

**И. В. Гайворонский, А. И. Гайворонский,  
Г. И. Ничипорук**

# **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

*Учебное пособие*

8-е издание, переработанное  
и дополненное

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по медицинскому  
и фармацевтическому образованию вузов России в качестве учебного  
пособия для студентов медицинских вузов*

Санкт-Петербург  
СпецЛит  
2016

УДК 611.8(075.8)  
Г12

Рецензенты:

*М. М. Одинак* — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАМН, академик Российской Военно-медицинской академии, заведующий кафедрой нервных болезней Военно-медицинской академии;

*Л. Л. Колесников* — доктор медицинских наук, профессор, академик РАМН, заведующий кафедрой анатомии человека Московского государственного медико-стоматологического университета

**Гайворонский И. В., Гайворонский А. И., Ничипорук Г. И.**

Г12 **Функциональная анатомия нервной системы : учебное пособие для мед. вузов / И. В. Гайворонский, А. И. Гайворонский, Г. И. Ничипорук. — 8-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2016. — 341 с. : ил. — ISBN 978-5-299-00813-5**

Пособие посвящено одному из важнейших разделов нормальной анатомии человека — анатомии нервной системы. Материал изложен с функциональных позиций, с учетом Международной анатомической номенклатуры (2003 г.).

В нем систематизированы и обобщены современные представления о макро-микроскопической анатомии нервной системы. Изложены закономерности строения нейрона, рефлекторной дуги, системы афферентных и эфферентных нервных волокон. Показано функциональное значение основных анатомических образований в каждом отделе нервной системы и представлены наиболее характерные клинические проявления при их поражениях.

Рассмотрены современные представления о динамической локализации функций в коре полушарий большого мозга, подробно описаны основные проводящие пути центральной нервной системы, с морфофункциональных позиций раскрыты основные аспекты строения периферической нервной системы. Текст пособия богато иллюстрирован классическими и оригинальными рисунками.

Пособие рассчитано на студентов медицинских вузов и студентов психологических факультетов университетов. Оно может быть использовано врачами — невропатологами, нейрохирургами, психиатрами и психоаналитиками, оториноларингологами, офтальмологами и др., а также преподавателями специализированных клинических кафедр.

Кроме того, к тексту дается приложение — атлас фотографий натуральных макропрепаратов по анатомии центральной нервной системы.

**УДК 611.8(075.8)**

**ISBN 978-5-299-00813-5**

© ООО «Издательство „СпецЛит“», 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

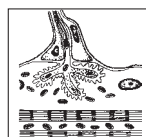
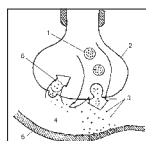
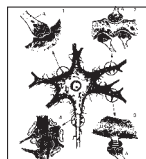
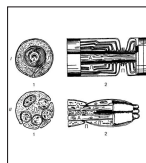
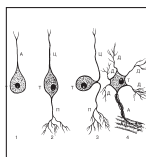
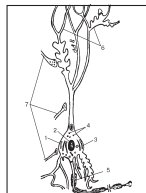
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	7
Общее понятие о нервной системе . . . . .	8
<i>Роль нервной системы в организме</i> . . . . .	8
<i>Классификация нервной системы</i> . . . . .	9
Нейроны . . . . .	10
Нервные волокна . . . . .	13
Нервные окончания . . . . .	16
Общее понятие о рефлекторной деятельности . . . . .	22
Филогенез нервной системы . . . . .	24
Онтогенез нервной системы . . . . .	25
СПИННОЙ МОЗГ . . . . .	29
Внешняя форма . . . . .	30
Внутреннее строение . . . . .	35
Сегментарный и проводниковый аппараты спинного мозга . . . . .	39
Состав канатиков спинного мозга и краткая характеристика содержащихся в них проводящих путей . . . . .	42
Оболочки и межоболочечные пространства спинного мозга . . . . .	48
ГОЛОВНОЙ МОЗГ . . . . .	51
Общие данные о головном мозге . . . . .	52
Продолговатый мозг . . . . .	55
<i>Внешняя форма</i> . . . . .	55
<i>Внутреннее строение</i> . . . . .	57
Мост . . . . .	63
<i>Внешняя форма</i> . . . . .	63
<i>Внутреннее строение</i> . . . . .	64
Мозжечок . . . . .	73
<i>Внешняя форма</i> . . . . .	73
<i>Внутреннее строение</i> . . . . .	77
<i>Связи мозжечка со спинным и головным мозгом</i> . . . . .	79
<i>Проводящие пути мозжечка</i> . . . . .	83
IV желудочек . . . . .	85
Средний мозг . . . . .	87
<i>Внешняя форма</i> . . . . .	87
<i>Внутреннее строение</i> . . . . .	89
Промежуточный мозг . . . . .	96
<i>Таламический мозг</i> . . . . .	97
<i>Подталамическая область</i> . . . . .	100
<i>III желудочек</i> . . . . .	102
<i>Пути и центры промежуточного мозга</i> . . . . .	103
Ретикулярная формация . . . . .	109
Сегментарный аппарат ствола головного мозга . . . . .	111
Конечный мозг . . . . .	113

<i>Кора полушарий большого мозга</i> . . . . .	113
<i>Рельеф верхнелатеральной поверхности полушарий</i> . . . . .	114
<i>Рельеф медиальной поверхности полушарий</i> . . . . .	116
<i>Рельеф нижней поверхности полушарий</i> . . . . .	118
<i>Строение коры полушарий большого мозга</i> . . . . .	120
<i>Динамическая локализация функций в коре полушарий большого мозга</i> . . . . .	124
<i>Белое вещество полушарий большого мозга</i> . . . . .	134
<i>Обонятельный мозг</i> . . . . .	138
<i>Базальные ядра</i> . . . . .	139
<i>Боковые желудочки</i> . . . . .	142
Обзорная характеристика головного мозга . . . . .	144
Оболочки головного мозга . . . . .	150
Рентгеноанатомия центральной нервной системы . . . . .	154
ПРОВОДЯЩИЕ ПУТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ . . . . .	157
Общая характеристика проводящих путей центральной нервной системы . . . . .	158
Афферентные проводящие пути . . . . .	159
<i>Пути общей чувствительности</i> . . . . .	160
<i>Пути специальной чувствительности</i> . . . . .	173
Эфферентные проводящие пути . . . . .	190
<i>Пирамидные тракты</i> . . . . .	190
<i>Экстрапирамидные тракты</i> . . . . .	197
Ассоциативные проводящие пути . . . . .	205
Понятие об экстрапирамидной системе . . . . .	208
Понятие о лимбической системе . . . . .	210
КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ . . . . .	213
Кровеносные сосуды спинного мозга . . . . .	215
Кровеносные сосуды твердой оболочки головного мозга . . . . .	217
Кровеносные сосуды головного мозга . . . . .	220
Отток венозной крови от головного мозга . . . . .	235
АНАТОМИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ . . . . .	241
Общие данные о периферической нервной системе . . . . .	243
Спинномозговые нервы . . . . .	246
<i>Менингеальные ветви спинномозговых нервов</i> . . . . .	248
<i>Задние ветви спинномозговых нервов</i> . . . . .	248
<i>Передние ветви спинномозговых нервов</i> . . . . .	250
Черепные нервы . . . . .	271
<i>Обонятельные нервы</i> . . . . .	273
<i>Зрительный нерв</i> . . . . .	274
<i>Глазодвигательный нерв</i> . . . . .	275
<i>Блоковый нерв</i> . . . . .	276
<i>Тройничный нерв</i> . . . . .	277
<i>Отводящий нерв</i> . . . . .	283
<i>Лицевой нерв</i> . . . . .	284
<i>Преддверно-улитковый нерв</i> . . . . .	287

<i>Языкоглоточный нерв</i> . . . . .	287
<i>Блуждающий нерв</i> . . . . .	290
<i>Добавочный нерв</i> . . . . .	294
<i>Подъязычный нерв</i> . . . . .	294
Вегетативная нервная система . . . . .	298
<i>Симпатическая часть вегетативной нервной системы</i> . . . . .	307
<i>Парасимпатическая часть вегетативной нервной системы</i> . . . . .	318
Принципы вегетативной иннервации внутренних органов . . . . .	323
ПРИЛОЖЕНИЕ (фотографии натуральных анатомических препаратов) . . . . .	327



# ВВЕДЕНИЕ



## Общее понятие о нервной системе

**Нервная система** — это совокупность анатомически и функционально взаимосвязанных структур, обеспечивающих регуляцию и координацию деятельности организма как единого целого и взаимодействие его с окружающей внешней средой. Она играет роль аппарата, воспринимающего раздражения, анализирующего поступающую информацию и обеспечивающего ответную реакцию организма.

Нервная система появилась в ходе эволюции как интегративная система, т. е. система, осуществляющая согласованность функций всех органов и адаптацию организма к условиям существования. В отличие от других интегративных систем (сердечно-сосудистая система обеспечивает гуморальную интеграцию, а эндокринная система — гормональную интеграцию) нервная система выполняет свои функции очень быстро, прицельно и кратковременно. Так, от момента возникновения раздражения до его ощущения проходят сотые доли секунды. Реагирует на раздражение, как правило, конкретный орган или группа органов. После устранения действия раздражителя ответная реакция мгновенно прекращается.

### РОЛЬ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ОРГАНИЗМЕ

Как уже указывалось, нервная система является основной интегративной системой организма, осуществляющей свои функции по принципу рефлекторной деятельности.

1. Основные этапы рефлекторной деятельности следующие:

- восприятие раздражений из внутренней и внешней среды;
- трансформация энергии раздражения в нервный импульс;
- проведение нервных импульсов до соответствующих нервных центров;
- анализ и обработка поступившей информации в нервном центре;
- проведение нервных импульсов от нервного центра до рабочего органа;
- обеспечение ответной реакции (сокращение мышц или выделение секрета железами).

2. Координация и интеграция деятельности различных органов и систем органов.

3. Адаптационно-трофическая функция, т. е. обеспечение приспособления организма к изменениям внешней среды.

4. Мыслительная деятельность и ответная рефлекторная реализация процессов мыслительной деятельности (выполнение точных конкретных движений и т. д.).

5. Память на текущие и давние события.



## КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

**По топографо-анатомическому принципу** различают *центральную* и *периферическую* нервную систему. Центральная нервная система включает в себя головной и спинной мозг. Периферическая нервная система объединяет все структуры, расположенные за пределами головного и спинного мозга.

Структуры, связанные со спинным мозгом, составляют спинномозговой отдел периферической нервной системы. К нему относят: спинномозговые узлы, корешки спинномозговых нервов, спинномозговые нервы, сплетения и ветви спинномозговых нервов, нервные окончания. Спинномозговой отдел обеспечивает иннервацию туловища, конечностей, частично шеи и внутренних органов.

Структуры, связанные с головным мозгом, составляют краниальный отдел периферической нервной системы. К нему относят: краниальные чувствительные узлы, черепные нервы, ветви черепных нервов и их окончания. Краниальный отдел обеспечивает иннервацию головы, частично шеи и внутренних органов.

**По функции** нервную систему делят на *соматическую* (анимальную) и *вегетативную* (автономную). Соматическая нервная система отвечает за иннервацию тела (сомы) — кожи, мышц, скелета. Вегетативная нервная система обеспечивает иннервацию внутренних органов, желез и сосудов. В свою очередь, она включает симпатический и парасимпатические отделы.

**Центральная нервная система** состоит из миллиардов высокоспециализированных клеток — нейроцитов и клеток глии, которые обеспечивают деятельность нервных клеток (поддерживают, защищают и выполняют трофическую роль). Нейроциты на основе общности выполняемых функций группируются в соответствующие центры спинного и головного мозга. К этим центрам от различных рецепторов органов чувств (кожи, мышц, внутренних органов, органа зрения, слуха и равновесия, вкуса и обоняния) постоянно поступает информация, порой противоречивая. Задача центральной нервной системы заключается в том, чтобы после получения информации произвести в течение долей секунды ее оценку и принять соответствующее решение. В осуществлении последнего неординарного умения способность головного мозга к хранению и воспроизведению в нужный момент ранее поступившей информации (память). Величайшим достижением эволюции нервной системы является мыслительная способность. Она осуществляется в результате анализа и синтеза нервных импульсов в высших центрах головного мозга и составляет высшую нервную деятельность человеческого организма.

Центральная нервная система обладает и собственной инициативой. Она активно влияет не только на сосуды, мышцы, железы, побуждая их к работе, но и на сенсорные органы, регулируя их функцию.

**Периферическая нервная система** связывает спинной и головной мозг с рецепторами (чувствительными аппаратами органов) и с эффекторами (аппаратами, передающими нервные импульсы на рабочие органы). Рабочие органы отвечают на внешние и внутренние раздражения приспособительными реакциями организма, такими как сокращение мышц или выделение секретов железами.

**Соматическая нервная система** иннервирует сомату (греч.: тело), т. е. кожу, мышцы, скелет, некоторые внутренние органы (язык, гортань, глотку и др.) и осуществляет связь организма как целостной системы с внешней средой. Она воспринимает раздражения из внешней среды, анализирует их и обеспечивает ответную реакцию на них — управляет скелетной (поперечнополосатой) мускулатурой.

**Вегетативная нервная система** иннервирует внутренние органы и кровеносные сосуды, управляет гладкой мускулатурой и работой желез. Она объединяет отдельные части организма в единую целостную систему и осуществляет адаптационно-трофическую функцию в организме.

Прежде чем приступить к изучению морфологии спинного и головного мозга, целесообразно рассмотреть общие принципы строения нервной системы.

## Нейроны

Структурной единицей нервной системы является **нервная клетка** — нейрон, или нейрочит (рис. 1).

В нейроне выделяют следующие основные части: тело, отростки и их окончания. Различают два вида отростков — дендриты и аксон (нейрит).

Тело нейрона представляет собой скопление цитоплазмы (нейроплазмы), в которой располагается крупное круглое ядро. В нервных клетках вегетативной нервной системы может встречаться по 2—3 ядра. Количество ядрышек в ядре также составляет от одного до трех. Увеличение числа ядрышек и их объема свидетельствует об усилении функциональной активности нейрона.

Ядро является носителем генетической информации, определяющей свойства нейрона, и осуществляет регуляцию синтеза белков. В цитоплазме нейрона находятся органеллы общего значения (митохондрии, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы, ком-

плекс Гольджи и т. д.) и специализированные структуры (нейрофибриллы, хромотофильное вещество и синаптические пузырьки).

Нейрофибриллы бывают двух видов — нейрофиламенты и нейротрубочки. Нейрофиламенты в теле нейрона представляют собой сеть тонких белковых нитей диаметром 6–10 нанометров (нм). В отростках нити располагаются продольно. Они выполняют опорную функцию, придают клетке определенную форму.

Нейротрубочки (нейротубулы) также образованы белковыми нитями, которые имеют спиральную ориентацию. Диаметр трубочек составляет 20–30 нм, толщина стенки — 10 нм. Нейротубулы осуществляют транспорт веществ в пределах нейрона.

Хромотофильное вещество (тигроидное вещество — базофильные глыбки, или вещество Ниссля) также представляет собой скопление белков — рибонуклеопротеидов. Это вещество находится в цитоплазме тела клетки и дендритов, в аксонах оно не обнаруживается.

Синаптические пузырьки находятся преимущественно в цитоплазме концевых аппаратов аксона, но могут располагаться и в теле нейрона. Они содержат медиаторы (ацетилхолин, норадреналин, гамма-аминомасляную кислоту и т. д.), которые обеспечивают химическую передачу нервного импульса с одного нейрона на другой или с нейрона на рабочий орган.

Поверхность нейрона представлена оболочкой (цитолеммой), которая определяет границы клетки и обеспечивает ее обмен с окружающей средой. Кроме того, цитолемма содержит большое количество белковых структур, выполняющих хеморецепторную функцию. Оболочка нервных клеток отличается способностью проводить нервное возбуждение (нервный импульс).

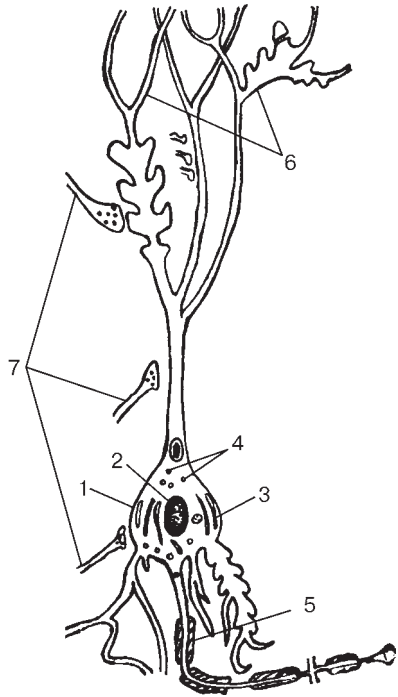


Рис. 1. Схема строения нейрона:

1 — тело нейрона; 2 — ядро; 3 — нейрофибрилярный аппарат; 4 — секреторные гранулы; 5 — аксон; 6 — дендриты; 7 — окончания других нервных клеток

Различают два вида отростков нервных клеток — **дендриты** и **аксон** (нейрит), которые являются выростами цитоплазмы. Дендриты проводят нервный импульс только по направлению к телу нервной клетки. Они начинают древовидно ветвиться уже вблизи тела клетки, постепенно истончаются и заканчиваются в окружающей ткани. Дендриты многократно увеличивают воспринимающую поверхность нервной клетки. Количество дендритов вариabельно: от одного до десяти. Редко встречаются нервные клетки, не имеющие дендритов. У таких клеток восприятие раздражений осуществляется телом клетки.

Помимо дендритов нервная клетка всегда имеет только один аксон (нейрит). Этот отросток всегда более крупный, длинный и менее ветвистый. Редкие боковые ветви у него появляются лишь в самом конце. Имеется зависимость между величиной тела нервной клетки и длиной аксона. Чем больше величина тела клетки, тем длиннее и крупнее аксон. Аксон проводит нервный импульс только от тела нервной клетки. Следовательно, нервная клетка со своими отростками строго **динамически поляризована**: нервный импульс проходит по дендритам к телу и от тела — по аксону.

Нервные клетки могут отличаться друг от друга по форме и размерам тела, по количеству отростков, по функциональной значимости.

**По форме тела** различают клетки: пирамидные, грушевидные, веретенообразные, многоугольные, овальные, звездчатые, круглые и др.

**По размерам тела** выделяют 3 группы нейронов: мелкие (4—19 мкм); средние (20—59 мкм); крупные (60—130 мкм).

**По количеству отростков** различают следующие виды нейронов (рис. 2): одноотростчатые (униполярные), двухотростчатые (биполярные), ложноодноотростчатые (псевдоуниполярные) и многоотростчатые (мультиполярные). В составе нервной системы человека наиболее часто встречаются биполярные, псевдоуниполярные и мультиполярные нервные клетки.

**По функциональной значимости** в составе рефлекторной дуги выделяют 3 группы нейронов:

1) рецепторные (чувствительные), имеющие чувствительные нервные окончания (рецепторы), которые способны воспринимать раздражения из внешней или внутренней среды;

2) эффекторные (эфферентные), имеющие на окончаниях аксона эффекторы, которые передают нервный импульс на рабочий орган;

3) ассоциативные (вставочные), являющиеся промежуточными в составе рефлекторной дуги и передающие информацию с чувствительного нейрона на эффекторные. В сложных рефлекторных дугах ассоциативных нейронов может быть несколько.

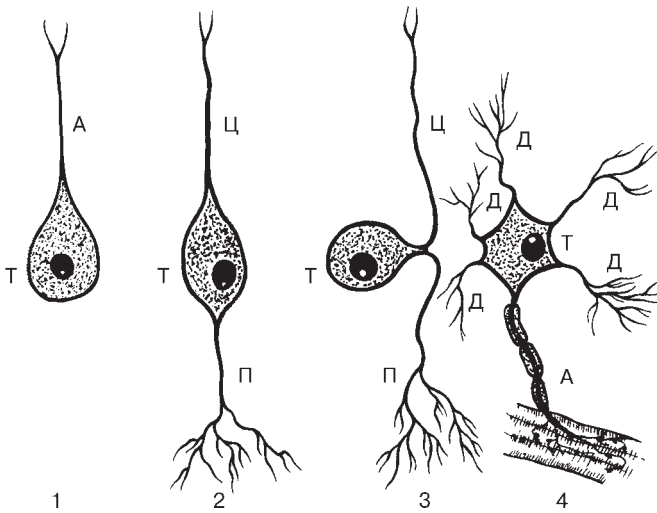


Рис. 2. Основные типы нервных клеток:

1 – униполярная нервная клетка; 2 – биполярная нервная клетка; 3 – псевдоуниполярная нервная клетка; 4 – мультиполярная нервная клетка; Т – тело; А – аксон; Д – дендрит; П – периферический отросток; Ц – центральный отросток

Существует связь структуры и функции нервных клеток. Так, псевдоуниполярные нейроны являются рецепторными (ощущательными). Они воспринимают такие раздражения, как боль, изменение температуры и прикосновение. Биполярные нервные клетки являются клетками специальной чувствительности. Они воспринимают световые, обонятельные, слуховые и вестибулярные раздражения. Мелкие мультиполярные нейроны – ассоциативные; средние и крупные – мультиполярные и пирамидные нейроны – двигательные.

Следует обратить внимание, что у рецепторных нейронов (биполярных и псевдоуниполярных) отростки называют не дендритом и аксоном, а соответственно периферическим и центральным. Эти названия связаны с положением отростков по отношению к центральной нервной системе и к телу нервной клетки. Периферический отросток направляется от тела клетки на периферию, а центральный – к спинному или головному мозгу.

### Нервные волокна

Нервные волокна – это покрытые снаружи глиальной оболочкой отростки нервных клеток, осуществляющие проведение нервных импульсов.

Отросток нервной клетки (аксон или дендрит), расположенный в центре нервного волокна, называют осевым цилиндром. Осевой цилиндр представляет собой вырост нейроплазмы тела нервной клетки с содержащимися в ней органеллами, покрытый оболочкой (аксолеммой).

В зависимости от наличия или отсутствия в составе глиальной оболочки миелина различают два вида нервных волокон — **миелиновые** и **безмиелиновые**. В миелиновых волокнах глиальная оболочка толще и составляет на поперечном разрезе от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  диаметра всего нервного волокна. Содержащийся в миелиновых волокнах миелин придает им белый цвет.

Миелиновые волокна по диаметру делят на 3 группы: толстые (13–20 мкм), средние (7–12 мкм) и тонкие (1–6 мкм). Через каждые 1–3 мм нервное волокно резко истончается, образуются узловые перехваты (перехваты Ранвье) шириной 1 мм. В области перехватов миелиновый слой отсутствует — это место соединения соседних глиальных клеток (шванновских). В зависимости от диаметра волокна различается скорость проведения нервного импульса. В толстых миелиновых волокнах она составляет примерно 80–120 м/с, в средних — 30–80 м/с, в тонких — 10–30 м/с. При этом скорость прохождения импульсов в определенной группе волокон не зависит от силы раздражения.

В настоящее время установлено, что толстые миелиновые волокна являются преимущественно двигательными, средние по диаметру волокна проводят импульсы тактильной и температурной чувствительности, а тонкие — болевой. Таким образом, по составу волокон можно дать функциональную характеристику нерва (двигательный, чувствительный, смешанный).

Миелиновая оболочка предотвращает распространение идущих по волокну нервных импульсов на соседние ткани, т. е. она выполняет роль диэлектрика (изолятора). Миелинизация нервных волокон начинается на 4–5 месяце внутриутробного развития и имеет неодинаковую продолжительность в различных отделах нервной системы. В процессе развития глиальная оболочка (мезаксон шванновской клетки) послойно наматывается вокруг осевого цилиндра. Образуется плотная слоистая оболочка, содержащая во внутренних слоях преимущественно миелин (белково-липидные соединения), а в наружных — цитоплазму и оболочки шванновских клеток (леммоцитов). Завершение процесса миелинизации нервных волокон свидетельствует о зрелости нервных структур. Так, нервные волокна полушарий большого мозга, ответственные за эмоционально-психические функции, миелинизируются только к 12–13 годам.

Безмиелиновые волокна имеют небольшой диаметр (1–4 мкм) и проводят нервные импульсы со скоростью 1–2 м/с. Причем, в отличие от миелиновых волокон, импульсы в них проводятся не скачкообразно, а непрерывно. Безмиелиновые нервные волокна являются эфферентными волокнами вегетативной нервной системы. Они обеспечивают иннервацию внутренних органов, желез и сосудов.

В одном безмиелиновом волокне содержится не один осевой цилиндр, а несколько (до 20). Они окутаны в виде муфты оболочкой из леммоцитов (рис. 3).

В зависимости от направления проведения нервного импульса по отношению к центральной нервной системе различают 2 группы волокон: центростремительные и центробежные. Центростремительные волокна направляются к спинному или головному мозгу и функционально являются афферентными (восходящими). Центробежные волокна идут от головного или спинного мозга к рабочим органам (мышца, сосуд, железа) и называются эфферентными (нисходящими).

Нервные волокна, расположенные в пределах центральной нервной системы, составляют белое вещество спинного и головного мозга.

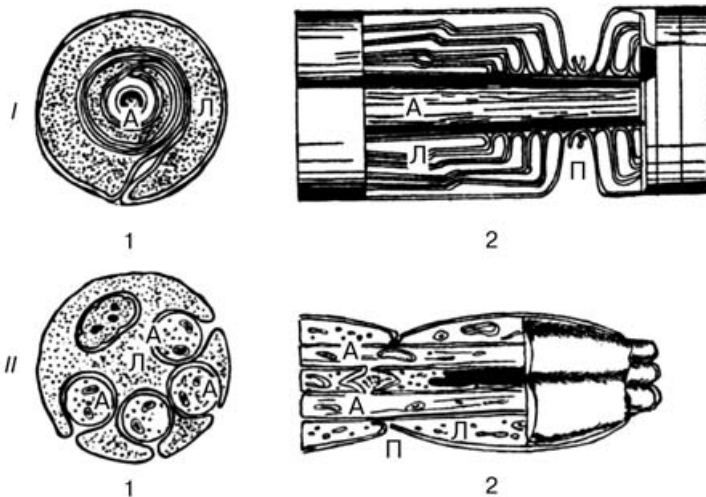


Рис. 3. Схема строения нервного волокна:

*I* — соматической нервной системы; *II* — вегетативной нервной системы; 1 — поперечный разрез; 2 — продольный разрез; А — аксон; Л — леммоцит; П — перехват Ранвье

*Учебное издание*

**Гайворонский** Иван Васильевич  
**Гайворонский** Алексей Иванович  
**Ничипорук** Геннадий Иванович

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

Учебное пособие

*8-е издание, переработанное и дополненное*

Подписано в печать 6.09.2016. Формат 60 × 88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать офсетная. Печ. л. 22. Тираж 2000 экз. Заказ №

Отпечатано в типографии «L-PRINT»,  
192007, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 201, лит А, пом. 3Н