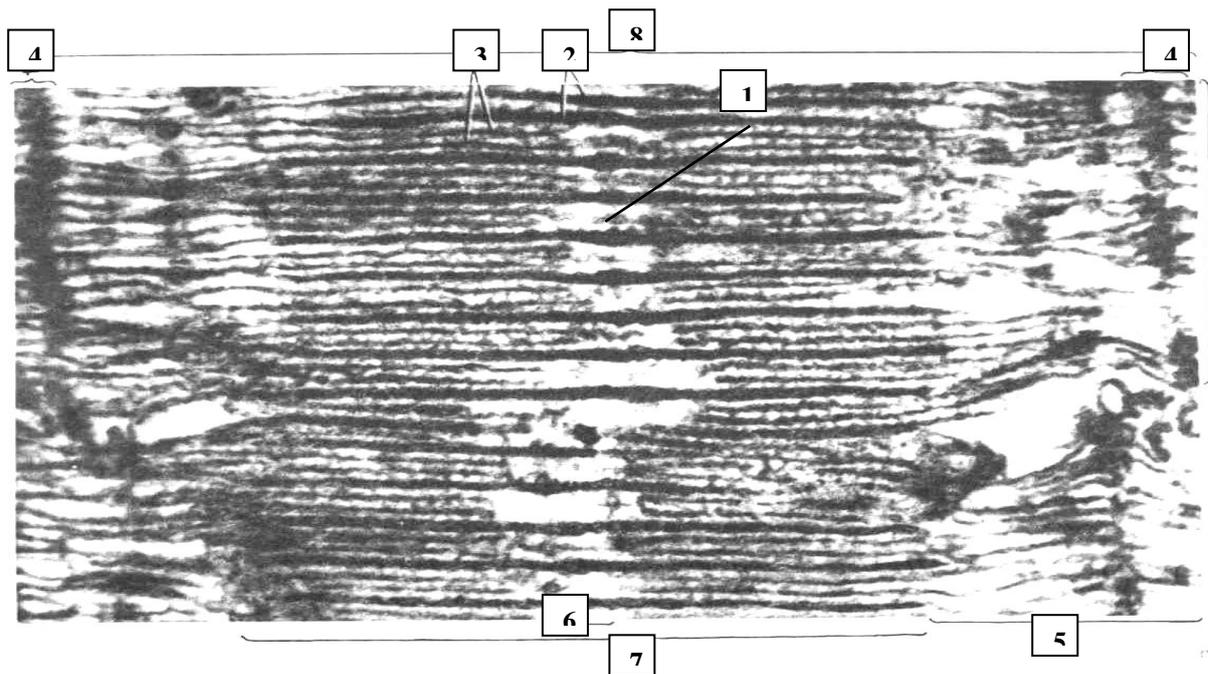
**Саркомер** — это часть миофибриллы между телофрагмами (*Z*-линиями). Формула саркомера  $1/2$  I-диска + А-диск +  $1/2$  I-диска. Линия сшивки соседних саркомеров (*Z*-линия) состоит из белков альфа-актина, десмина, виментина (рисунок 24–2).

**Миофибриллы** состоят из уложенных параллельными рядами миофиламентов. **Миофиламенты** — это нити сократительных белков. Тонкие филаменты — актин, тропомиозин, тропонин. Толстые филаменты — миозин. Упорядоченное расположение миофиламентов придает миофибрилле поперечную исчерченность, т. е. видны правильно чередующиеся темные и светлые диски.

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

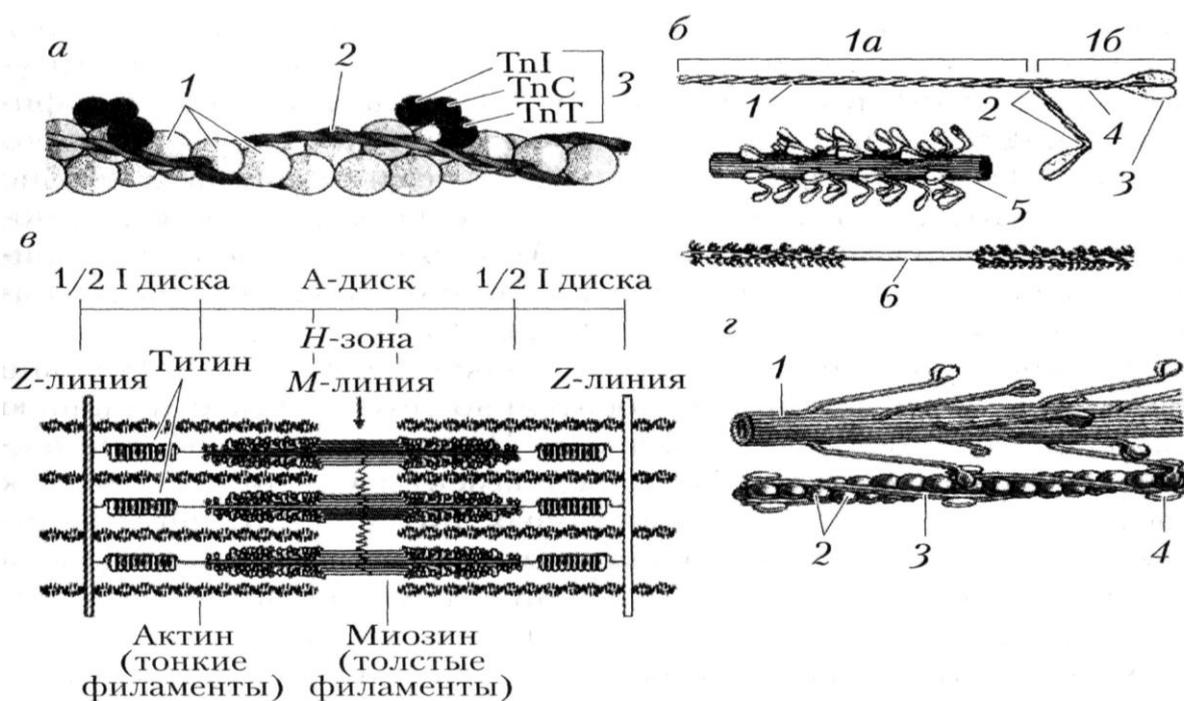
**Светлые диски** называют **изотропными (I-диски)**. I-диски состоят только из тонких филаментов. В центре диска видна телофрагма (**Z-линия**). Это место прикрепления тонких филаментов.

При сокращении тонкие актиновые нити глубоко заходят между миозиновыми и продвигаются к средней линии. При этом ширина I-диска и Н-полоски уменьшается, А-диска не изменяется.



**Рисунок 24-1 — Саркомер поперечно-полосатого мышечного волокна [18, 21]:**  
 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 (по Хаксли)

Увеличение в 175 000 раз.



**Рисунок 24-2 — Схема строения миофиламентов [12]**

## ***Различия в структуре и конфигурации вставочных дисков сердечной мышцы***

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

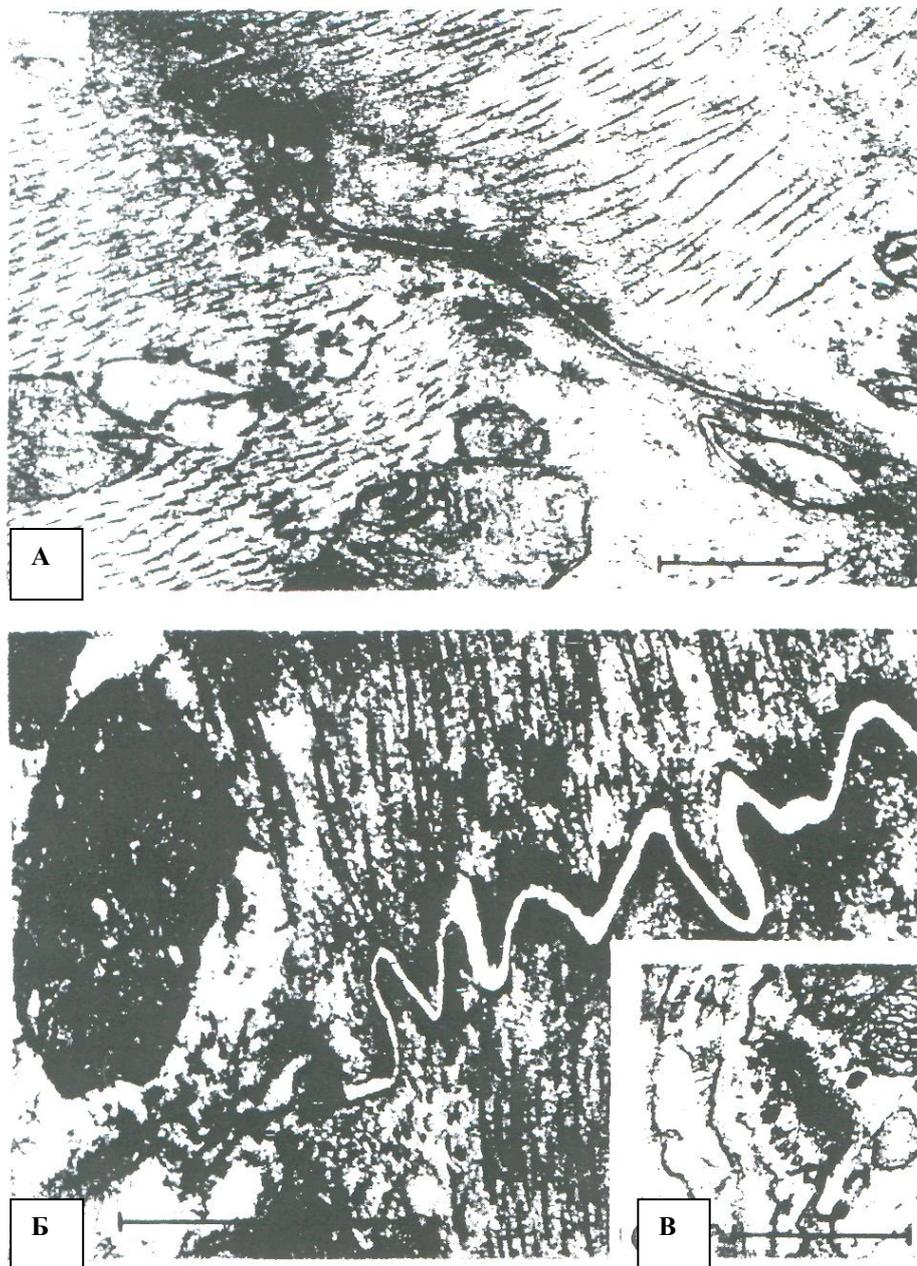
1. **Интердигитации** — это «межпальцевые» соединения выпячивания и углубления плазмолеммы. Вырост одной клетки плотно входит в углубление второй. На конце такого выступа (поперечный участок вставочного диска) сконцентрированы контакты двух типов: **десмосомы и промежуточные**. На боковой поверхности выступа (продольный участок вставочного диска) имеется множество щелевых контактов (нексусов) (рисунок 25 Б).

2. **Десмосомы** — прочные механические контакты, препятствующие расхождению кардиомиоцитов (рисунок 25 В).

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. Это обстоятельство, 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 [1]:**

*А — вставочный диск в миокарде предсердий;*

*Б — вставочный диск в миокарде желудочков;*

*В — слоистые структуры типа десмосом вставочных дисков желудочков*

## ***Безмиелиновые нервные волокна***

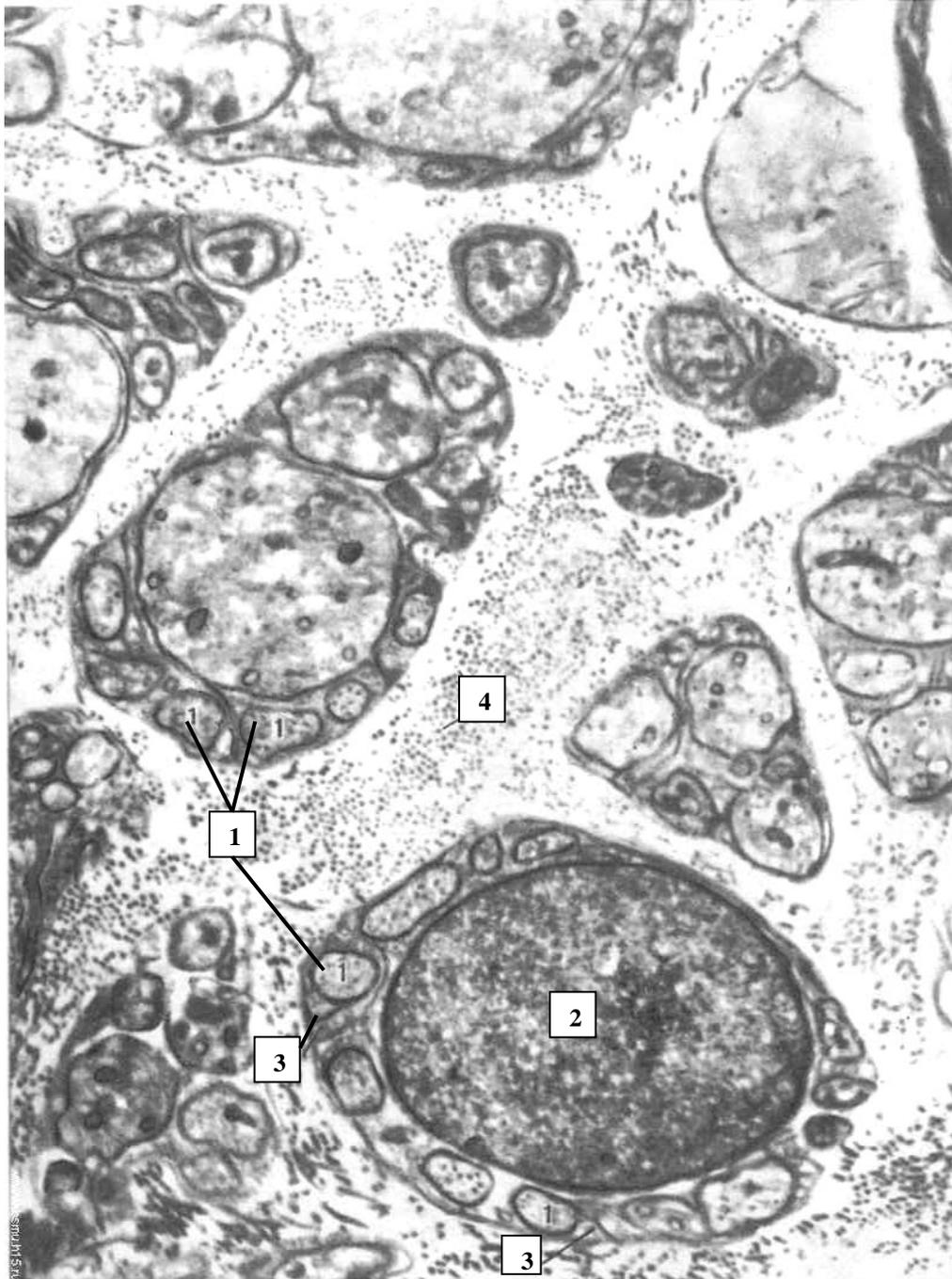
**Безмиелиновые** волокна состоят из осевых цилиндров (отростков нервных клеток), окруженных леммоцитами (шванновскими клетками). При погружении осевого цилиндра в шванновскую клетку ее клеточная мембрана смыкается и образуется **мезаксон** — сдвоенные мембраны шванновской клетки. Осевые цилиндры как бы подвешены на двухлистных складках — своеобразных «брыжейках».

Каждая шванновская клетка подобным образом окружает несколько осевых цилиндров, т. е. безмиелиновое волокно построено по «**кабельному**» типу (рисунок 26).

Каждое нервное волокно окружено эндоневрием — тонкой прослойкой рыхлой соединительной ткани с кровеносными капиллярами.

Безмиелиновые волокна физиологически более древние, чем миелиновые. Проводят импульс 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 [18, 21]:**  
1 — осевые цилиндры; 2 — ядро леммоцита; 3 — мезаксон;  
4 — поперечные срезы коллагеновых фибрилл эндоневрия (по Элфнину)

Увеличение в 24 000 раз.

## ***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 (рисунок 27).

**Миелин** — компактная **структура из мембран**, спирально закрученных вокруг аксонов. 70 % массы миелина составляют липиды. Они хорошо окрашиваются осмием в темный цвет.

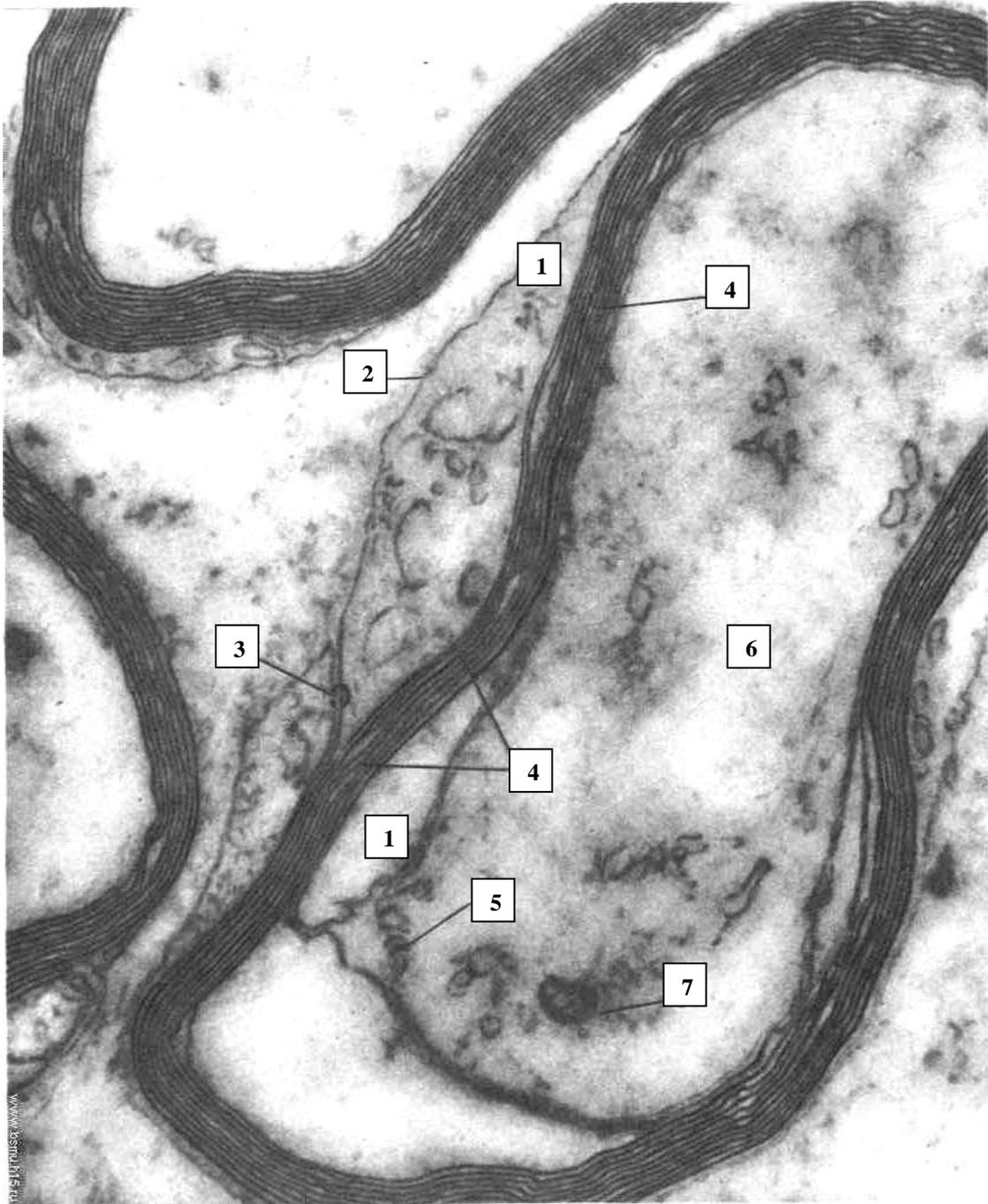
Миелин прерывается через регулярные промежутки — **перехваты Ранвье**. Это границы между соседними шванновскими клетками.

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

На данной электронограмме **миелиновое волокно** состоит из:

а) **осевого цилиндра** — отростка нервной клетки. В нем видны извилистая аксолема, митохондрии, нейрофибриллы;

б) **шванновской клетки** (леммоцита). Цитоплазма и цитолема ее снаружи образуют нейролемму, а внутри располагается миелиновая оболочка, состоящая из витков мезаксона.



**Рисунок 27 — Миелиновые нервные волокна [18, 21]:**

- 1 — цитоплазма шванновской клетки; 2 — цитолемма шванновской клетки;  
3 — мезаксон; 4 — витки мезаксона; 5 — аксолемма; 6 — аксоплазма;  
7 — митохондрия (по В. Л. Боровягину)

Увеличение в 65 000 раз.

## *Перехват Ранвье*

По ходу миелинового волокна имеются сужения — **узловые перехваты (перехваты Ранвье)**. Они соответствуют границе смежных нейролеммоцитов (рисунок 28). Каждый межузловой сегмент представлен одним нейролеммоцитом. В этом участке мембрана аксона **не покрыта миелином**. Есть только многочисленные переплетающиеся отростки шванновских клеток. Аксолема 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. И осевой цилиндр и леммоцит растут в длину, поэтому первые витки миелина более короткие, чем последующие, которые на них накладываются.

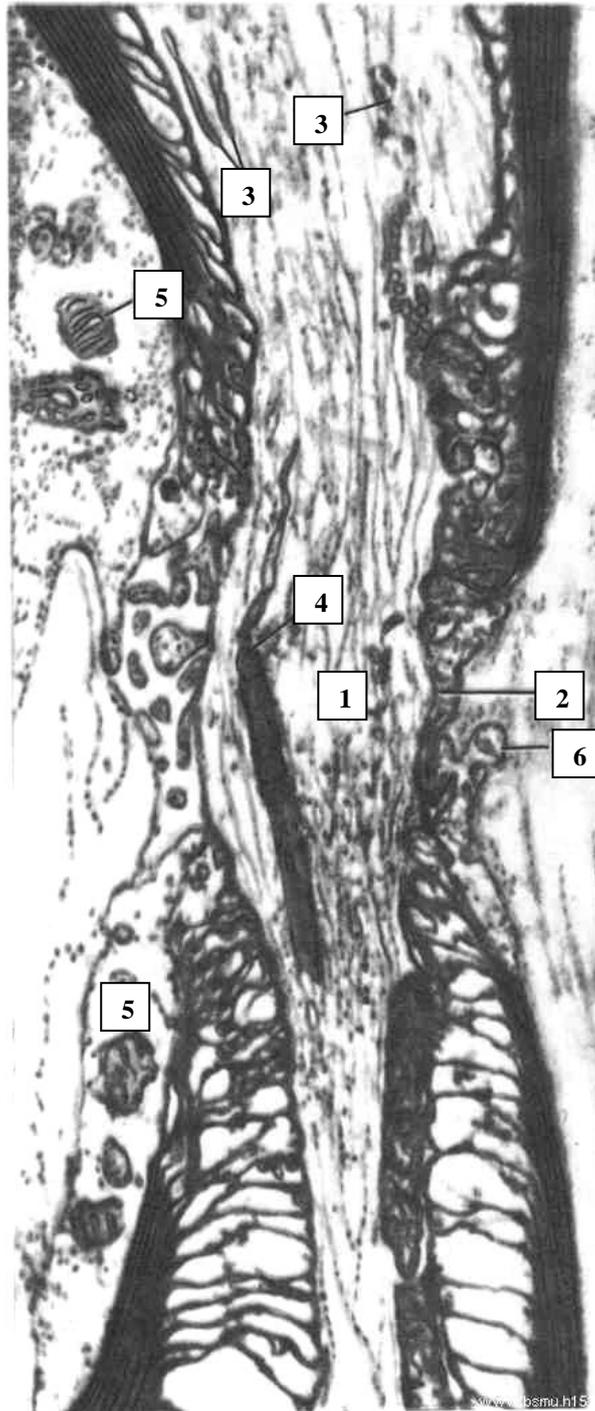
**Скачкообразное проведение нервных импульсов** в миелиновых волокнах, когда сигнал перескакивает от одного перехвата к другому, *обеспечивают Na-каналы* перехватов Ранвье. Затрата времени на возбуждение аксолеммы по всей длине резко сокращается. По этой причине в миелиновых волокнах скорость проведения 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*, которая не покрыта миелином в области перехвата.

**Леммоциты** имеют:

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

Миелиновое волокно снаружи окружено эндоневрием, содержащим коллагеновые фибриллы.



**Рисунок 28 — Перехват Ранвье [18, 21]:**

1 — осевой цилиндр; 2 — аксолема; 3 — ЭПС в аксоплазме;  
4 — митохондрии в аксоплазме; 5 — митохондрии иванновских клеток;  
6 — пальцевидные выпячивания леммоцитов в области их контакта (из атласа Родина)

Увеличение в 7 000 раз.

## ***Строение мезаксона в области насечки неврилеммы***

**Насечки миелина** (Шмидта — Лантермана) — участки **расслоения миелина**, образующиеся при миелинизации (рисунок 29–1).

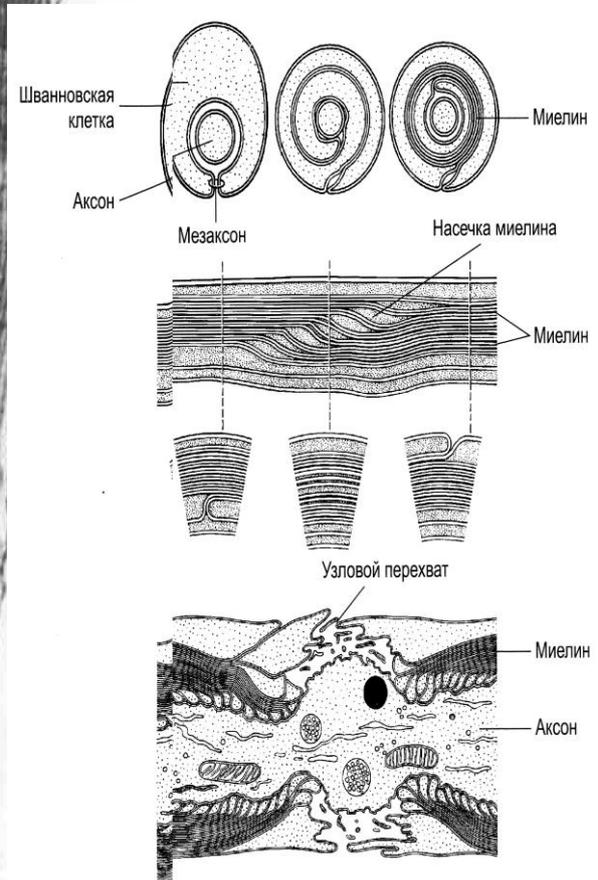
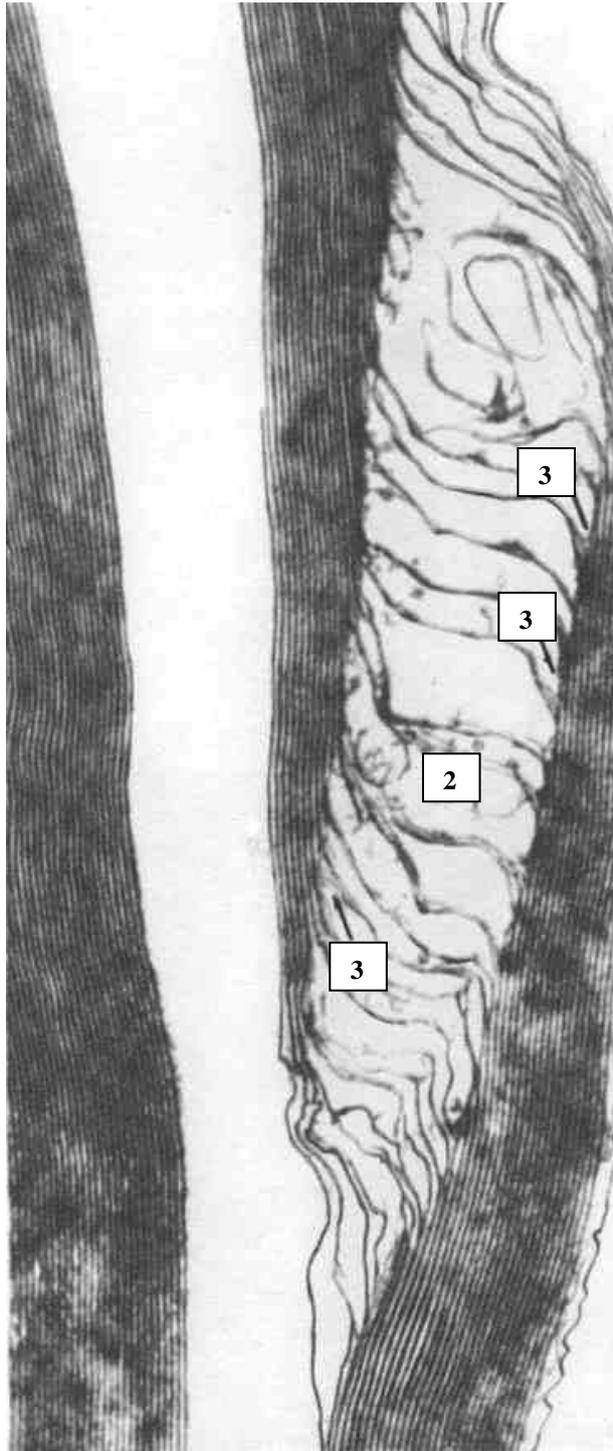
Между витками цитолеммы шванновской клетки присутствуют широкие прослойки цитоплазмы этих клеток. Функция насечек неясна.

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 (рисунок 29–2).

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

На данной электронограмме видны следующие структуры:

1. **Аксолемма** осевого цилиндра.
2. **Миелиновая** оболочка (многократные наслоения цитолеммы шванновской клетки).
3. **Область насечек**, где миелин расслоен и видно, что он состоит из отдельных витков мезаксона, разделенных прослойками цитоплазмы леммоцита.



**Рисунок 29-1 — Строение мезаксона в области насечки неврилеммы [18, 21]:**  
 1 — аксолема; 2 — цитоплазма леммоцита между слоями клеточной оболочки в области насечки; 3 — витки мезаксона в области насечки (из атласа Родина)

**Рисунок 29-2 — Образование миелинового волокна [12]**

Увеличение в 65 000 раз.

## *Двигательное нервное окончание*

**Эффекторные** нервные окончания подразделяются на двигательные и секреторные. Эффектор передает нервные импульсы на рабочие органы и ткани. 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 (рисунок 30).

На электронограмме можно увидеть:

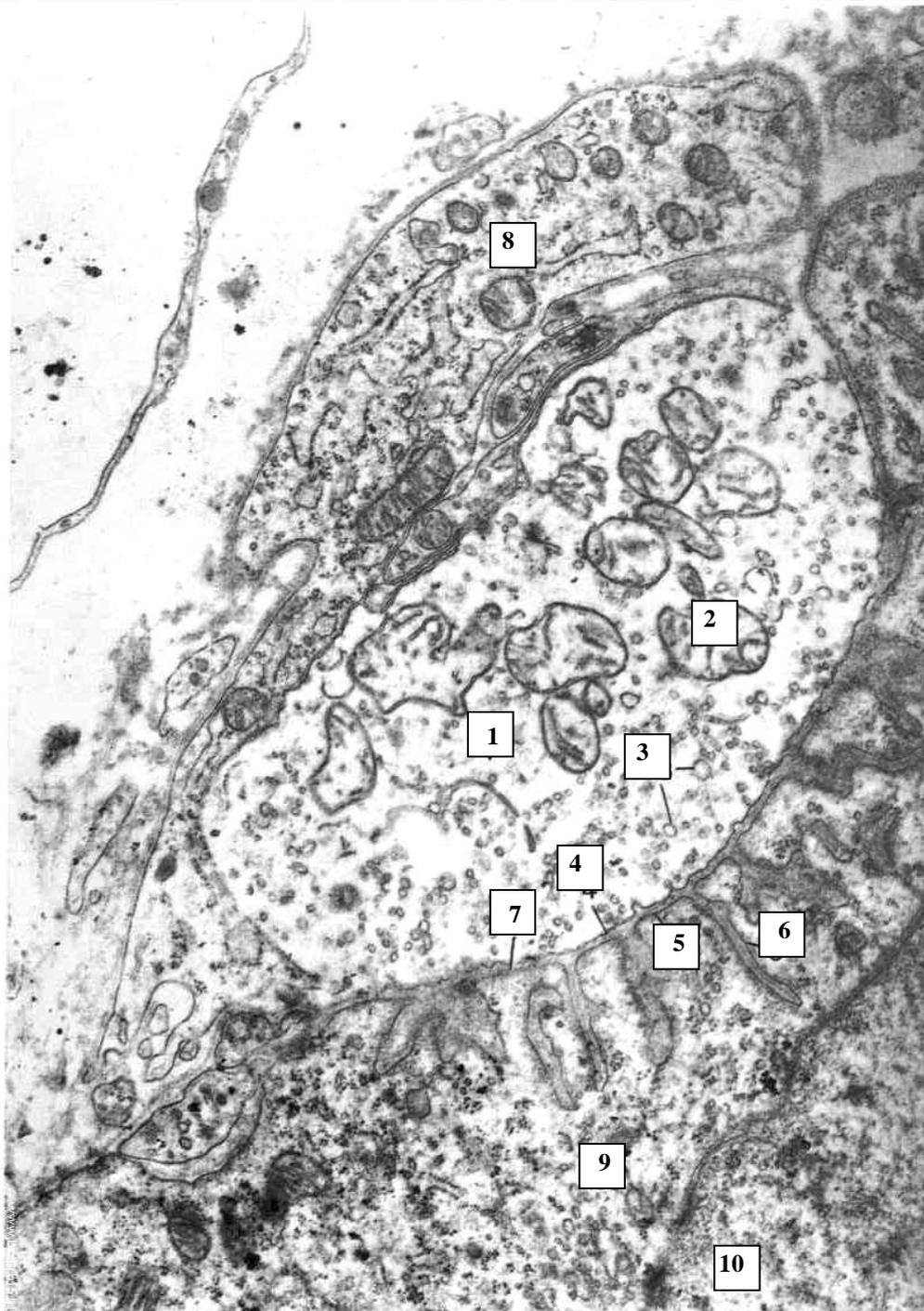
1. **Шванновскую клетку**, которая прикрывает контакт сверху. В ее цитоплазме видны митохондрии.

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 — ацетилхолин взаимодействует с рецепторами на постсинаптической мембране — происходит деполяризация сарколеммы — волна деполяризации распространяется по Т-трубочкам, которые входят в состав триады с двумя концевыми цистернами агранулярной ЭПС, депонирующей ионы кальция. Это вызывает выход кальция из гладкого ретикулума в саркоплазму, связывание его с тонкими нитями и освобождение их активных центров для контакта с миозином.



**Рисунок 30 — Двигательное нервное окончание [18, 21]:**

- 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 (по Г. Еляковой)

Увеличение в 33 000 раз.

## ***Чувствительное инкапсулированное нервное окончание (тельце Фатера — Пачини)***

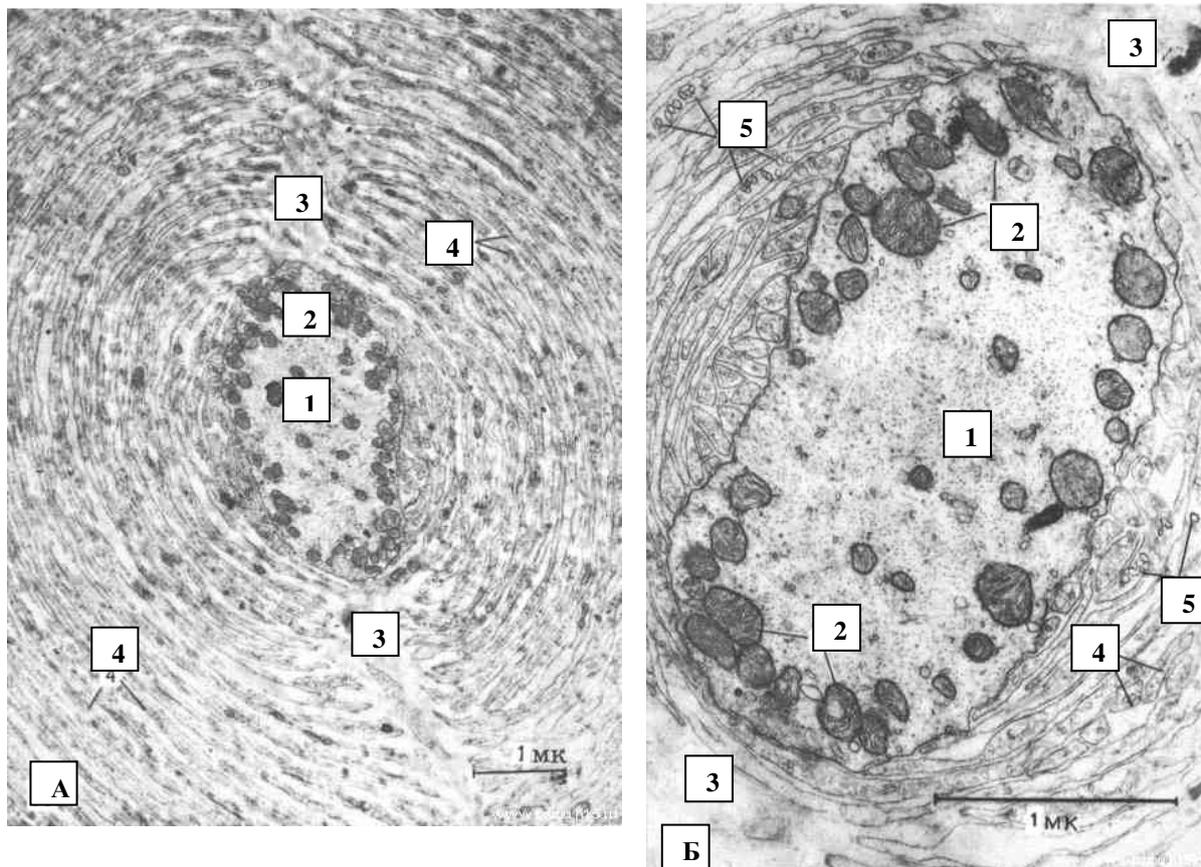
На электронограмме представлено чувствительное инкапсулированное нервное окончание.

**Тельце Фатера — Пачини** — это рецептор давления. Расположены в глубоких слоях дермы кожи, наружных половых органах, стенке мочевого пузыря, капсулах внутренних органов. Имеют овальную форму. Основными компонентами тельца являются — **внутренняя колба, наружная капсула и терминальное нервное волокно** (рисунок 31 А, Б).

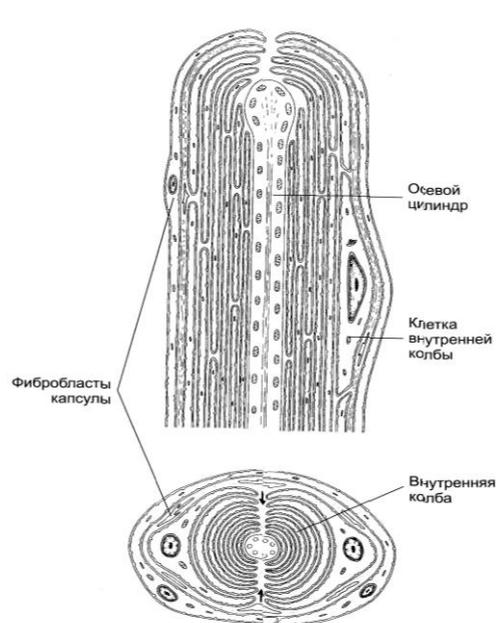
**Терминальное волокно** — толстое миелинизированное нервное волокно. Внутри наружной капсулы нервное волокно имеет несколько перехватов Ранвье. Подойдя к внутренней колбе рецептора, нервное волокно теряет миелин и переходит в чувствительную терминаль (рисунок 31–2).

**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.



**Рисунок 31-1 (А, Б) — Чувствительное инкапсулированное нервное окончание (тельце Фатера — Пачини) [18, 21]:**  
 1 — дендрит; 2 — митохондрии; 3 — щель внутренней колбы; 4 — отростки пластинчатых клеток внутренней колбы; 5 — пиноцитозные пузырьки (по В. Л. Черепнову)



**Рисунок 31-2 — Схема строения [12]**

## РАЗДЕЛ III. ЧАСТНАЯ ГИСТОЛОГИЯ

### *Нейросенсорные клетки сетчатки глаза*

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

Дендриты фоторецепторных клеток сетчатки называют палочками и колбочками. Они состоят из наружного и внутреннего сегментов. Наружный сегмент у **палочковых** клеток имеет цилиндрическую форму, состоит из множества сдвоенных 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 колбочки, образованной **полудисками**, которые содержат зрительный пигмент — **йодопсин** (рисунок 32).

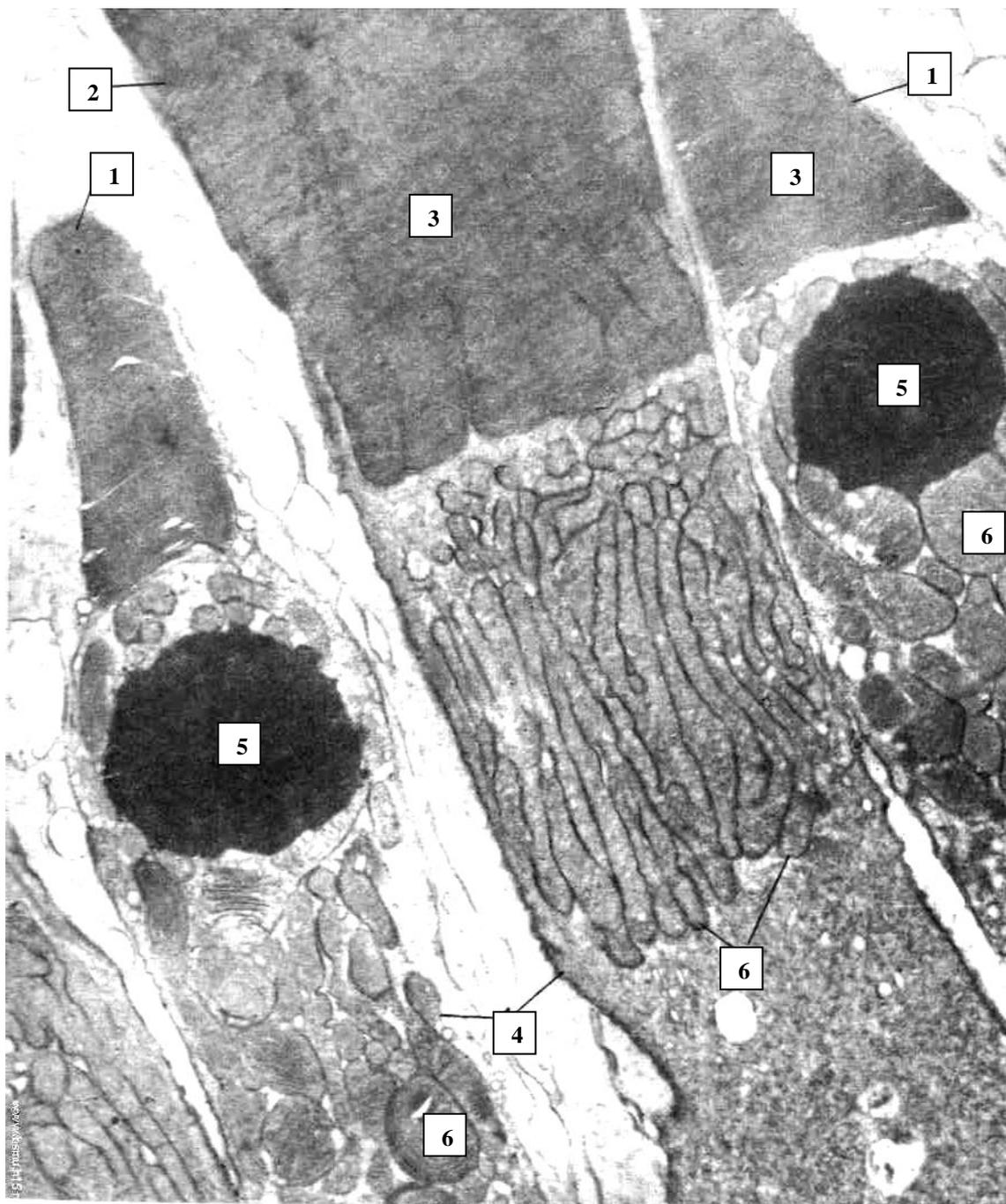
Во **внутреннем сегменте** у палочковых клеток находится множество митохондрий вытянутой формы (энергия необходима для передачи импульса с наружного сегмента, а также для процессов ресинтеза зрительных пигментов), у колбочковых клеток — митохондрии округлые, окружают **липидную каплю** (эллипсоид). Колбочковые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

**Палочковые** клетки отвечают за восприятие сумеречного, черно-белого, периферического зрения, а **колбочковые** — за дневное, цветное, центральное зрение.

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

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

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 колбочковых клеток.



**Рисунок 32 — Нейросенсорные клетки сетчатки глаза [18, 21]:**  
1 — колбочковые клетки; 2 — палочковая клетка; 3 — наружные сегменты;  
4 — внутренние сегменты; 5 — липидная капля; 6 — митохондрии (по В. Л. Боровягину)

## ***Волосковые клетки пятна маточки перепончатого лабиринта внутреннего уха***

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

Рецепторные клетки являются **вторичночувствующими**, или сенсоэпителиальными. Имеют **эктодермальное происхождение** (слуховые плакиды).

Сенсорный эпителий состоит из двух типов клеток: **рецепторных и опорных (поддерживающих)** (рисунок 33–1).

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 (рисунок 33–2):

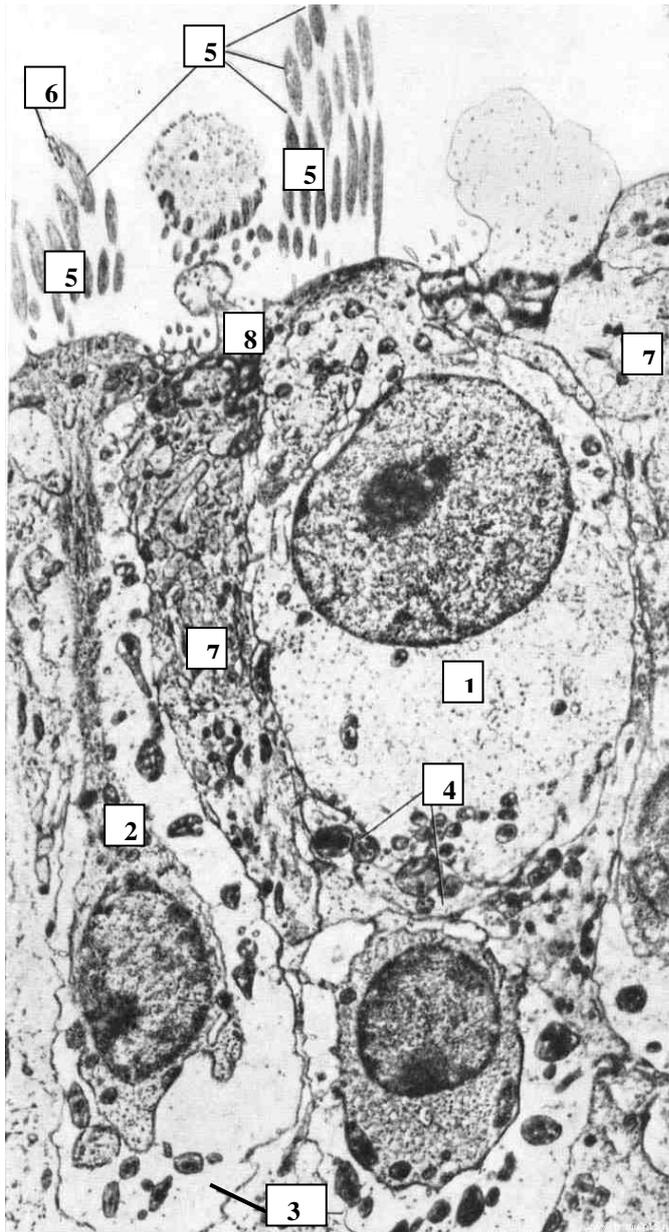
— одна подвижная **киноцилия** — видоизмененная ресничка, которая имеет скелет из микротрубочек;

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

**Кутикула** — утолщение цитолеммы на апикальной поверхности.

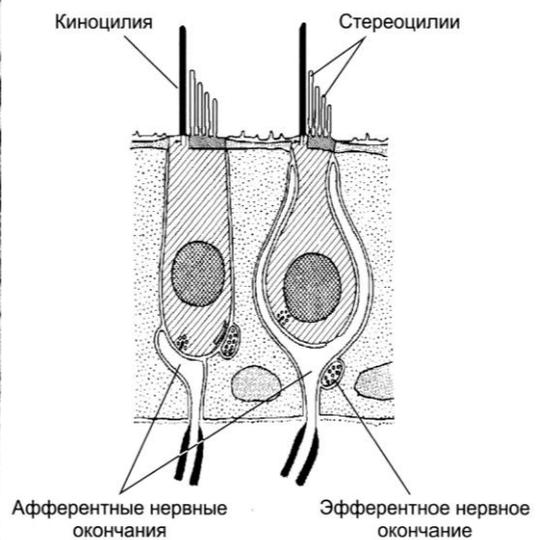
В базальной части клеток содержатся ядра с ядрышками, в цитоплазме заметны пузырьки. К базальной части сенсоэпителиальных клеток подходят нервные волокна и образуют синапсы. В цитоплазме **дендритов** видны митохондрии и пузырьки.

**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 33-1 — Волосковые клетки пятна моточки перепончатого лабиринта внутреннего уха [18, 21]):**

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



**Рисунок 33-2 — Схема строения**

## ***Соматотропная клетка аденогипофиза***

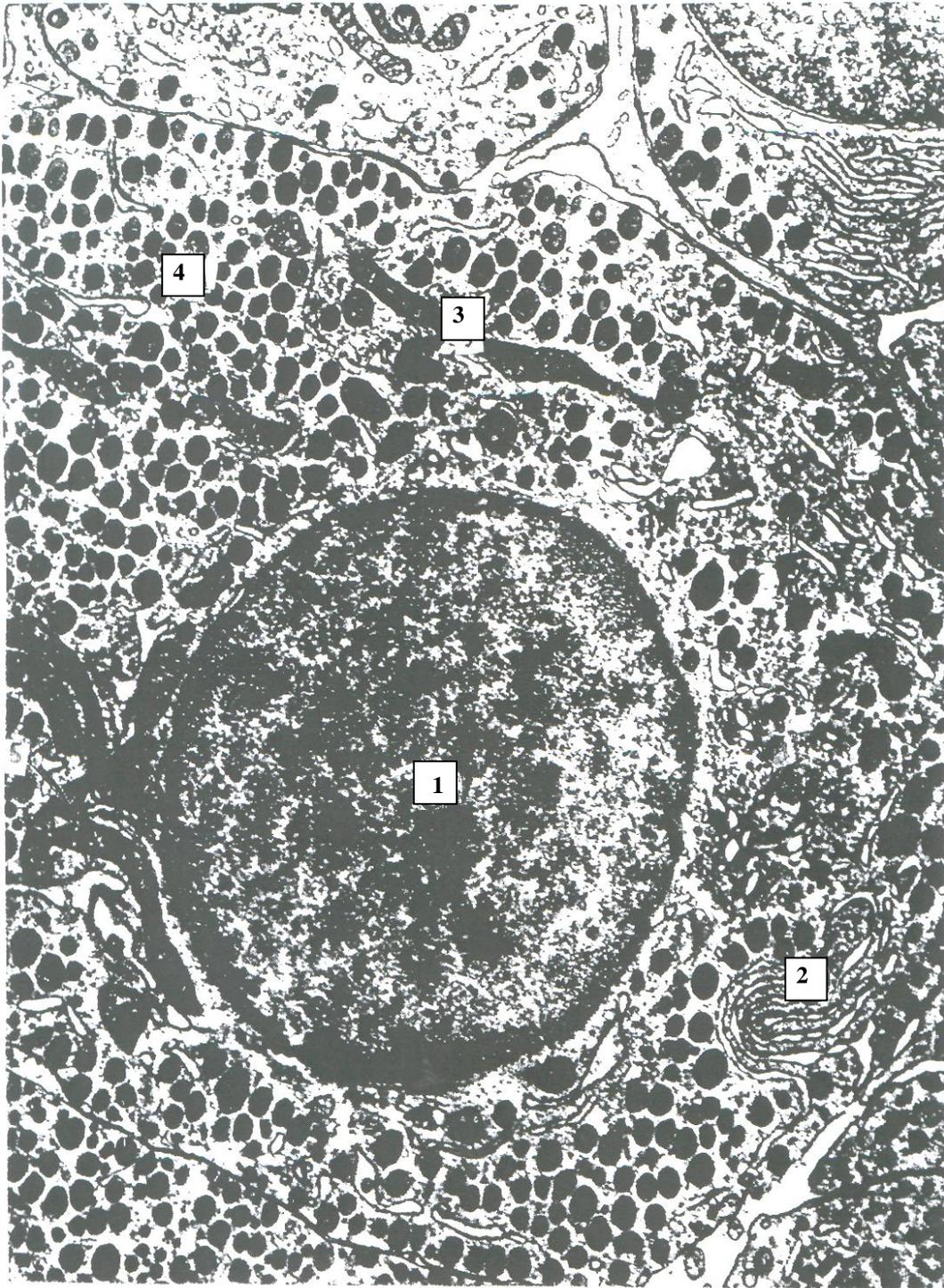
**Аденогипофиз** развивается из эпителия крыши ротовой полости (карман Ратке).

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

На электронограмме представлен фрагмент **ацидофильного** эндокриноцита — **соматотропоцита** (рисунок 34). 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 формирующиеся на транс-поверхности секреторные гранулы; 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 [18, 21]:**  
1 — ядро; 2 — эндоплазматическая сеть; 3 — митохондрии;  
4 — зрелые гранулы (по В. С. Стрижкову)

Увеличение в 20 000 раз.

## ***Фолликулостимулирующая клетка аденогипофиза***

На электронограмме представлен фрагмент **базофильного** эндокриноцита — **фоллитропоцита** (рисунок 35). Особенности строения свидетельствуют об активной секреции 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.

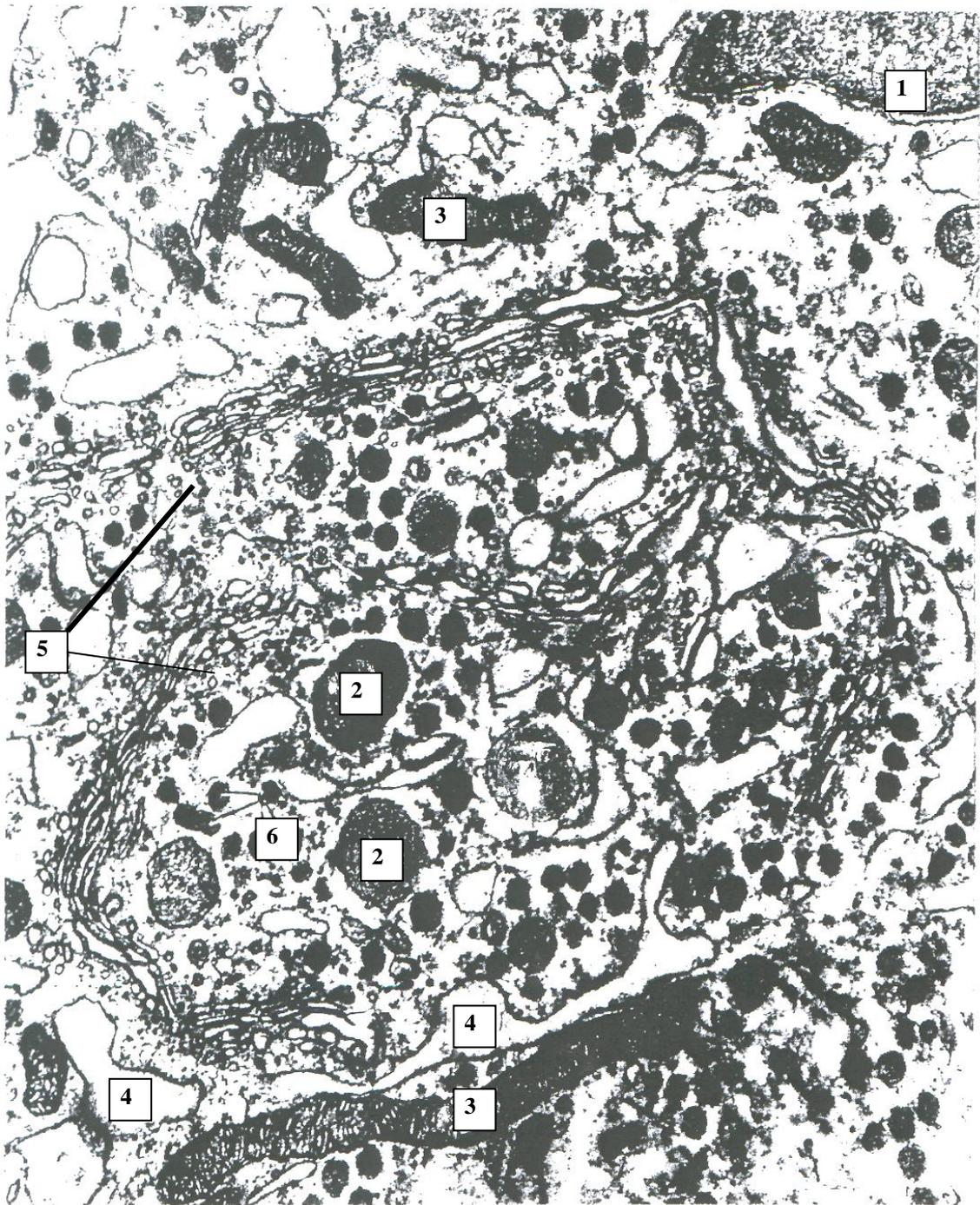
3. Комплекс Гольджи расположен в центре клетки, оттесняя ядро на периферию. Место около ядра, где лежит комплекс Гольджи изогнутой или кольцевидной формы, называется **макула**. В дистальных частях цистерн накапливается секрет, образуются крупные вакуоли на транс-поверхности;

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**, так как 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 [18, 21]:**  
1 — ядро; 2 — зрелые гранулы; 3 — митохондрии; 4 — эндоплазматическая сеть;  
5 — комплекс Гольджи; 6 — незрелые гранулы (по В. С. Стрижкову)

Увеличение в 35 000 раз.

## *Стенка фолликула щитовидной железы*

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

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

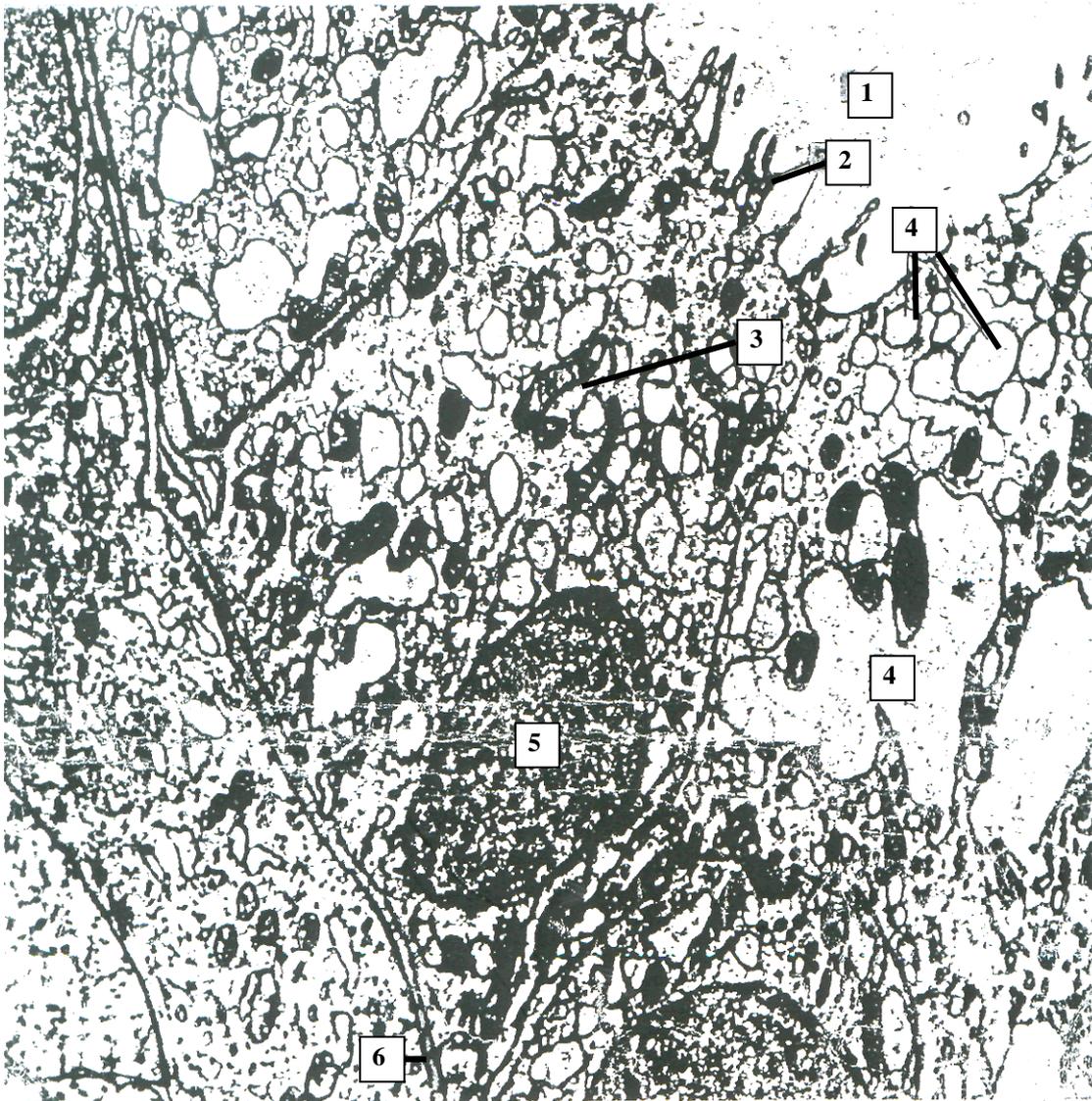
В однослойном призматическом эпителии различают **тироциты и кальцитониноциты**.

Тироциты — клетки призматической формы (рисунок 36). Клетки плотно соединяются друг с другом, особенно в апикальной их части. Это препятствует проникновению тироглобулина через межклеточные щели в кровь. Ядро находится в базальной части клетки, 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 микроворсы — 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** — гипопфизнезависимые клетки щитовидной железы, вырабатывающие гормон кальцитонин. Кальцитонин снижает уровень кальция в крови, увеличивая минерализацию костной ткани; препятствует всасыванию кальция в кишечнике и усиливает его выведение почками.



**Рисунок 36 — Стенка фолликула щитовидной железы [18, 21]:**  
1 — полость фолликула; 2 — клеточные микроворсинки на апикальной поверхности тироцитов; 3 — митохондрии; 4 — цистерны эндоплазматической сети;  
5 — ядро; 6 — базальная мембрана (по Н. П. Дмитриевой)

Увеличение в 18 000 раз.

## *Часть клетки пучковой зоны коры надпочечника*

Клетки пучковой зоны коры надпочечников (кортикоциты), соединяясь межклеточными контактами, располагаются тяжами (пучками). Кортикоциты этой зоны являются самыми крупными клетками коры надпочечника.

На электронограмме представлен фрагмент центральной части клетки (рисунок 37), в котором видны:

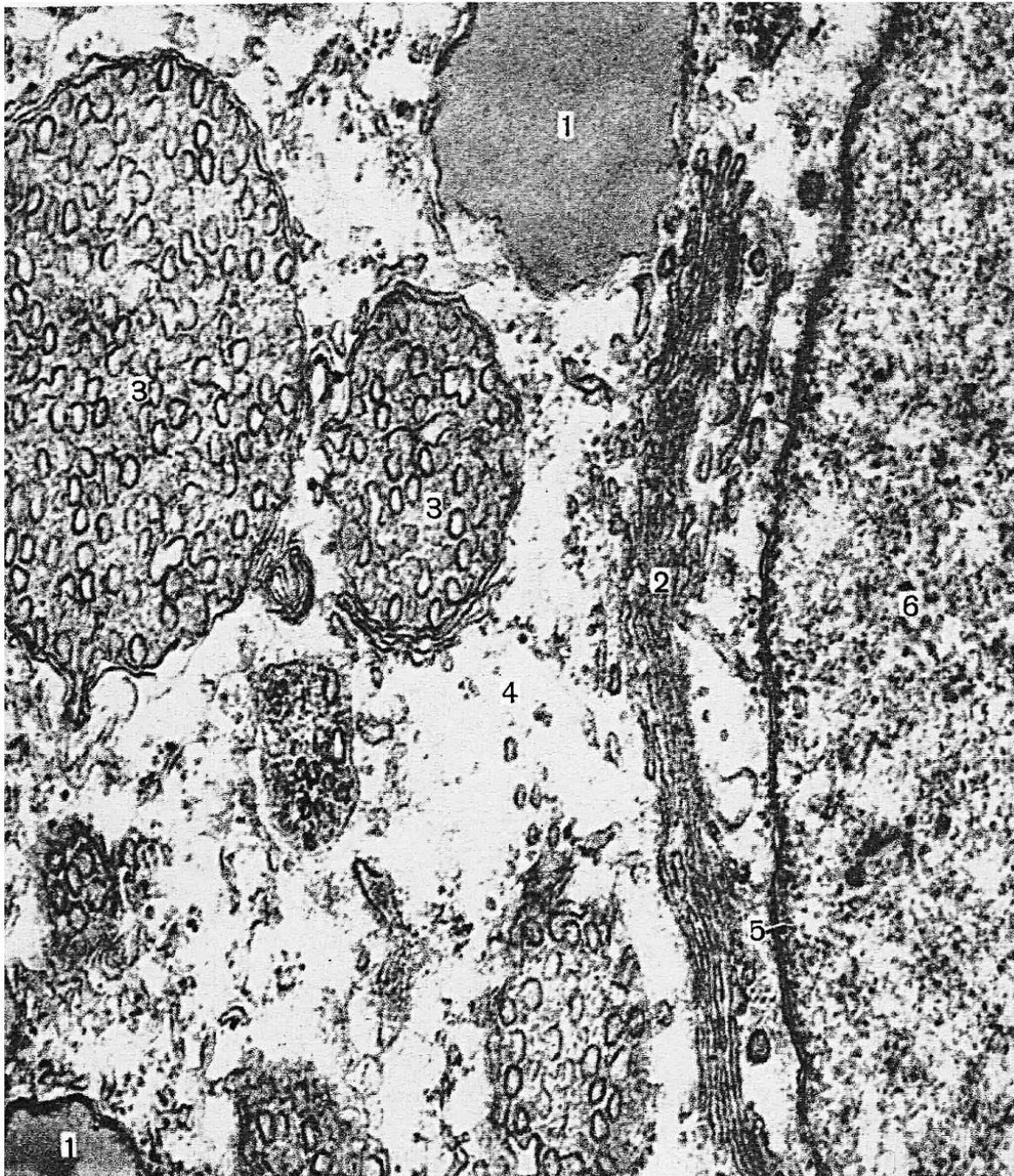
— ядро округлой формы с дисперсным хроматином и двуслойной кариолеммой;

— гладкая эндоплазматическая сеть, расположенная в околоядерной зоне цитоплазмы;

— далее находятся многочисленные митохондрии с везикулярными кристами и включения липидов. Из-за жировых капель, вымываемых при изготовлении препаратов, цитоплазма выглядит вакуолизированной, поэтому клетки еще называют спонгиоцитами.

Также в цитоплазме кортикоцита присутствуют рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, пероксисомы, цитоскелет.

Клетки синтезируют гормоны стероидной природы — глюкокортикоиды (кортизол, кортизон, кортикостерон). Гормоны влияют на метаболизм углеводов (стимулируют глюконеогенез), липидов (вызывают накопление) и белков (усиливают распад); имеют выраженные противовоспалительный и противоаллергический эффекты; подавляют коллагенообразование, вызывают лимфоцитопению, подавляют активность Т-киллеров; в больших количествах вырабатываются при стрессе. Выработка гормонов стимулируется адренокортикотропным гормоном аденогипофиза.



*Рисунок 37 — Часть клетки пучковой зоны коры надпочечника [18, 21]:  
1 — липидные включения; 2 — эндоплазматическая сеть; 3 — митохондрии;  
4 — гиалоплазма; 5 — кариолемма; 6 — ядро; (по В. П. Деревянко)*

Увеличение в 65 000 раз.

## *Эмалевые призмы зуба*

На данной электронограмме представлен фрагмент эмали. **Эмаль** — продукт секреции эпителиальных клеток **эктодермального** происхождения — энамелобластов. Покрывает коронку зуба.

Это самая твердая и хрупкая ткань организма. Состоит 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 %. На долю воды приходится около 3 %.

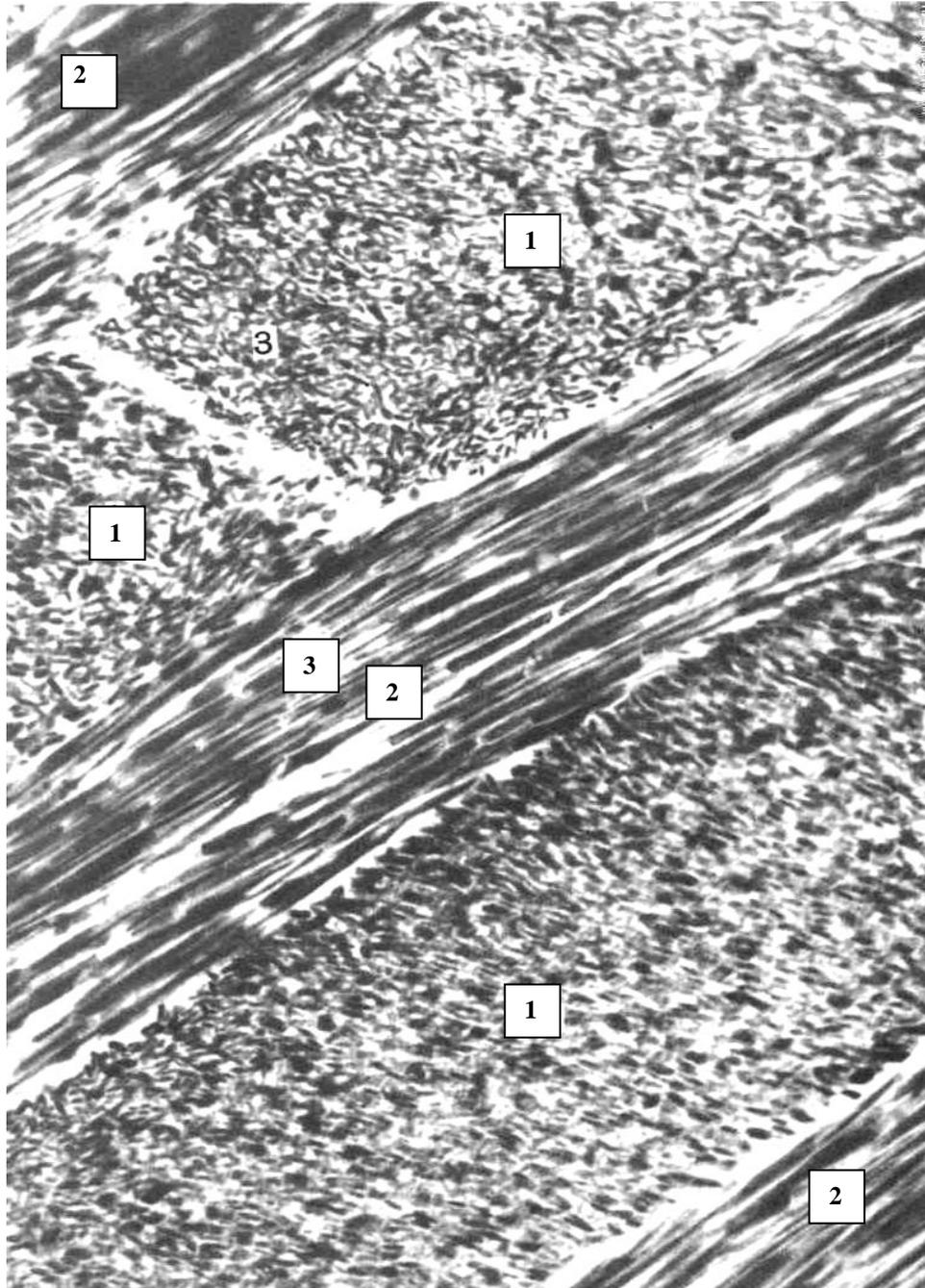
Проницаемость эмали ограничена. Между кристаллами есть микропоры, между призмами — **поры**. Транспорт веществ осуществляется эмалевой жидкостью через поры и микропоры. При дефиците питательных веществ и витаминов эмаль разрушается.

**Призма** — структурная единица эмали. Ориентирована перпендикулярно к дентину. Имеет форму гнезда для ключа, винтообразно изогнута. Кристаллы в призмах расположены компактно и упорядоченно. Кристаллы видны на продольном срезе в виде коротких линий, а на поперечных — в виде темных точек (рисунок 38). Кристаллы апатитов в центре призмы ориентированы параллельно ее длинной оси, а на периферии — под углом в поверхности призмы.

Периодичность отложения кристаллов в эмали в эмбриогенезе имеет вид концентрических колец. Малая исчерченность в призмах — отражение суточного ритма в обызвествлении призм.

Межпризменное вещество менее минерализовано, поэтому эти участки потенциально опасны для проникновения микробов.

Энамелобласты исчезают еще до прорезывания зубов, поэтому **эмаль не восстанавливается**.



**Рисунок 38 — Эмалевые призмы зуба [18, 21]:**

*1 — поперечные срезы эмалевых призм; 2 — продольные срезы эмалевых призм;  
3 — плотно расположенные кристаллы минеральных веществ (по Тревисту и Глемчеру)*

Увеличение в 44 800 раз.

## ***Собственная (фундальная, главная) железа желудка***

Фундальные железы располагаются в собственной пластинке слизистой оболочки дна и тела желудка. Являются простыми трубчатыми разветвленными. Тип секреции — мерокриновый. Выводные протоки которых открываются в желудочные ямки. В состав желез входит пять типов клеток: главные, париетальные, слизистые, шеечные и эндокринные. На электронограмме на первом плане — париетальный экзокриноцит, далее — апикальные части слизистых клеток (рисунок 39).

**1. Париетальные (обкладочные) экзокриноциты** локализуются больше в шейке и теле желез. Это крупные клетки округлой или пирамидной формы оксифильного цвета. Ядро округлое, в цитоплазме много митохондрий и глубокие инвагинации апикальной части плазмолеммы, образующие внутриклеточные каналцы с многочисленными микроворсинками. По каналцам транспортируются ионы  $H$  и  $Cl$ , которые соединяясь, создают соляную кислоту в полости желудка; образующиеся ионы  $НСО$  выводятся через базальную часть клеток и в дальнейшем поступают к покровным эпителиоцитам желудка и выделяются ими в слизь. Париетальные экзокриноциты синтезируют также антианемический фактор.

**2. Главные экзокриноциты** располагаются чаще в теле и дне железы. Окрашиваются базофильно, в базальной части содержат округлое ядро и аппарат белкового синтеза, в апикальной — секреторные гранулы с проферментами (в основном с пепсиногеном).

**3. Мукоциты (слизистые)** встречаются в шейке и теле железы. Имеют неправильную форму, в базальной части слабобазофильной цитоплазмы находится ядро и синтетический аппарат, в апикальной — секреторные гранулы с мукоидным секретом. Секретируют слизь.

**4. Шеечные мукоциты** располагаются в шейке железы. Малочисленны. Отличаются высокой митотической активностью: большая часть дочерних клеток смещается к поверхности и участвует в обновлении покровного эпителия, другая часть участвует в обновлении клеточного состава самих желез.

**5. Эндокриноциты** встречаются в секреторных отделах и в выводных протоках. Различают несколько разновидностей клеток, которые секретируют более 10 гормонов, имеющих системное действие; также регулирующих кровоснабжение слизистой оболочки; активность камбиальных клеток; моторную, секреторную функцию желудка и кишечника.



**Рисунок 39 — Собственная (фундальная, главная) железа желудка [18, 21]:**  
 1 — просвет железы; 2 — слизистые клетки; 3 — гранулы секрета;  
 4 — микроворсинки; 5 — париетальная клетка; 6 — микроворсинки  
 во внутриклеточных канальцах; 7 — митохондрии (по Винчестеру и Фаусету)

Увеличение в 9 000 раз.

## *Клетка Панета*

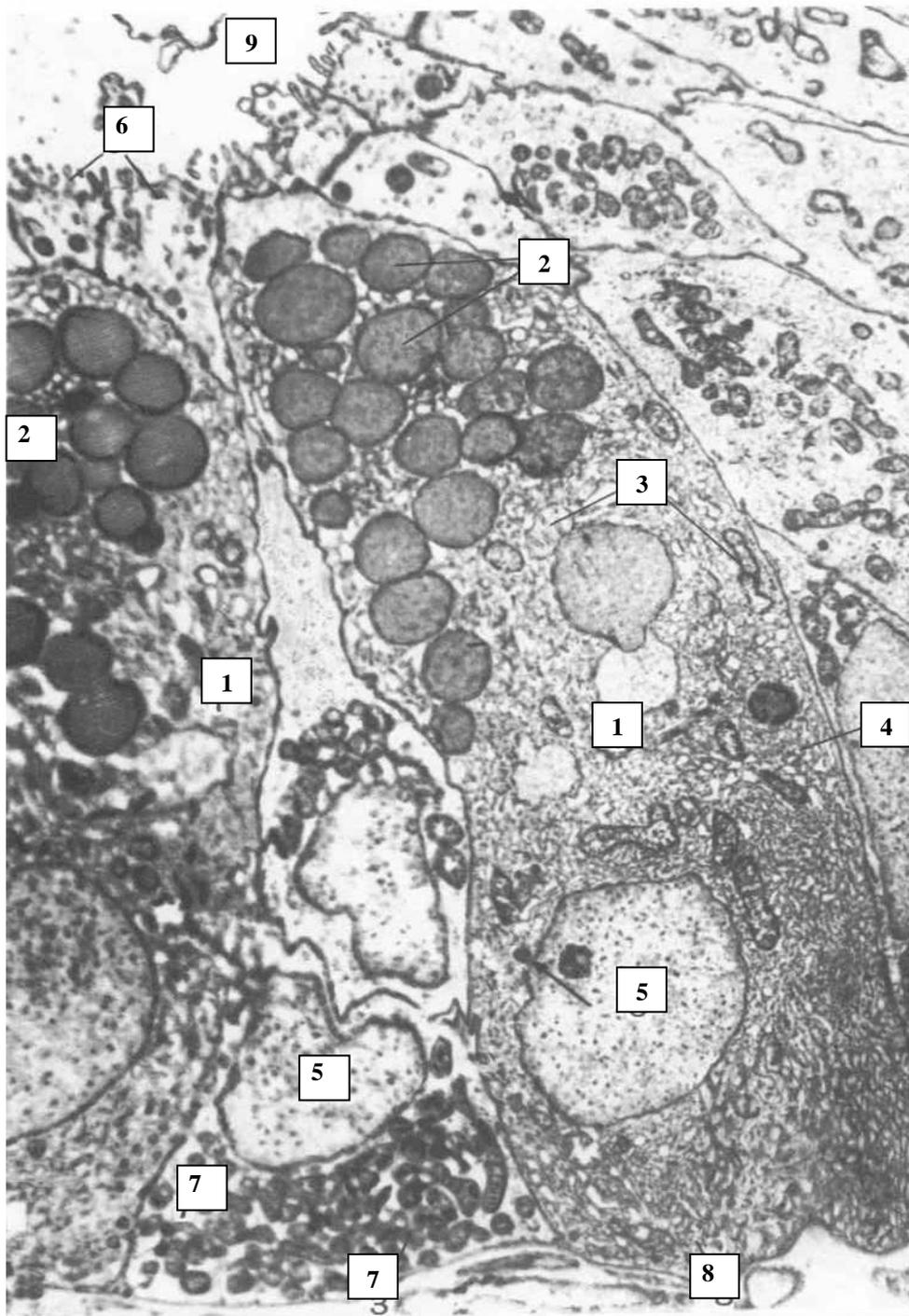
На данной электронограмме представлено дно простой трубчатой железы — **крипты** (рисунок 40). На базальной мембране располагаются высокие призматические эпителиоциты нескольких типов:

- **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, энтероглукагон, 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 40 — Клетка Панета [18, 21]:**

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 (по Триеру)

Увеличение в 4 000 раз.

## ***Концевой отдел поджелудочной железы***

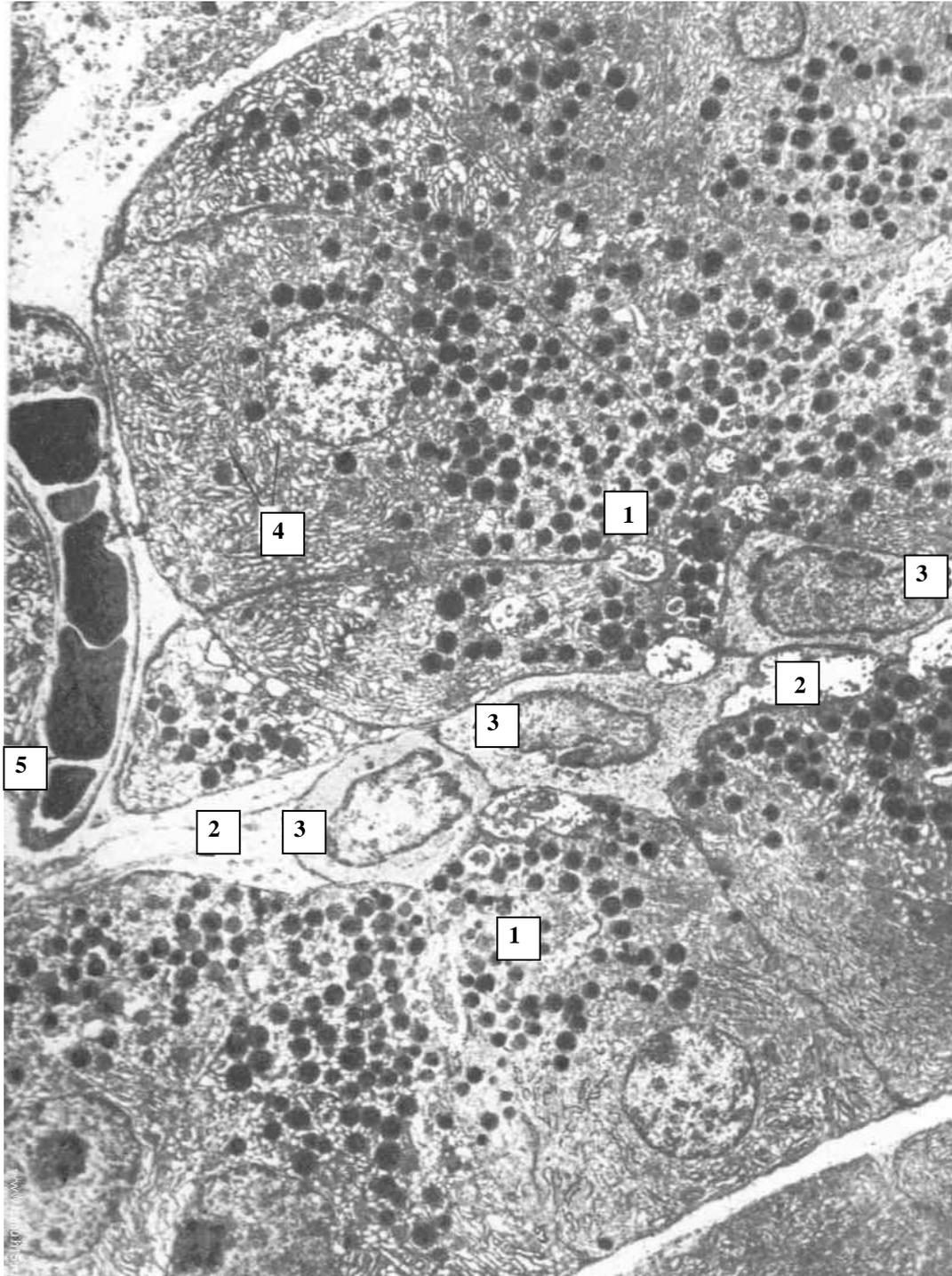
На электронограмме представлены: экзокринный секреторный отдел (**ацинус**), **вставочный** внутридольковый проток и **кровеносный капилляр** поджелудочной железы (рисунок 41).

**Ацинус** — структурно-функциональная единица экзокринной части поджелудочной железы. 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, комплекс Гольджи, цитоскелет. Отсутствие признаков разрушения ациноцитов свидетельствует о **мерокриновом типе** секреции.

Если материал взят натощак — количество секреторных гранул велико, если после приема пищи — гранул мало, так как уже 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. Имеют темное ядро со спирализованным хроматином и бедную органеллами и включениями в цитоплазму. Секрет не вырабатывают.

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



**Рисунок 41 — Концевой отдел поджелудочной железы [18, 21]:**  
1 — апикальные (зимогенные) части панкреатических клеток;  
2 — просвет концевого отдела; 3 — центроацинозные эпителиальные клетки;  
4 — ЭПС в базальной (гомогенной) части панкреатических клеток;  
5 — кровеносный капилляр (по Экхольму с соавторами)

Увеличение в 3 200 раз.

## ***Часть стенки лимфатического капилляра***

**Лимфокапилляры** представляют собой замкнутые с одной стороны трубочки.

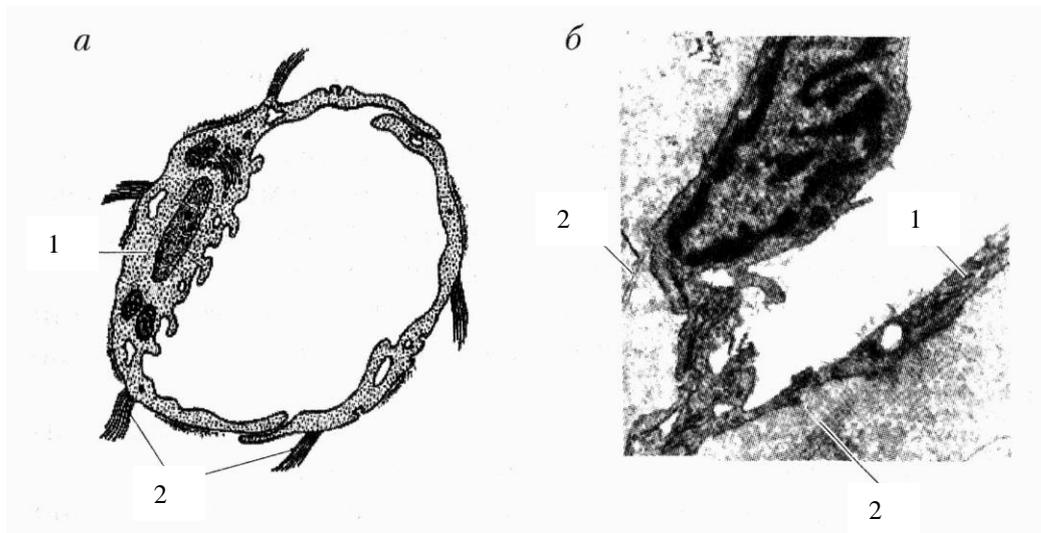
Стенка образована только эндотелиоцитами. **Базальная мембрана** и **перициты отсутствуют**. Эндотелий связан с окружающей соединительной тканью пучками **стропных филаментов**, препятствующих спадению капилляров. Между эндотелиоцитами есть щели (рисунок 42–1).

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

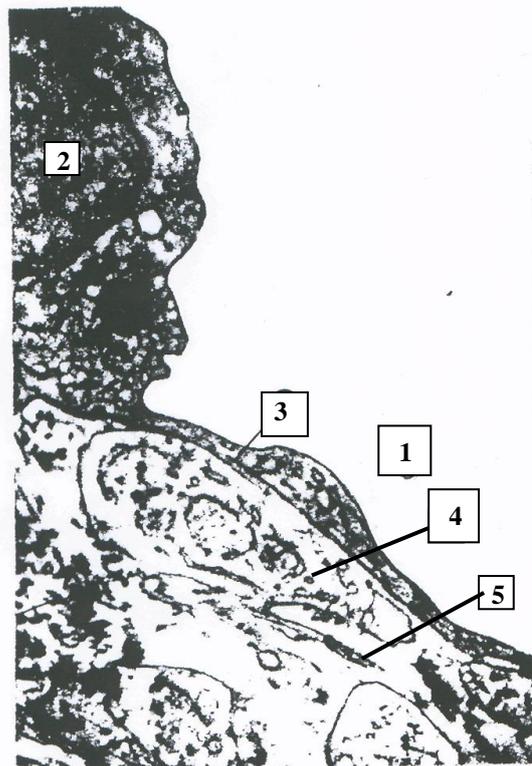
На данной электронограмме виден просвет лимфокапилляра и часть его стенки. Выстилку капилляра образует **эндотелий** — однослойный плоский эпителий мезенхимного происхождения (из ангиобласта). Эндотелиоциты соединяются **плотными контактами**, препятствующими проникновению веществ по межклеточным промежуткам. Ядро эндотелиоцита содержит дисперсный хроматин. В цитоплазме видны пиноцитозные пузырьки (рисунок 42–2).

**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 42-1 — Лимфокапилляр [12]:**  
*a — схема; б — электроннограмма;*  
*1 — эндотелиоцит; 2 — стропные филаменты (Lentz TL, 1971)*



**Рисунок 42-2 – Часть стенки лимфатического капилляра [18, 21]:**  
*1 — просвет лимфатического капилляра; 2 — ядро эндотелиальной клетки;*  
*3 — цитоплазма эндотелиоцита; 4 — фибробласт;*  
*5 — коллагеновые фибриллы (по В. А. Шахламову)*

Увеличение в 22 000 раз.

## ***Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого***

На электронограмме представлен **гемокapилляр** в стенке альвеолы. Хорошо различимы полость альвеолы и интерстиций (рисунок 43).

Альвеолы выстланы однослойным плоским эпителием. Различают альвеолоциты двух типов.

**Альвеолоциты I типа (респираторные)** имеют тонкую безъядерную часть (через нее происходит газообмен) и толстую ядродержащую. Лежат на тонких базальных мембранах. Часто базальные мембраны альвеолоцитов и эндотелиоцитов сливаются. Это благоприятствует газообмену.

Альвеолоциты I типа являются высокоспециализированными клетками, утратившими способность к делению.

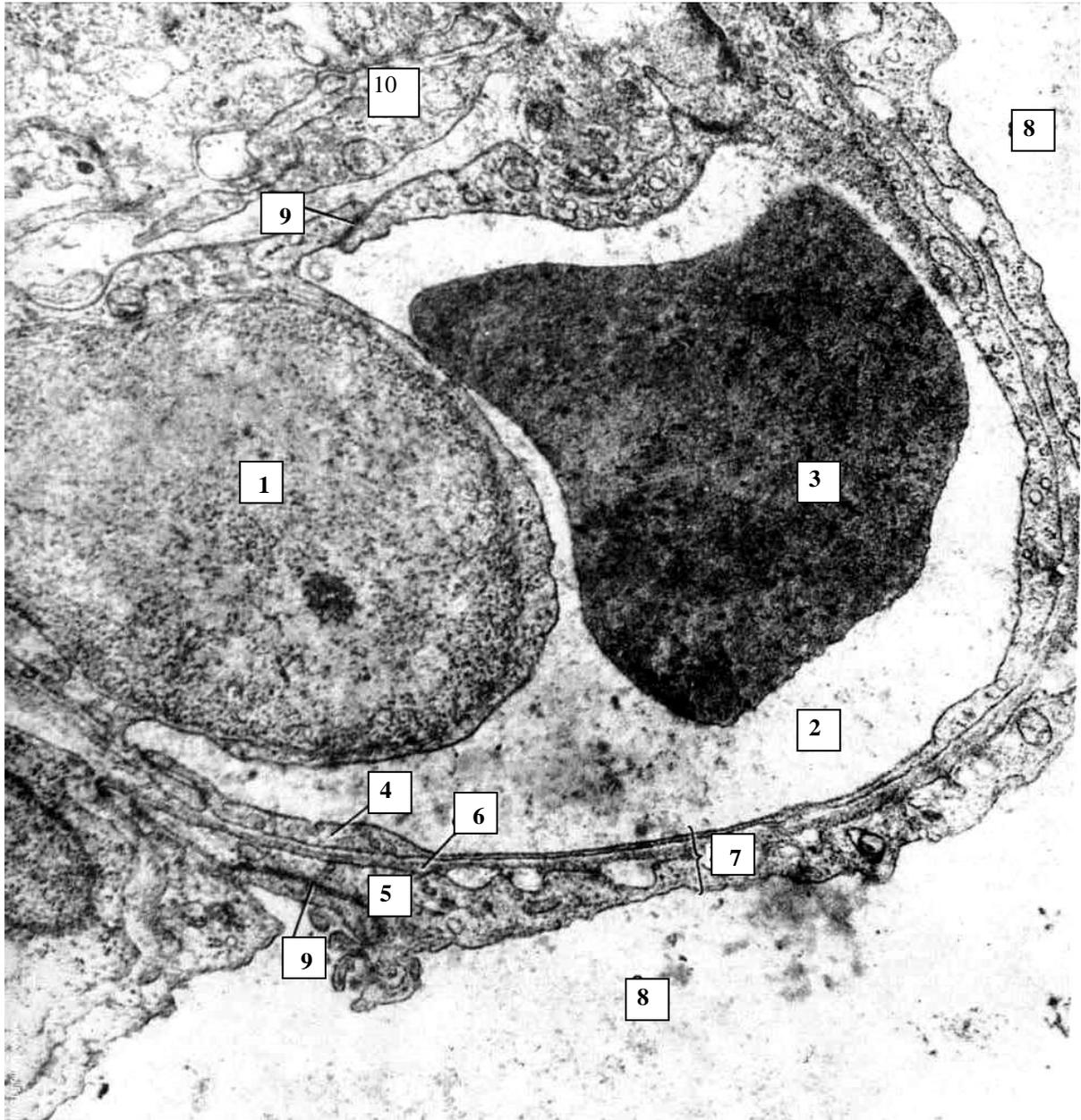
**Альвеолоциты II типа (большие)** секретируют **сурфактант**. Способны к пролиферации, являются **камбиальными клетками**.

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, в которых содержатся кровеносные капилляры, клетки соединительной ткани — фибробласты и макрофаги, а также хорошо развитый эластический каркас из эластических волокон.



**Рисунок 43 — Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого [18, 21]:**  
 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 (по В. А. Шахламову)

Увеличение в 25 000 раз.

## *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).

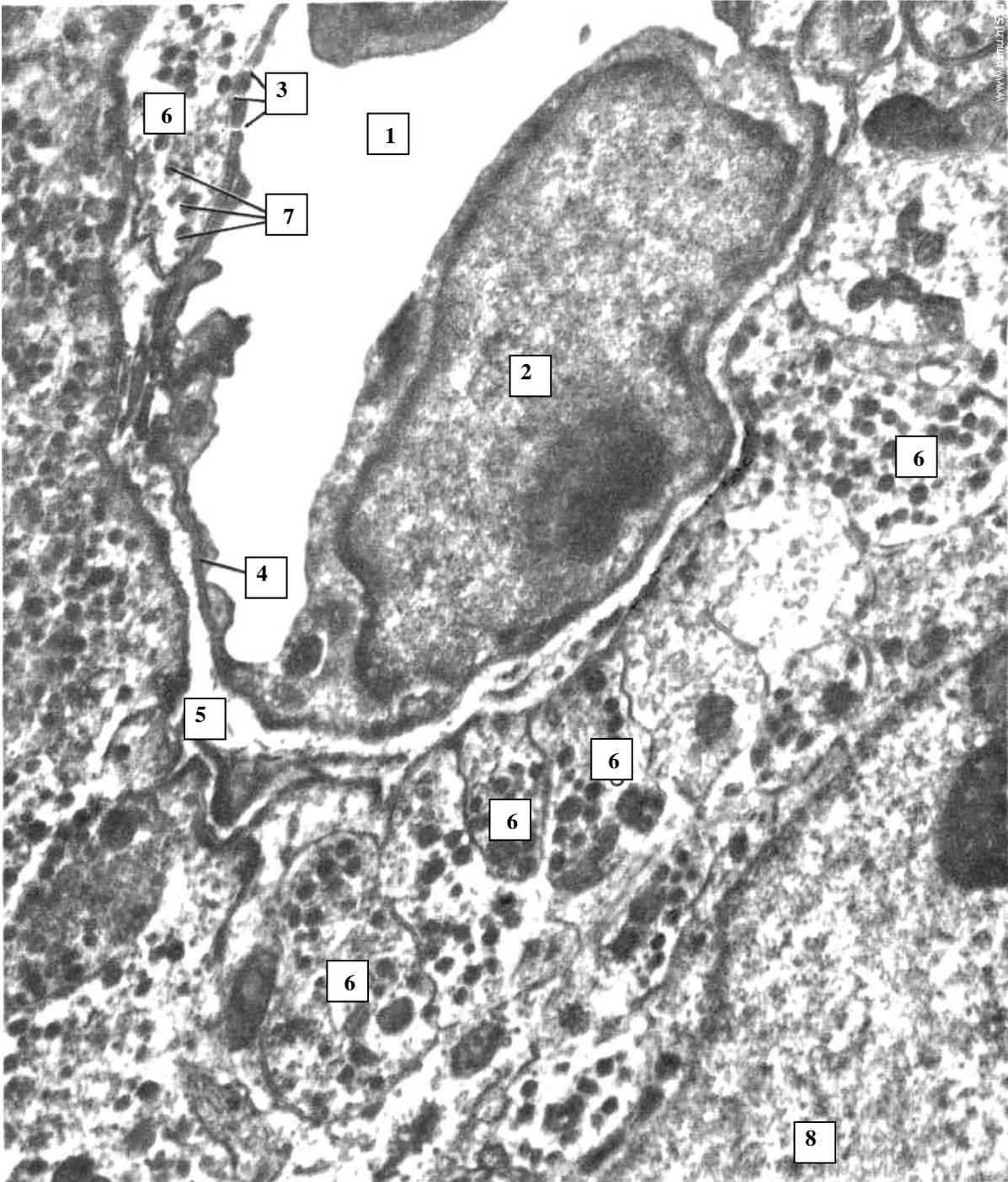
Аксоны крупных холинэргических **нейросекреторных** клеток **супраоптических** и **паравентрикулярных ядер** гипоталамуса через гипофизарную ножку приходят в заднюю долю гипофиза (нейрогипофиз), где заканчиваются на кровеносных капиллярах аксовазальными синапсами. Здесь синтезируемые в секреторных нейронах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

На данной электронограмме (рисунок 44) видны следующие структуры:

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

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

3. **Фенестрированный капилляр**, окруженный 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 44 — Аксо-вазальный синапс в задней доле гипофиза [18, 21]:**

- 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 (по А. Л. Поленову и М. А. Беленькому)

Увеличение в 25 000 раз.

## ***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 отростатыми клетками подоцитами. Между подоцитами и эндотелиоцитами находится общая трехслойная базальная мембрана (гломерулярная).

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

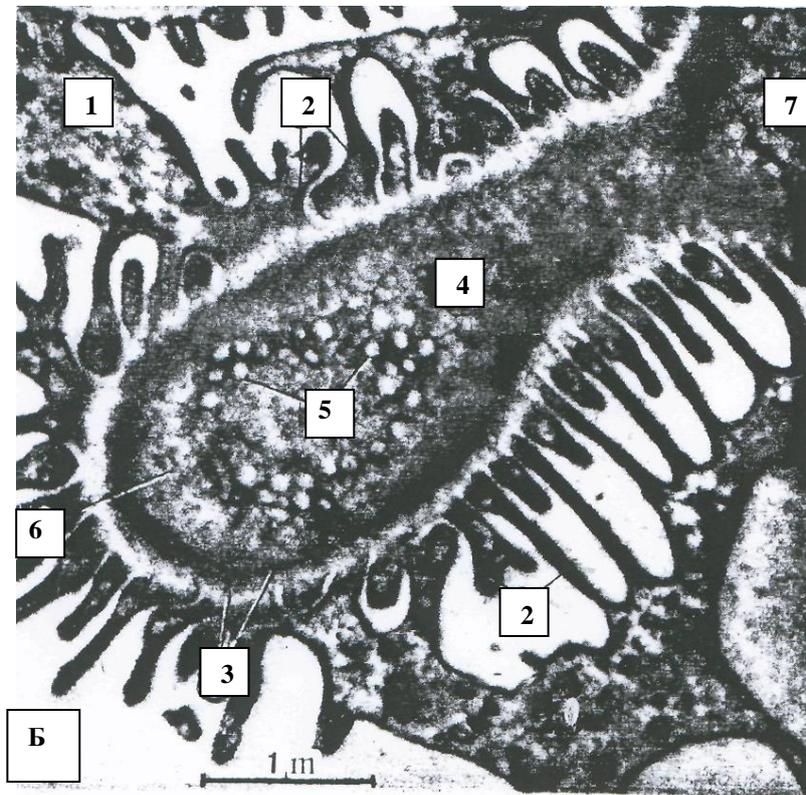
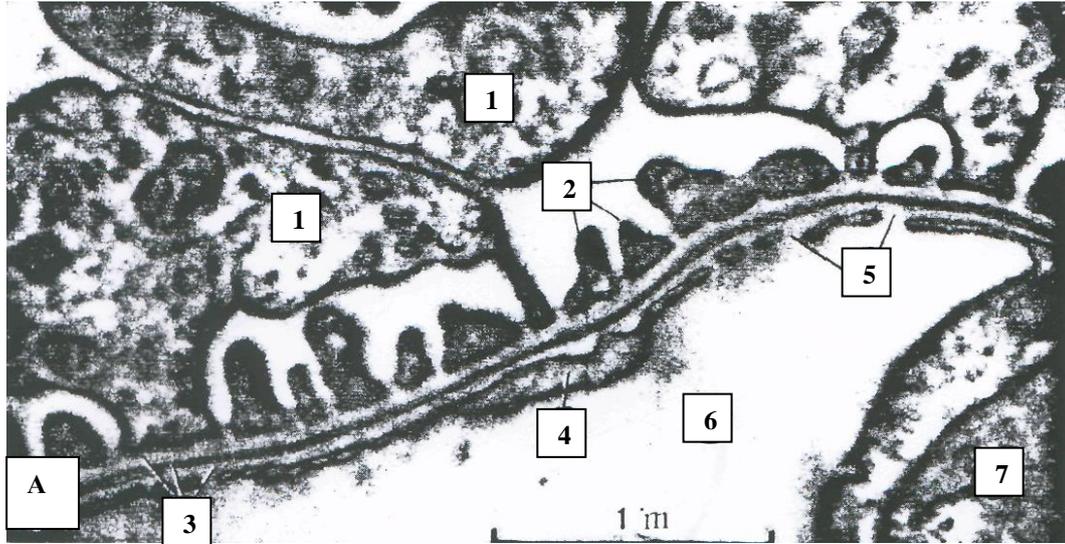
На электронограмме видны 3 компонента фильтрационного барьера (рисунок 45 А):

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, в цитотрабекуле видна митохондрия (рисунок 45 Б).

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

3. **Эндотелиоцит** имеет в цитоплазме 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 45 — Фильтрационный барьер почечного тельца [18, 21]:**

*А — поперечный срез; Б — тангенциальный срез.*

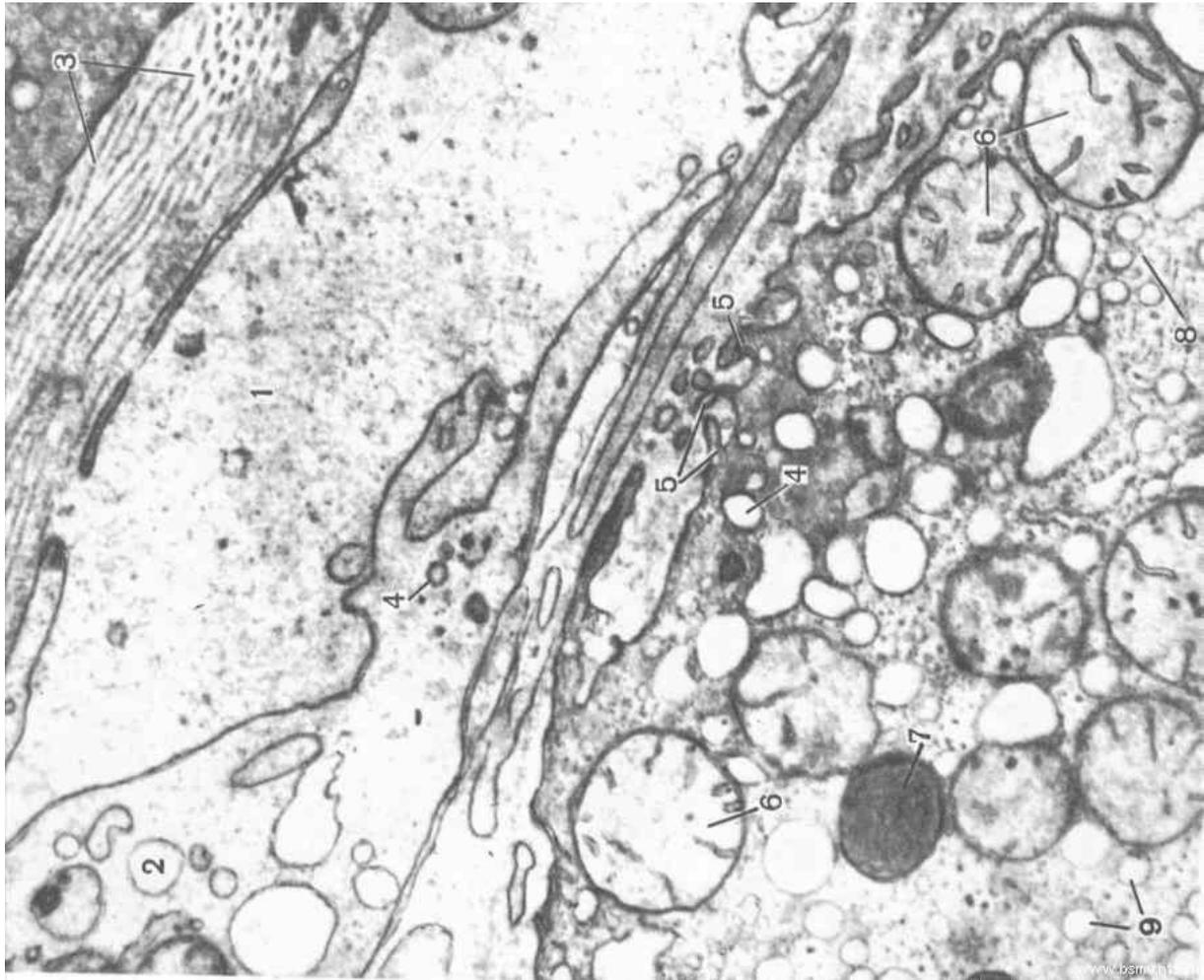
*1 — цитотрабекулы подоцитов; 2 — цитоподии; 3 — трехслойная базальная мембрана;  
4 — цитоплазма эндотелиальных клеток; 5 — фенестры; 6 — просвет капилляра;  
7 — ядро эндотелиоцита (из руководства А. А. Максимова и Блюма)*

## ***Синусоидный капилляр печени***

В классической дольке печени синусоидные капилляры располагаются между пластинками из гепатоцитов. Отходящие от вокругдольковых, короткие артериола и венула сливаются, образуя внутريدольковый капилляр. В них медленно течет смешанная кровь. Капилляры анастомозируют, в целом ориентированы радиально, впадают в центральную вену.

Стенка капилляра состоит из эндотелиоцитов, расположенных на базальной мембране. Эндотелиальные клетки имеют как крупные, так и мелкие поры, которые формируют ситовидные пластинки (рисунок 46). Базальная мембрана прерывиста, часто отсутствует. Особенность строения стенки капилляра и медленный ток крови позволяют свободно производить обмен между гепатоцитами и кровью: продукты синтеза выходят в кровотоки из гепатоцитов, из крови поступают питательные вещества, продукты метаболизма, токсины и др.

Вокруг капилляров находится пространство Диссе (перикапиллярное). В нем располагаются микроворсинки васкулярной стороны гепатоцитов, отростки звездчатых макрофагов (клеток Купфера), липоциты (клетки Ито), натуральные киллерные клетки (Pit-клетки, ямочные), ретикулярные волокна. На гистологических препаратах в норме пространство Диссе не определяется. Клетки Купфера выполняют функции, характерные для макрофагов. Липоциты накапливают липиды и жирорастворимые витамины, а при патологии, подобно фибробластам, синтезируют межклеточное вещество. Pit-клетки обладают противоопухолевой активностью, а также секретуют факторы необходимые для регенерации гепатоцитов.



**Рисунок 46 — Синусоидный капилляр печени [18,21]:**  
1 — синусоидный кровеносный капилляр; 2 — эндотелиоцит; 3 — ретикулярные волокна;  
4 — пиноцитозные пузырьки; 5 — микроворсинки гепатоцита; 6 — митохондрии;  
7 — лизосома; 8, 9 — ЭПС (по Жезкей)

Увеличение в 27 000 раз.

## 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: пер. с англ. / Б. Альбертс [и др.]. — М.: Мир, 1994. — Т. 1–3.
3. Арцішэўскі, А. А. Гісталагія з асновамі цыталогіі і эмбрыялогіі / А. А. Арцішэўскі. — Мінск: Тэхналогія, 2000.
4. Bloom, William, Don W. Fawcett. A textbook of histology. W. B Saunders Company. 1975. — p.1033.
5. Быков, В. Л. Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека) / В. Л. Быков. — СПб.: СОТИС, 1998. — 520 с.
6. Быков, В. Л. Частная гистология человека / В. Л. Быков. — СПб.: СОТИС, 1999. — 300 с.
7. Гистология, эмбриология, цитология: учебник / под ред. Ю. И. Афанасьева Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юриной. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 798 с.
8. Гистология в вопросах и ответах / под ред. Б. А. Слуки. — Мозырь: Белый ветер, 2001. — 331 с.
9. Гистология, цитология и эмбриология / под ред. Т. М. Студеникиной. — Минск: Новое знание, 2013. — 574 с.
10. Гистология, цитология и эмбриология: учебник / С. М. Зиматкин [и др.]; под ред. С. М. Зиматкина. — Минск: Выш. шк., 2012. — 462 с.
11. Гистология, цитология и эмбриология: учебник / под ред. С. М. Зиматкина. — Гродно: ГрГМУ, 2016. — 415 с.
12. Гистология, цитология и эмбриология: учебник / под ред. Э. Г. Улумбекова и Ю. А. Челышева. — М.: ГЭОТАР, 2009. — 408 с.
13. Гистология, цитология и эмбриология: атлас / под ред. О. В. Волковой, Ю. К. Елецкого. — М.: Медицина, 1996. — 542 с.
14. Гистология, цитология и эмбриология. Практикум: учеб. пособие / под ред. И. Л. Кравцовой. — Гомель: ГомГМУ, 2018. — 232 с.
15. Данилов, Р. К. Общая и медицинская эмбриология / Р. К. Данилов, Т. Г. Боровая. — СПб.: СпецЛит., 2003. — 231 с.
16. Данилов, Р. К. Гистология человека в мультимедиа / Р. К. Данилов, А. А. Клишов, Т. Г. Боровая. — СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2004. — 361 с.
17. Данилов, Р. К. Гистология: учебные материалы к лекциям и практическим занятиям / Р. К. Данилов, А. А. Клишов. — СПб.: ВМедА, 1995.
18. 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.
19. Жункейра, Л. К. Гистология: атлас / Л. К. Жункейра, Ж. Карнейро; под ред. В. Л. Быкова. — М.: Гэотар, 2009. — 571 с.

20. *Заварзин, А. А.* Основы сравнительной гистологии / А. А. Заварзин — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1985. — 400 с.
21. *Зиматкин, С. М.* Гистология, цитология и эмбриология: атлас учебных препаратов: учебное пособие / С. М. Зиматкин. — Минск: Выш. шк., 2016. — 84 с.
22. *Карлсон, Б.* Эмбриология по Пэттену: в 2 т. / Б. Карлсон. — М.: Мир, 1983. — 750 с.
23. *Клишов, А. А.* Гистогенез и регенерация тканей / А. А. Клишов. — Л.: Медицина, 1984.
24. *Клишов, А. А.* Гистология человека / А. А. Клишов. — Л.: ВМедА, 1989.
25. *Кнорре, А. Г.* Краткий очерк эмбриологии человека / А. Г. Кнорре. — М.: Медицина, 1967. — 267 с.
26. *Крстич, Р. В.* Иллюстрированная энциклопедия по гистологии человека / Р. В. Крстич. — СПб.: СОТИС, 2001. — 536 с.
27. *Кузнецов, С. Л.* Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии / С. Л. Кузнецов, Н. Н. Мушкамбаров, В. Л. Горячкина. — М.: МИА, 2001.
28. Лабораторные занятия по курсу гистологии, цитологии и эмбриологии / под ред. Ю. И. Афанасьева [и др.] — М.: Высш. шк., 1990. — 399 с.
29. *Леонтьук, А. С.* Основы возрастной гистологии / А. С. Леонтьук, Б. А. Слука. — Минск: Выш. шк., 2000. — 407 с.
30. Методические разработки к практическим занятиям по частной гистологии для студентов медико-психологического факультета / Я. Р. Мацюк [и др.]. — Гродно, 1999. — 68 с.
31. *Мяделец, О. Д.* Курс лекций по частной гистологии / О. Д. Мяделец. — Витебск, 1995. — 257 с.
32. *Мяделец, О. Д.* Гистология, цитология и эмбриология человека: Частная гистология: учебник / О. Д. Мяделец. — Витебск: ВГМУ, 2016. — 489 с.
33. *Новикова, И. А.* Клиническая иммунология и аллергология: учеб. пособие / И. А. Новикова. — Минск: Тесей, 2011. — 392 с.
34. Прикладные аспекты гистологии в ситуационных задачах / под ред. Б. А. Слуки. — Минск: МГМИ, 1999. — 132 с.
35. Руководство по гистологии: в 2 т. — СПб.: СпецЛит., 2001. — 735 с.
36. *Студеникина, Т. М.* Эмбриология. — 2-е изд., перераб. и доп. / Т. М. Студеникина, Б. А. Слука. — Минск: Харвест, 2009. — 304 с.
37. *Хэм, А.* Гистология / А. Хэм, Д. Кормак. — М.: Мир, 1982–1983. — Т. 1–5. — 1354 с.
38. *Fahrenkrog, B.* The vertebrate nuclear pore complex: from structure to function / B. Fahrenkrog, U. Aebi // Results Probl Cell Differ. — 2002. — № 35. — P. 25–48.
39. *Urry, L. A.* The cytoskeleton is a network of fibers that organizes structures and activities in the cell / L. A. Urry // Biology / N. A. Campbell [et al]. — Pearson/Benjamin Cummings, 2008. — Chapter. 6.6. — P. 115.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
<b>РАЗДЕЛ I. Цитология и эмбриология .....</b>	<b>4</b>
Клеточные реснички .....	4
Микроворсинки эпителиоцита тонкой кишки .....	6
Комплекс Гольджи .....	8
Десмосомы между клетками шиповатого слоя кожи.....	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
<b>РАЗДЕЛ II. Общая гистология.....</b>	<b>26</b>
Сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит .....	26
Эозинофильный лейкоцит .....	28
Базофильный лейкоцит.....	30
Тромбоцит.....	32
Лимфоцит .....	34
Плазматическая клетка .....	36
Фибробласт .....	38
Коллагеновое волокно .....	40
Макрофаг.....	42
Клетка бурой жировой ткани.....	44
Остеоцит.....	46
Фрагмент поперечно-полосатого мышечного волокна.....	48
Саркомер .....	50
Различия в структуре и конфигурации вставочных дисков сердечной мышцы .....	52
Безмиелиновые нервные волокна.....	54
Миелиновые нервные волокна .....	56
Перехват Ранвье .....	58
Строение мезаксона в области насечки неврилеммы.....	60
Двигательное нервное окончание.....	62
Чувствительное инкапсулированное нервное окончание (тельце Фатера — Пачини).....	64

<b>РАЗДЕЛ III. Частная гистология.....</b>	<b>66</b>
Нейросенсорные клетки сетчатки глаза.....	66
Волосковые клетки пятна маточки перепончатого лабиринта внутреннего уха .....	68
Соматотропная клетка аденогипофиза .....	70
Фолликулостимулирующая клетка аденогипофиза .....	72
Стенка фолликула щитовидной железы .....	74
Часть клетки пучковой зоны коры надпочечника .....	76
Эмалевые призмы зуба .....	78
Собственная (фундальная, главная) железа желудка.....	80
Клетка Панета.....	82
Концевой отдел поджелудочной железы.....	84
Часть стенки лимфатического капилляра.....	86
Стенка альвеолы и кровеносный капилляр из легкого .....	88
Аксо-вазальный синапс в задней доле гипофиза .....	90
Фильтрационный барьер почечного тельца .....	92
Синусоидный капилляр печени .....	94
Литература .....	96

Учебное издание

**Кравцова** Ирина Леонидовна  
**Мальцева** Наталья Геннадьевна  
**Шабалева** Марина Александровна

**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ  
ФОТОГРАФИИ  
(ЭЛЕКТРОНОГРАММЫ)**

**Учебно-методическое пособие**

Редактор **Т. М. Кожемякина**  
Компьютерная верстка **Ж. И. Цырыкова**

Подписано в печать 04.03.2020.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная 80 г/м<sup>2</sup>. Гарнитура «Гаймс».  
Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 12,71. Тираж 200 экз. Заказ № 112.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/46 от 03.10.2013.  
Ул. Ланге, 5, 246000, Гомель.