

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

Кафедра анатомии человека  
с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии

**В. В. КОВАЛЕНКО, В. Н. ЖДАНОВИЧ, И. В. СТРИЖАК**

# **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА**

Учебно-методическое пособие  
для студентов 2 курса лечебного факультета,  
обучающихся по специальности «Лечебное дело»

**Гомель 2008**

УДК 611.818 (075.8)

ББК 28.86

К 56

Авторы:

*В. В. Коваленко, В. Н. Жданович, И. В. Стрижак*

Рецензент:

кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной физиологии  
учреждения образования «Гомельский государственный  
медицинский университет» *В. А. Мельник*

**Коваленко, В. В.**

К 56      Функциональная анатомия продолговатого мозга: учеб.-метод.  
пособие для студентов 2 курса лечебного факультета, обучающихся  
по специальности «Лечебное дело» / В. В. Коваленко, В. Н. Жданович,  
И. В. Стрижак. — Гомель: УО «Гомельский государственный меди-  
цинский университет», 2008. — 32 с.  
ISBN 978-985-506-100-8

Пособие содержит расширенные и систематизированные сведения о топографии и морфофункциональной организации продолговатого мозга. Детально рассмотрены и изложены особенности внешнего и внутреннего строения, представлена подробная функциональная характеристика основных структурных элементов продолговатого мозга.

Соответствует учебному плану и программе по анатомии человека для студентов высших медицинских учебных заведений Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Предназначено для студентов 2 курса лечебного факультета по специальности «Лечебное дело».

Утверждено и рекомендовано к изданию Центральным учебным научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 4 января 2008 г., протокол № 1

**УДК 611.818 (075.8)**

**ББК 28.86**

ISBN 978-985-506-100-8

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный  
медицинский университет», 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Продолговатый мозг.(общие данные) .....	4
2. Внешнее строение продолговатого мозга .....	5
3. Внутреннее строение продолговатого мозга .....	7
3.1. Собственные структуры продолговатого мозга .....	8
3.2. Ядра черепных нервов продолговатого мозга .....	10
3.3. Системы волокон продолговатого мозга .....	13
3.4. Ретикулярная формация продолговатого мозга .....	17
3.5. Функциональные центры продолговатого мозга .....	24
Список рекомендуемой литературы .....	31

## 1. ПРОДОЛГОВАТЫЙ МОЗГ. АНАТОМИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ

*Продолговатый мозг, medulla oblongata (myelencephalon)*, имеет форму конуса или луковицы и является частью мозгового ствола, которую можно рассматривать как непосредственное продолжение спинного мозга кверху. Продольный размер продолговатого мозга составляет 25–30 мм, поперечный — в среднем 15 мм, переднезадний — около 10 мм.

С некоторой степенью условности продолговатый мозг можно представить как некую переходную в функциональном и анатомическом смысле структуру, сочетающую в себе особенности морфофункциональной организации как спинного, так и головного мозга. Эта двойственность отражена в его латинском названии *myelencephalon* («*myelos*» — спинной мозг, «*cephalon*» — головной мозг). Сходство со спинным мозгом обусловлено, прежде всего, внешними признаками, но вместе с тем продолговатый мозг не имеет сегментарного повторяемого строения, серое вещество в нем расположено не в центре, а в виде ядер, сгруппированных на периферии.

Продолговатый мозг обеспечивает *сенсорные, проводниковые и рефлексорные функции*.

**Анатомические границы.** Продолговатый мозг является целиком внутричерепной структурой ЦНС, которая, суживаясь книзу, плавно перетекает в спинной мозг, а вверху переходит в варолиев мост.

Условно, анатомические границы продолговатого мозга можно разделить на *внешние и внутренние*.

В свою очередь, внешние границы определяются как *верхняя и нижняя*.

Обе они имеют вид неправильных окружностей, очерчивающих линии перехода продолговатого мозга в варолиев мост и спинной мозг.

*Верхняя анатомическая граница* условно подразделяется на две части: *вентральную и дорсальную*.

Вентральная часть четко видна, проходит по передненижней (вентральной) поверхности мозга и соответствует нижнему краю выступающей части варолиева моста. Иначе ее называют *бульбарно-мостовой бороздой*.

Дорсальная часть верхней границы проходит по задневерхней (дорсальной) поверхности мозга и соответствует поперечно расположенным *мозговым полоскам четвертого желудочка* (часть проводящих путей слухового анализатора), лежащим на его дне и выступающим в его полость. Выше уровня мозговых полосок определяется дорсальная поверхность варолиева моста.

*Нижняя анатомическая граница* на вентральной и дорсальной поверхностях проходит на уровне перекреста пирамид и через точки выхода из мозга первой пары шейных спинномозговых нервов.

Скелетотопически нижняя граница продолговатого мозга определяется по нижнему краю большого затылочного отверстия или же расположена в плоскости, проходящей между наружным основанием черепа и атлантом.

*Внутренние границы* продолговатого мозга не имеют четких анатомических ориентиров и в достаточной степени условны. Это объясняется тем, что внутренние структуры и функциональные образования продолговатого мозга не ограничиваются только его пределами, но и свободно проникают в варолиев мост и спинной мозг, обеспечивая морфофункциональную взаимосвязь и преемственность между этими отделами головного мозга.

## 2. ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

Анатомическое положение продолговатого мозга откладывает свой отпечаток на его внешнем строении, в котором отчетливо прослеживаются черты структурной организации, заимствованные у спинного мозга. Вместе с тем, внутреннее строение продолговатого мозга отражает его родство с головным мозгом.

Наиболее отчетливым признаком сходства продолговатого мозга со спинным является наличие на его поверхности одноименных *продольных борозд*.

Вдоль всей передней поверхности продолговатого мозга прослеживается четко выраженная *передняя срединная щель*, *fissura mediana anterior (ventralis)*. По задней поверхности проходит *задняя срединная борозда*, *sulcus medianus posterior (dorsalis)*. Обе борозды разделяют продолговатый мозг на две симметричные половины: правую и левую, каждая из которых в поперечном сечении имеет форму неправильного полукруга или полуовала.

Каждая половина, в свою очередь, несет на своей поверхности по две борозды:

- *переднелатеральную*, *sulcus ventrolateralis*, расположенную ближе к передней срединной щели;
- *заднелатеральную*, *sulcus dorsolateralis*, расположенную ближе к задней срединной борозде.

В результате оказывается, что вся поверхность продолговатого мозга вышеуказанными бороздами разделена на четыре части:

- вентральную поверхность;
- дорсальную поверхность;
- две латеральные поверхности.

***Вентральная поверхность*** продолговатого мозга ограничена правой и левой переднелатеральными бороздами. Она тесно прилежит к скату и занимает его нижний отдел вплоть до большого затылочного отверстия.

Вентральная поверхность представлена двумя симметричными, слегка выступающими валиками, которые, суживаясь книзу, непосредственно продолжают в канатики спинного мозга. Эти валикообразные возвышения носят название *пирамид*, *pyramides*. На всем протяжении пирамиды представлены комплексами нервных пучков, состоящих из продольно ориентированных нисходящих двигательных волокон.

**Латеральная поверхность** продолговатого мозга расположена между переднелатеральной и заднелатеральной бороздами. На ней с каждой стороны отчетливо видны полуовальные возвышения мозговой ткани, именуемые *оливами*, *olivares*. Книзу каждая из олив плавно переходит в боковой канатик спинного мозга. Переднелатеральная борозда, разделяющая пирамиду и оливу, является местом выхода из вещества мозга корешков *подъязычного нерва* (XII пара черепных нервов).

**Дорсальная поверхность** ограничена заднелатеральными бороздами, которые кверху теряются в латеральных карманах IV желудочка. Небольшой участок заднелатеральной борозды, расположенный кзади от оливы именуется *позадиоливной бороздой*, *sulcus retroolivaris*. В этом месте из продолговатого мозга выходят корешки языкоглоточного, блуждающего и добавочного нервов (IX, X и XI пары). Дорсальнее ретрооливарной борозды располагается уплощенный участок, именуемый *позадиоливым полем*, *area retroolivaris*.

Условно дорсальную поверхность продолговатого мозга можно разделить на две части: *нижнюю и верхнюю*. Нижняя часть простирается от уровня перекреста пирамид до каудального угла ромбовидной ямки. Верхняя — от угла до мозговых полосок IV желудочка.

*Нижняя часть* дорсальной поверхности сформирована продолжающимися сюда задними канатиками спинного мозга. Каждый канатик при помощи промежуточной борозды разделяется на два пучка: *тонкий*, *fasciculus gracilis* и *клиновидный*, *fasciculus cuneatus*.

Тонкий пучок расположен в медиальной части заднего канатика и содержит волокна, проводящие импульсы проприоцептивной чувствительности от мышечно-суставных структур грудного, поясничного и крестцового отделов туловища, а также нижних конечностей. На уровне олив тонкий пучок несколько отклоняется в латеральную сторону и образует утолщение, называемое *тонким бугорком*, *tuberculum gracile*.

Клиновидный пучок составляет латеральную часть заднего канатика и образован волокнами, проводящими импульсы проприоцептивной чувствительности от верхнего грудного и шейного отделов туловища, а также верхних конечностей. По аналогии с тонким клиновидный пучок отклоняется латерально и формирует утолщение, именуемое *клиновидным бугорком*, *tuberculum cuneatum*.

*Верхняя часть* дорсальной поверхности продолговатого мозга сформирована каудальным (задненижним) треугольником ромбовидной ямки, основание которого соответствует мозговым полоскам четвертого желудочка, а верхушка обращена к отверстию Можанди. Рельеф мозговой ткани в этой области довольно сложен. По обе стороны от срединной борозды, *sulcus medianus*, разделяющей поверхность ромбовидной ямки на две симметричные половины, располагается парное медиальное возвышение,

eminentia medialis, ограниченное с латеральной стороны пограничной бороздой, sulcus limitans.

Участок медиального возвышения треугольной формы, непосредственно примыкающий к срединной борозде, называется *треугольником подъязычного нерва*, trigonum nervi hypoglossi (место проекции двигательного ядра XII пары).

Несколько ниже и латеральнее его расположен меньший по размерам *треугольник блуждающего нерва*, trigonum nervi vagi (место проекции вегетативного ядра блуждающего нерва).

Узкую полоску мозговой ткани, окаймляющую снизу треугольник блуждающего нерва, обозначают как *самостоятельный канатик*, funiculus separans. Каудальнее его имеется небольшая площадка в форме лепестка — *самое заднее поле*, area postrema. Обе эти структуры принимают афферентные входы от внутренних органов. Эти зоны образованы специализированными клетками эндими, которые отличаются обильной васкуляризацией и высокой проницаемостью для многих веществ, вследствие отсутствия гематоэнцефалического барьера. Area postrema образует многочисленные двусторонние связи с ядрами тройничного, блуждающего, подъязычного нервов, а также с locus coeruleus и центральным серым веществом среднего мозга. Предполагают, что area postrema является хеморецепторной структурой, принимающей участие в регуляции электролитного и газового состава спинномозговой жидкости. Дискутируется ее роль в реализации рвотного и кашлевого рефлексов, регуляции сердечных сокращений.

У верхушки треугольника блуждающего нерва под мозговыми полосками IV желудочка расположено едва различимое углубление, называемое каудальной ямкой, fovea caudalis. В эту область проецируется двигательное (двойное) ядро языкоглоточного и блуждающего нерва.

Кнаружи от пограничной борозды, окаймляющей медиальное возвышение, в области боковых карманов четвертого желудочка имеется уплощенный участок мозговой ткани — вестибулярное поле, area vestibularis. Здесь залегают ядра преддверно-улиткового нерва (VIII пара черепных нервов) и берут начало мозговые полоски IV желудочка.

### 3. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

Внутреннее строение продолговатого мозга представляется достаточно сложным и в целом отражает его функциональное предназначение. Большинство основных структур дублировано и имеет строго упорядоченную локализацию согласно принципу билатеральной симметрии. С некоторой степенью условности все структурные образования продолговатого мозга можно разделить на следующие группы:

1. Собственные структуры.
2. Ядра черепных нервов.
3. Системы волокон.
4. Ретикулярная формация.
5. Функциональные нервные центры.

### 3.1. СОБСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

*Микроструктура и функциональная характеристика пирамид.* Внутреннее строение пирамид отчетливо определяется на серии их поперечных срезов. При микроскопическом рассмотрении видно, что они на всем протяжении представлены продольно ориентированными миелинизированными нервными волокнами, собранными в пучки. Наличие миелиновых оболочек создает необходимые условия для высокоскоростного проведения нервного импульса. В функциональном отношении пирамидные волокна являются коллекторными проводниками произвольных двигательных импульсов от двигательной (моторной) зоны коры больших полушарий к мотонейронам вентральных серых столбов спинного мозга.

Некоторые из этих волокон следуют вертикально вниз и далее проходят в передних канатиках спинного мозга. Оставшиеся пирамидные волокна (3–5 пучков) на уровне нижней границы продолговатого мозга в косом направлении пересекают переднюю срединную щель и, взаимно перекрещиваясь, переходят на противоположную сторону, проникая далее в толщу боковых канатиков спинного мозга. Этот переход волокон получил название *перекреста пирамид*, *decussatio pyramidum* или *переднего двигательного перекреста*, *decussatio anterior motoria*.

В целом комплекс миелинизированных высокоскоростных волокон, входящих в состав пирамид, получил название *пирамидного тракта*, *tractus pyramidalis*.

При развитии патологического процесса (опухоль, кровоизлияние) или повреждении этой области, а также самих пирамид возникает частичная или полная утрата способности совершать произвольные движения теми или иными группами мышц, главным образом верхних и нижних конечностей.

Следует отметить, что в составе пирамидных структур продолговатого мозга обнаруживаются также отдельные скопления нервных клеток в совокупности формирующих так называемые *дугобразные ядра*, *nuclei arcuati*. Они сгруппированы преимущественно в переднемедиальной части каждой из пирамид в области их верхней и средней третей. Отростки клеток этих ядер формируют пучки волокон, которые выходят из продолговатого мозга в области передней срединной щели, дугобразно огибают пирамиды по их наружной поверхности, идут назад и вверх по направлению

к нижним мозжечковым ножкам. Так как эти волокна выходят наружу, проходят по вентральной поверхности и образуют дугообразные петли вокруг пирамид, их называют *передними наружными дугообразными волокнами*, *fibrae arcuatae externaе ventrales*. В конечном итоге отростки клеток дугообразных ядер в составе нижних мозжечковых ножек направляются к ядрам мозжечка.

***Микроструктура и функциональная характеристика олив.*** Структура олив на поперечном срезе неоднородна и представлена скоплениями серого и белого вещества. Серое вещество симметрично распределено в толще белого и представлено *комплексом оливных ядер*, которые имеют тесные структурно-функциональные взаимоотношения с мозжечком. Волокна белого вещества по периферии окутывают оливные ядра и образуют так называемый оливный плащ, *amiculum olivare*.

Отростки клеток оливного комплекса образуют пучки нервных волокон, которые являются крупнейшими входными коллекторами мозжечка, что определяет их непосредственное участие в процессах регуляции произвольных и непроизвольных двигательных актов.

Комплекс оливных ядер включает следующие структурные элементы:

- *главное оливное ядро*, *nucleus olivaris principalis*;
- *дорсальное добавочное оливное ядро*, *nucleus olivaris accessorius dorsalis*;
- *медиальное добавочное ядро*, *nucleus olivaris accessorius medialis*.

Главное оливное ядро имеет подковообразную форму и состоит из трех частей:

1. Вентральной пластинки, расположенной ближе к пирамидам.
2. Дорсальной пластинки, обращенной к дорсальной поверхности продолговатого мозга.
3. Изогнутой части, соединяющей обе эти структуры.

Открытая часть главного оливного ядра называется *воротами*, *hilum nucleі olivaris*. Отростки нейронов этого ядра выходят из ворот и образуют массивные топографически упорядоченные проекции в мозжечок (преимущественно в зубчатое ядро), получившие название *оливо-мозжечкового тракта*, *tractus olivocerebellaris* (проходит через нижние мозжечковые ножки). По пути волокна этого тракта формируют коллатерали к латеральному вестибулярному ядру Дейтерса, расположенному в вестибулярном поле ромбовидной ямки (одно из ядер преддверно-улиткового нерва) и замыкающему на себе часть сенсорных волокон, берущих начало в рецепторных зонах вестибулярного анализатора (пятна сферического и эллиптического мешочков, ампулярные гребешки).

В свою очередь, оливные ядра получают большое количество волокон от различных отделов головного мозга.

*Главное оливное ядро* получает проекции из следующих структур:

- прецентральной извилины (участка моторной зоны коры больших полушарий, соответствующей проксимальным отделам конечностей);
- красного ядра среднего мозга;
- базальных ядер (хвостатого ядра и бледного шара);
- подкорковых центров зрения и слуха (верхнего и нижнего холмиков крыши среднего мозга соответственно). Вышеуказанные связи главного оливного ядра предполагают его непосредственное участие в формировании сложных двигательных актов. Так, наличие взаимодействия с зубчатым ядром мозжечка позволяет сделать вывод о влиянии оливного ядра на механизмы координации движений верхних и нижних конечностей.

Функциональные связи со структурами экстрапирамидной (красное ядро) и стриопаллидарной системы (хвостатое ядро и бледный шар) указывают на участие главного оливного ядра в реализации автоматических неосознанных движений, в механизмах перераспределения мышечного тонуса между различными группами мышц в разнообразных сочетаниях.

Взаимодействие с подкорковыми центрами зрения и слуха обеспечивает вспомогательное влияние оливного ядра на осуществление защитных и ориентировочных рефлексов на зрительные и слуховые раздражители.

*Дорсальное добавочное оливное ядро* получает проекции от пучков Голля и Бурдаха, а также ядра спинномозгового пути тройничного нерва.

*Медиальное добавочное оливное ядро* также принимает волокна от тонкого и нежного пучков, спинного мозга и участка моторной зоны коры, соответствующей мускулатуре туловища, шеи и лица.

Кроме того, комплекс оливных ядер получает волокна от ретикулярной формации.

### **3.2. ЯДРА ЧЕРЕПНЫХ НЕРВОВ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА**

Помимо вышеописанных ядерных структур преимущественно в дорсальных отделах продолговатого мозга залегают многочисленные функциональные объединения нейронов, формирующие ядра черепных нервов: языкоглоточного, блуждающего, добавочного, подъязычного, а также спинномозговое ядро тройничного нерва и частично ядра преддверно-улиткового нерва. Все они участвуют в реализации сенсорных и рефлекторных функций.

*1. Языкоглоточный нерв, n. glossopharyngeus*, представлен тремя ядрами:

- двигательным (двойное ядро);
- чувствительным (ядро одиночного пути);
- вегетативным (нижнее слюноотделительное ядро).

*Двойное ядро, n. ambiguus*, располагается в толще ретикулярной формации продолговатого мозга и состоит из двух частей: каудальной — *n. ambiguus diffuses*, и роstralной — *n. ambiguus compacta*. Языкоглоточному нерву принадлежит только роstralная часть, каудальный отдел относится к блуждающему нерву. Таким образом, нейроны двойного ядра обслуживают две пары черепных нервов: IX и X.

Нервные волокна двойного ядра участвуют в обеспечении актов дыхания, глотания, голосообразования.

*Ядро одиночного пути, n. solitarius*, располагается дорсальнее предыдущего ядра и получает волокна не только от языкоглоточного, но и от лицевого, блуждающего и тройничного нервов. Чувствительные волокна, принадлежащие ветвям языкоглоточного нерва, подходят и заканчиваются в каудальной части одиночного ядра. Они приносят импульсы от вкусовых рецепторов задней трети языка, а также от хемо-, механо- и барорецепторов сонного синуса и сонного клубочка. Таким образом, ядро одиночного пути улавливает импульсы аортальной рефлексогенной зоны, принимая участие в процессах регуляции кровяного давления и газового состава крови, и одновременно является подкорковым переключателем вкусовых импульсов. Одиночное ядро также получает проекции из паравентрикулярного ядра гипоталамуса и находится под влиянием его контролирующих воздействий.

*Нижнее слюноотделительное ядро, n. salivatorius inferior*, локализуется в вентральной части ретикулярной формации от двойного ядра до колена лицевого нерва. В функциональном отношении это ядро является вегетативным парасимпатическим и дает секреторные и сосудодвигательные волокна к околоушной слюнной железе.

2. *Блуждающий нерв, n. vagus*, является смешанным и имеет три ядра:
  - двигательное (двойное ядро);
  - чувствительное (ядро одиночного пути);
  - парасимпатическое (дорсальное ядро блуждающего нерва).

Блуждающему нерву принадлежит только каудальный отдел двойного ядра, отростки клеток которого формируют волокна к гортани, бронхам, легким, сердцу, глотке, пищеводу, желудку, обеспечивая последовательное сокращение мышц во время дыхания, глотания, речеобразования.

Нейроны, формирующие медиальные отделы одиночного ядра, получают афферентные входы блуждающего нерва от элементов сердечно-сосудистой, дыхательной системы и желудочно-кишечного тракта. Их деятельность всецело контролируется паравентрикулярным ядром гипоталамуса через нисходящие проекции.

Совокупность афферентных входов одиночного ядра формирует так называемый *одиночный путь, tr. solitarius*, который проводит чувствительные импульсы от органов дыхательной, сердечно-сосудистой и пищевари-

тельной системы. Некоторые волокна этого тракта достигают самого заднего поля, *area postrema*.

*Дорсальное ядро блуждающего нерва, n. dorsalis n. vagi*, вегетативное, проецируется в область одноименного треугольника и обеспечивает парасимпатическую иннервацию органов грудной и брюшной полости. При этом в ростральной части ядра локализуются нейроны, иннервирующие легкие и бронхи, в вентральной — сердце, в каудальной — желудочно-кишечный тракт.

3. *Добавочный нерв, n. accessorius*, представлен двигательным ядром, в котором условно выделяют две части: интракраниальную и экстракраниальную. Интракраниальная часть расположена в вентральных отделах продолговатого мозга дорсальнее пирамид. Экстракраниальная часть локализуется в передних столбах верхних шейных сегментов спинного мозга (C<sub>I</sub>–C<sub>VI</sub>).

Отростки клеток этих ядер иннервируют трапецевидную и кивательную мышцы соответствующей стороны.

4. *Подъязычный нерв, n. hypoglossus*, включает два ядра: двигательное и чувствительное.

*Двигательное ядро подъязычного нерва, n. nervi hypoglossi*, проецируется в область одноименного треугольника и обеспечивает двигательную иннервацию язычных мышц. В нем условно выделяют две части: дорсальную и вентральную. Активация нейронов дорсальной части ядра сопровождается укорочением языка и одновременным увеличением его вертикального размера. В вентральной части ядра находятся клетки, иннервирующие мышцы, высовывающие язык.

Около ядра подъязычного нерва расположено связанное с ним функционально и анатомически чувствительное *околоподъязычное ядро, n. perihypoglossus*. Оно образует двусторонние связи с вестибулярными ядрами, ядром шатра, ядрами глазодвигательных нервов.

5. В продолговатый мозг из моста проникает *ядро спинномозгового пути тройничного нерва, n. spinalis nervi trigemini*. Оно расположено в латеральных отделах ретикулярной формации и продолжается в каудальном направлении в студенистое вещество Роланда задних рогов спинного мозга. Периферические отростки клеток спинномозгового ядра заканчиваются рецепторными образованиями в коже лицевой области, а также в слизистых оболочках полости рта и носа, осуществляя их чувствительную иннервацию. Проникая в вещество продолговатого мозга периферические отростки формируют так называемый спинномозговой тракт тройничного нерва, *tr. spinalis nervi trigemini*, который залегает несколько латеральнее одноименного ядра. Центральные отростки клеток спинального ядра входят в состав *тройничноталамического тракта*, который проводит импульсы тактильной, болевой, температурной и проприоцептивной чувствительности к ядрам таламуса.

Помимо чувствительных волокон, ядро спинномозгового пути тройничного нерва получает проекции от некоторых ядер ретикулярной формации. Предполагают, что эти связи оказывают модулирующие влияния на осуществление сенсорных функций.

6. *Преддверно-улитковый нерв, n. vestibulocochlearis*, представлен двумя функционально различными частями: вестибулярной и улитковой. Первая обеспечивает регуляцию равновесия тела, а вторая — восприятие звуков, т.е. слух. Помимо преобладающего количества чувствительных волокон, в составе нерва имеются и эфферентные волокна, которые регулируют чувствительность как рецепторов слуха (кортиева органа), так и рецепторов равновесия (перепончатого лабиринта). Вестибулярные эфферентные волокна берут начало от ядер ретикулярной формации моста и продолговатого мозга.

Вестибулярная часть нерва представлена четырьмя основными ядрами:

1. Верхнее вестибулярное ядро, *n. vestibularis superior* (ядро Бехтерева).
2. Нижнее вестибулярное ядро, *n. vestibularis inferior* (ядро Роллера).
3. Латеральное вестибулярное ядро, *n. vestibularis lateralis* (ядро Дейтерса).
4. Медиальное вестибулярное ядро, *n. vestibularis medialis* (ядро Швальбе).

Эти ядра расположены в области вестибулярного поля ромбовидной ямки, на границе моста и продолговатого мозга. Они получают многочисленные двусторонние проекции от мозжечковых структур, ретикулярной формации, спинного мозга, ядер глазодвигательных нервов. Комплекс вестибулярных ядер обеспечивает первичный анализ импульсов из рецепторных отделов перепончатого лабиринта, участвуя тем самым в осуществлении установочных реакций тела при нарушении равновесия.

Кроме основных вестибулярных ядер имеется ряд мелких клеточных групп: промежуточное вестибулярное ядро, *n. vestibularis interstitialis*, суправестибулярное ядро, *n. supravestibularis*, и некоторые другие.

Улитковая часть нерва представлена двумя основными слуховыми ядрами: вентральным и дорсальным. Они занимают самое латеральное положение в вестибулярном поле ромбовидной ямки и являются переключателями слуховых импульсов, приходящих от кортиева органа улитки. При этом в дорсомедиальные отделы улитковых ядер проецируются звуки высокой частоты, а в вентролатеральные — низкой. Из улитковых ядер импульс перебрасывается в подкорковые центры слуха (нижние холмы четверохолмия) и далее в кору верхней височной извилины, где происходит высший анализ звукового сигнала.

### **3.3. СИСТЕМЫ ВОЛОКОН ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА**

Системы волокон продолговатого мозга обеспечивают проводниковые функции и подразделяются на две группы:

- преимущественно чувствительные проводящие пути;
- преимущественно двигательные проводящие пути.

#### *Преимущественно чувствительные пути*

Как отмечалось ранее, дорсальная часть продолговатого мозга образована пучками Голля и Бурдаха, которые формируют тонкий и клиновидный бугорки. При детальном рассмотрении в толще белого вещества бугорков обнаруживаются локальные скопления нейронов, именуемые *тонким и клиновидным ядрами*, *nucleus gracilis et cuneatus*. Клетки этих ядер являются вторыми нейронами луковично-таламического тракта, *tr. bulbothalamicus*, который является проводящим путем проприоцептивной чувствительности коркового направления. Подавляющая часть отростков вторых нейронов тонкого и клиновидного ядер одной половины продолговатого мозга на уровне олив переходит на противоположную сторону, образуя пересечения с аналогичными волокнами противоположной стороны. Дугообразное направление хода этих пучков дало основание назвать их *внутренними дугообразными волокнами*, *fibrae arcuatae internae*. Образуя перекресты на уровне главных оливных ядер, эти волокна восходят в вертикальном направлении через мозговой ствол к таламусу в виде так называемой *медиальной петли*, *lemniscus medialis*. В связи с этим зона взаимного пересечения внутренних дугообразных волокон получила название чувствительного перекреста медиальных петель, *decussatio lemniscorum medialis*. Таким образом, на уровне продолговатого мозга имеется два анатомических перекреста проводящих путей: *вентральный двигательный*, *decussatio pyramidum*, и *дорсальный чувствительный*, *decussatio lemniscorum*.

Медиальная петля в функциональном и анатомическом отношении является непосредственным продолжением пучков Голля и Бурдаха на уровне ствола мозга и несет проприоцептивные импульсы в постцентральную извилину теменной доли.

Таким образом, тонкий, клиновидный пучок и медиальная петля продолговатого мозга представляют собой афферентную проприоцептивную систему коркового направления, которая обеспечивает передачу информации от рецепторных систем опорно-двигательного аппарата (мышц, суставов, связок, сухожилий) в высшие аналитические отделы головного мозга. В корковых структурах большого мозга оценивается сила и амплитуда мышечных сокращений, тонус мышц, взаиморасположение частей тела в пространстве. Благодаря этому возможна сознательная коррекция качества произвольных движений.

Необходимо отметить, что пучки Голля и Бурдаха помимо проприоцептивных волокон имеют в своем составе проекции переднего спиноталамического тракта, который проводит импульсы тактильной чувствительности от локализованных в коже телец Фатер-Пачини (чувство давления) и телец Мейсснера (чувство осязания). Далее волокна переднего спинотала-

мического тракта восходят к таламусу и коре постцентральной извилины в составе медиальной петли.

В толще клиновидного бугорка, несколько латеральнее и кзади от клиновидного ядра расположено *добавочное клиновидное ядро*, *nucleus cuneatus accessorius*, отростки клеток которого образуют *задние наружные дугообразные волокна*, *fibrae arcuatae externae dorsalis*. Далее эти волокна следуют в составе нижних мозжечковых ножек к коре червя мозжечка.

Помимо вышеуказанных связей от нейронов тонкого ядра прослежены волокна к медиальному добавочному оливному ядру, а нейроны клиновидного ядра имеют непосредственные сообщения с задним добавочным оливным ядром. И тонкое и клиновидное ядра получают волокна от ретикулярной формации.

Наряду с проприоцептивной системой коркового направления существует система, проводящая проприоцептивные и тактильные ощущения к корково-ядерному аппарату мозжечка. К ней относятся передний спинномозжечковый (пучок Говерса) и задний спинномозжечковый (пучок Флексига) тракты.

Волокна, образующие пучок Говерса, проходят через продолговатый мозг транзитом и располагаются по периферии тотчас же позади оливы. Далее эти волокна поднимаются до уровня перешейка ромбовидного мозга и в составе верхних мозжечковых ножек проникают в мозжечок.

Задний спинномозжечковый тракт соответствует позадиоливному полю и следует к мозжечку в составе его нижних ножек.

Пучок Говерса и Флексига образуют проприоцептивную систему мозжечкового направления, которая несет отчетную информацию о состоянии структур опорно-двигательного аппарата к коре и ядрам мозжечка. В результате обработки полученной информации осуществляется автоматическая координация движений, вносятся поправки в произвольные двигательные акты, достигается точность и целенаправленность движений.

Помимо вышеописанных афферентов в продолговатый мозг проникают восходящие пути из спинного мозга. Так *спинопокрышечный тракт*, *tr. spinotectalis*, заканчивается в четверохолмии среднего мозга. Волокна *спинооливного пути*, *tr. spinoolivaris* (тракт Гельвега), направляются от задних столбов спинного мозга к ядрам оливного комплекса. Их непосредственным продолжением служит *оливомозжечковый тракт*, *tr. olivocerebellaris*, соединяющий главные оливные ядра с зубчатыми ядрами мозжечка. Оба тракта несут проприоцептивную информацию в мозжечок.

Кроме того, существуют спиновестибулярный (*tr. spinovestibularis*) и спиноретикулярный (*tr. spinoreticularis*) афференты, которые образуют проекции в вестибулярные ядра и ретикулярную формацию соответственно.

К висцеральной афферентной системе продолговатого мозга следует отнести *одиночный тракт*, *tr. solitarius*. Он представлен волокнами лицевого,

языкоглоточного, блуждающего и тройничного нервов, которые направляются к нейронам *ядра одиночного пути*, n. solitarius. По этим волокнам осуществляется проведение импульсов от вкусовых рецепторов полости рта, а также интерорецепторов сосудов, внутренних органов грудной и брюшной полости.

В дорсолатеральных отделах продолговатого мозга отчетливо прослеживаются волокна так называемого *спинномозгового тракта тройничного нерва*, tr. spinalis nervi trigemini. Он сформирован отростками клеток тройничного (гассерова) узла и является проводником импульсов тактильной, болевой, температурной и проприоцептивной чувствительности на лице. Волокна, входящие в состав этого тракта, заканчиваются в спинномозговом ядре тройничного нерва, n. spinalis n. trigemini.

*Задний продольный пучок*, fasciculus longitudinalis dorsalis, (пучок Шютца) является висцеральной координирующей системой и представляет собой пучок продольно ориентированных волокон, который проходит вдоль дна ромбовидной ямки и соединяет между собой в единую функционирующую цепочку ядра гипоталамуса, верхнее и нижнее слюноотделительное ядра, двойное ядро, заднее ядро блуждающего нерва, одиночное ядро, двигательные ядра лицевого и подъязычного нервов.

*Медиальный продольный пучок*, fasciculus longitudinalis medialis, также как и предыдущий пучок является важной координирующей системой, в формировании которой принимают участие промежуточное ядро Кахалы, ядро Даркшевича, двигательные ядра III, IV, VI пар, ядра преддверно-улиткового и добавочного нервов и мотонейроны спинного мозга, иннервирующие мышцы шеи. Благодаря наличию этих вертикальных проекций осуществляется координирование работы мышц шеи и глазных яблок при поворотах головы. Помимо этого, существуют предположения, что функция медиального продольного пучка заключается также в проведении импульсов, координирующих работу мышц, участвующих в актах глотания, жевания, голосообразования.

*Дорсальный покрывчатый тракт*, tractus tegmentalis dorsalis, относится к экстрапирамидной системе. Он берет начало в красных ядрах и центральном сером веществе среднего мозга, хвостатом ядре, скорлупе (относятся к базальным ядрам большого мозга) и спускается вниз, заканчиваясь в главном оливном и двойном ядрах.

#### *Преимущественно моторные пути*

Двигательные волокна продолговатого мозга представлены в основном нисходящими транзитными трактами пирамидной системы, которые берут начало от гигантских пирамидных клеток Беца в моторной зоне коры полушарий (прецентральная извилина). Пирамидные пути залегают в пирамидах, несут ответственность за осуществление произвольных двигательных актов и включают две системы нисходящих проводящих путей: *корковостинномозговые и корковаядерные*.

*Корковостноспинномозговые тракты, tr. corticospinales*, соединяют верхние две трети прецентральной извилины с мотонейронами передних столбов спинного мозга и проводят импульсы, обеспечивающие произвольные движения туловища и конечностей.

Волокна, входящие в состав *корковоядерных путей, tr. corticonucleares*, соединяют нижнюю треть прецентральной извилины с моторными ядрами языкоглоточного, блуждающего, добавочного и подъязычного нервов и являются проводниками импульсов, обеспечивающих произвольные движения органов головы и шеи.

*Покрышечноспинномозговой путь, tr. tectospinalis*, расположен между медиальной петлей вентрально и медиальным продольным пучком дорсально. Содержит транзитные волокна, нисходящие из подкорковых центров зрения и слуха (четверохолмие среднего мозга) к двигательным нейронам спинного мозга. В единой связке с этим трактом проходят проекции так называемого *покрышечнобульбарного пути, tr. tectobulbaris*, который соединяет четверохолмие с моторными ядрами языкоглоточного, блуждающего, добавочного и подъязычного нервов. Эти тракты относятся к экстрапирамидной системе и являются проводящим звеном рефлекторных дуг, ответственных за осуществление защитных и ориентировочных рефлексов на зрительные и слуховые раздражители.

*Красноядерно-спинномозговой путь, tr. rubrospinalis*, (пучок Монакова) берет начало от красных ядер, проходит через продолговатый мозг транзитом несколько кзади от пучка Говерса и заканчивается в мотонейронах передних столбов спинного мозга контралатеральной стороны. Функциональное предназначение этого пути заключается в перераспределении мышечного тонуса, необходимого для поддержания равновесия без усилия воли.

### **3.4. РЕТИКУЛЯРНАЯ ФОРМАЦИЯ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА**

#### *Структурная организация*

Во второй половине XIX века немецкий ученый О. Дейтерс при микроскопическом исследовании стволовых структур головного мозга впервые обнаружил участок нервной ткани, который содержал большое количество нейронов, сгруппированных в ядра, и связанных между собой бесчисленным множеством нервных волокон, которые, причудливо переплетаясь, формировали густую мелкоячеистую сеть. Дав описание строения этой области ствола мозга, Дейтерс назвал ее сетчатой структурой или ретикулярной формацией (РФ). Более подробное описание ее строения представили В. М. Бехтерев и Рамон Кахаль.

В настоящее время известно, что ретикулярная формация представляет собой довольно специфическую нейронную структуру, не имеющую четких анатомических границ, насчитывающую свыше 100 ядер и прости-

рающуюся от промежуточного до спинного мозга. Условно она может быть разделена на ретикулярную формацию продолговатого мозга, варолиева моста и среднего мозга. Вместе с тем, в функциональном отношении в ретикулярной формации разных отделов мозгового ствола есть много общего. Поэтому целесообразно рассматривать ее как единую структуру.

Нейроны, входящие в состав ретикулярной формации, имеют различную форму, размеры и топографию. Они характеризуются обширно разветвленным дендритным деревом и длинными аксонами, которые образуют как нисходящие так и восходящие проекции.

Нейронная организация ретикулярной формации в достаточной степени не изучена. Ее клеточные образования связаны между собой посредством многочисленных отростков, формирующих моно- и мультисинаптические взаимодействия. Вследствие чрезвычайно сложного переплетения дендритов и аксонов различных клеток разобраться в характере межнейронных связей этой области очень трудно. Исследования показали, что близкорасположенные клетки могут обладать совершенно различными функциональными характеристиками. Поэтому напрашивается вывод, что организация межнейронных связей в ретикулярной формации достаточно дифференцирована и отдельные ее клетки соединены между собой довольно специфичными связями.

В целом топография нейронов РФ такова, что более крупные из них, которые образуют проекционные восходящие и нисходящие связи с соседними структурами головного мозга, расположены медиально. Более мелкие нейроны, обеспечивающие ассоциативные взаимодействия внутри ретикулярной формации, находятся преимущественно латерально.

В каудальном отделе продолговатого мозга расположены следующие важные ядра ретикулярной формации:

1. Nucleus reticularis parvocellularis.
2. Nucleus reticularis lateralis.
3. Nucleus reticularis paramedianus.
4. Nucleus parasolitarius.

В более ростральных отделах продолговатого мозга выделяют:

1. Nucleus reticularis gigantocellularis.
2. Nucleus reticularis manocellularis.
3. Nucleus paragigantocellularis.
4. Nucleus intercalatus.
5. Nucleus commissuralis (ядро Даркшевича).

Вдоль срединной линии продолговатого мозга локализируются ядра шва, nuclei raphe. Они располагаются по обе стороны от срединной линии вблизи шва продолговатого мозга, который образован переплетающимися волокнами медиальной петли и чувствительных ядер черепных нервов.

В области моста выделяют *nucleus reticularis caudalis et oralis, nucleus reticularis tegmentis pontis*.

В области среднего мозга расположены *nucleus tegmentalis dorsalis et ventralis, nucleus interstitialis* (ядро Кахаля).

В промежуточном мозге к структурам ретикулярной формации относятся медиальные ядра таламуса.

#### *Функциональные связи.*

Ретикулярная формация является филогенетически старой структурой мозга, образующей многочисленные двусторонние связи с другими отделами центральной нервной системы (кора полушарий, спинной мозг, мозжечок, лимбическая система). Благодаря наличию таких связей РФ играет существенную роль в регуляции процессов возбуждения и торможения практически во всех отделах ЦНС. Несмотря на все обширное разнообразие влияний РФ можно выделить два основных направления ее воздействий:

— *нисходящие ретикулоспинальные влияния;*

— *восходящие ретикулокортикальные влияния.*

*Нисходящие ретикулоспинальные влияния.* Еще в 1946 г. американским нейрофизиологом Х. Мегоуном и его сотрудниками было установлено, что раздражение различных точек ретикулярной формации оказывает существенное влияние на работу сегментарного аппарата и рефлекторную деятельность спинного мозга.

Так при микроэлектродном воздействии на ядра *вентромедиальной* части продолговатого мозга (*гигантоклеточное, комиссуральное*) возникает торможение всех спинальных двигательных рефлексов и сгибательных, и разгибательных (тормозящая зона РФ). Это свидетельствует о наличии «сдерживающего» влияния ретикулярных структур на сегментарный аппарат спинного мозга. Вместе с тем, было выявлено, что раздражение *дорсолатеральных* отделов ретикулярной формации вызывало, наоборот, диффузное облегчающее действие на спинальную рефлекторную деятельность (активирующая зона РФ). Таким образом, ретикулярные влияния на спинальные двигательные центры состоят из противоположных, тормозящих и облегчающих компонентов. Создается впечатление, что такой принцип организации нисходящих проекций присущ всем ретикулярным структурам.

Аксоны клеток вышеописанных отделов РФ формируют *ретикулоспинальные тракты*, посредством которых осуществляется проведение тормозных или активирующих импульсов в спинной мозг. Волокна ретикулоспинальных путей образуют синаптические связи либо с клетками Реншоу, потенцируя или подавляя их тормозящее влияние на мотонейроны, либо непосредственно с мотонейронами.

Через посредство нисходящих влияний ретикулярная формация вносит свою лепту в *регуляцию тонуса скелетных мышц*, воздействуя на активность гамма-мотонейронов, локализованных в интрафузальных мышечных волокнах.

Интересен тот факт, что даже при кратковременном воздействии на ретикулярную формацию несколькими стимулами эффект в спинном мозге сохраняется сотни миллисекунд.

В естественных условиях в состоянии бодрствования генерализованного изменения рефлекторной деятельности спинного мозга не происходит. Тем не менее, не исключена возможность диффузного ослабления рефлекторной возбудимости в состоянии сна.

Таким образом, нисходящие ретикулоспинальные связи играют важную роль в координации простых и сложных движений, в реализации влияний психической сферы на осуществление сложной двигательной поведенческой деятельности человека.

Нисходящие влияния ретикулярной формации распространяются не только на сегментарный аппарат спинного мозга, но и на жизненно важные вегетативные функции: сосудодвигательную, дыхательную, пищеварительную (см. ниже).

*Восходящие ретикулокортикальные влияния.* Функции ретикулярной формации не ограничиваются только нисходящими влияниями. Она также обеспечивает регуляцию активности высших отделов головного мозга, главным образом, *коры больших полушарий*, через посредство восходящих функциональных связей. Первые сведения о том, что ретикулярная формация неким образом вмешивается в деятельность коры больших полушарий, были получены еще в 30-е годы прошлого столетия, однако важность их в свое время не могла быть оценена в достаточной степени.

Для нормального функционирования бесчисленного множества нейронов коры большого мозга необходимо чтобы они постоянно находились в состоянии определенного функционального тонуса. Долгое время предполагалось, что поддержание «бодрствующего» состояния коры обеспечивается потоками афферентной импульсации, поступающими по восходящим афферентным путям. Иными словами, раздражение рецепторных зон анализаторов поддерживает высокую возбудимость нейронов коры больших полушарий. Однако дальнейшие исследования показали, что такой вывод был несколько преждевременным и не совсем верным. Дж. Моруцци и Х. Мегоун путем прямого микроэлектродного раздражения ретикулярных структур установили, что для поддержания «бодрствующего» состояния конечного мозга важно, чтобы афферентная импульсация *первоначально* активировала ретикулярные структуры мозгового ствола. В свою очередь нейронные структуры РФ, обработав первичный афферентный сигнал, передают его возбуждающее влияние в корковые центры. *Таким образом, ретикулярная формация играет роль своеобразного функционального фильтра-распределителя, расположенного на пути бесчисленных и разнообразных по значимости потоков афферентной информации.* Несколько преобразуя и видоизменяя характер афферентного импульса, ре-

тикулярная формация придает ему дополнительные свойства, позволяющие адекватно воздействовать на нейронные элементы коры больших полушарий, поддерживая их в рабочем состоянии на протяжении длительного времени. Особенно наглядно проявляется роль активирующего влияния РФ в опытах на животных. При перерезке восходящих связей ретикулярной формации, животное впадает в сонное состояние, конечный мозг перестает активно функционировать. И, наоборот, если у животного, которое находится в состоянии сна, раздражать ретикулярные центры оно просыпается, у него появляется ориентировочная реакция. После прекращения раздражения животное снова засыпает.

Помимо поведенческих реакций, свидетельствующих о пробуждении и активации конечного мозга в момент стимуляции ретикулярных структур, существуют способы регистрации объективных критериев деятельности коры больших полушарий, в первую очередь, по *изменениям ее электрической активности*. В спокойном дремотном состоянии на электрокортикограмме фиксируются небольшие по амплитуде регулярные колебания частотой 8–10 в секунду (альфа-ритм). Регулярность колебаний свидетельствует о синхронной электрической активности нейронов коры. В период ретикулярной стимуляции регулярные колебания сразу же сменяются значительно меньшими по амплитуде и более высокочастотными колебаниями (бета-ритм). Это свидетельствует о том, что клеточные элементы коры начинают функционировать менее синхронно, поэтому такой тип активности называется *реакцией десинхронизации*. Иными словами, смена состояний сна и бодрствования связана с переходом от синхронизированной активности клеток коры к десинхронизированной. Именно реакция десинхронизации является характерным эффектом восходящих ретикулярных влияний на корковую электрическую активность. Причем десинхронизированная активность регистрируется практически во всех участках коры, что свидетельствует о *генерализованном влиянии* РФ на процессы корковой интеграции.

Но дальнейшее изучение структур ретикулярной формации выявило в ней группы нейронов, раздражение которых инициировало тормозные процессы в коре большого мозга, что способствовало переходу из бодрствующего состояния в пассивное, сонное. Это позволяет сделать вывод о том, что в составе восходящих путей ретикулярной формации существуют не только активирующие, но и инактивирующие подразделения, которые каким-то образом снижают возбудимость нейронов конечного мозга.

Гистологические и электрофизиологические данные указывают на некоторую особенность распределения отростков ретикулярных нейронов. Так, отмечено Т-образное деление аксонов клеток, принадлежащих гигантоклеточному ядру. Один из отростков идет вниз, формируя ретикулоспинальный путь, а второй вверх, направляясь в верхние отделы головного

мозга. Создается такое впечатление, что и восходящие, и нисходящие функции ретикулярной формации могут быть связаны с деятельностью одних и тех же нейронов.

Впоследствии экспериментальным путем было установлено, что восходящие ретикулярные влияния имеют промежуточные синаптические соединения с так называемыми *неспецифическими ядрами таламуса*. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что тонизирующее влияние РФ на кору большого мозга является опосредованным. Возбуждение от ретикулярных нейронов, в первую очередь, распространяется на ядра таламуса и только потом проникает в корковые структуры. Роль ретикулярной формации заключается лишь в угнетении неспецифических ядер, подавляющих активность коры головного мозга.

Разноплановость влияний ретикулярной формации на различные отделы центральной нервной системы предполагает постоянную и вместе с тем различную степень активности ее нейронных структур. И действительно, методом микроэлектродного отведения было установлено, что нейронам ретикулярной формации присуща *стойкая импульсная активность*. Это проявляется их способностью к постоянной генерации нервных разрядов с частотой 5–10 в секунду. Причина постоянной фоновой активности кроется в повышенной чувствительности и легкой деполяризуемости мембраны ретикулярных клеток под влиянием либо различных гуморальных факторов, либо под воздействием многочисленных афферентных влияний от огромного количества различных сенсорных зон. Большинство известных восходящих проекционных путей (экстероцептивные, проприоцептивные, интероцептивные), а также проводящие пути зрительного, обонятельного, слухового анализаторов формируют *коллатерали* к нейронным структурам ретикулярной формации. Таким образом, раздражение обширных рецепторных областей различных анализаторов обеспечивает практически непрерывную афферентную импульсацию к ретикулярным клеткам. Иными словами, осуществляется *конвергенция* рецепторных сигналов с последующим их аккумулярованием в замкнутых нейронных цепях ретикулярной формации. Благодаря этому, даже совсем незначительные движения, прикосновения, звуки, запахи или зрительные образы оказывают возбуждающее влияние на РФ, а та, в свою очередь, стимулирует деятельность корковых структур.

Следует отметить, что все нейроны ретикулярной формации являются *полисенсорными*, т. е. способными реагировать на раздражения от самых различных рецепторов. Установлено, что один ретикулярный нейрон способен образовывать синаптические соединения с 25000 других клеток. Складывается впечатление, что в ретикулярной формации происходит смешивание афферентных сигналов. Однако такое впечатление ложное. На самом деле существуют нейроны, которые реагируют только на кожные раздраже-

ния, другие — только на зрительные или слуховые и т. д. Таким образом, становится понятно, что в сложных функциональных взаимосвязях ретикулярных структур существует какая-то внутренняя дифференциация.

Афферентные импульсы, возникающие в рецепторных зонах различных анализаторов, перемещаются в кору головного мозга по соответствующим проводящим путям, которые отдают коллатерали в ретикулярную формацию. Таким образом, происходит как бы раздвоение потока чувствительных импульсов: часть поступает непосредственно в корковые структуры, а часть предварительно проходит через систему сложных взаимосвязей ретикулярной формации. В результате и те и другие попадают в кору головного мозга: первые — в локальную зону коркового конца соответствующего анализатора, а вторые — диффузно рассеиваются в обширных областях неокортекса. В ответ на приход афферентного сигнала в мозговой центр анализатора возникает *коротколатентная (мгновенная) первичная ответная реакция*. Восходящие импульсы, «отфильтрованные» в ретикулярной формации, вызывают раздражение в значительных по протяженности зонах коры, которое появляется значительно позже и длится дольше первичного ответа (*длиннолатентная вторичная реакция*). Запоздалость вторичного ответа обусловлена задержкой нервных импульсов в бесчисленных синаптических переключениях ретикулярной формации.

Резюмируя вышеизложенное, можно представить ретикулярную формацию как своеобразный *аккумулятор афферентных зарядов*, энергетический блок, способный активизировать или затормаживать функцию других отделов центральной нервной системы. В процессе активной работы на протяжении многих часов неизбежно наступает истощение энергетического потенциала РФ вследствие снижения восприимчивости ретикулярных нейронов (механизм этого явления пока не расшифрован). В результате нейронные структуры посылают тормозящие импульсы в кору полушарий и двигательные центры спинного мозга, что вызывает сон и вялость движений соматической мускулатуры. Эти явления обычно прогрессируют в вечерние и ночные часы. Во время сна происходит восстановление энергетического потенциала ретикулярной формации и ее активирующее влияние на кору полушарий и моторные центры спинного мозга возобновляется — тонус скелетной мускулатуры возрастает.

Однако влияние ретикулярной формации на процессы корковой интеграции не является односторонним. Доказано, что кора больших полушарий оказывает «сдерживающее» модулирующее влияние на функциональное состояние ретикулярных нейронов.

Важная роль в поддержании активности РФ принадлежит различным циркулирующим в крови гуморальным факторам: гормонам, серотонину, амфетамину, ацетилхолину, двуокиси углерода, некоторым продуктам метаболизма. Это дает возможность целенаправленного фармакологического

воздействия на структуры ретикулярной формации. Так, например, различного рода седативные препараты и средства для наркоза подавляют активность коры путем прямого выключения ретикулокортикальных влияний.

Таким образом, ретикулярная формация — это универсальная система, регулирующая функциональное состояние всех отделов ЦНС и влияющая на все виды нервной деятельности — «мозг в мозге».

### 3.5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

*Нервный центр* — совокупность функционально взаимосвязанных нейронов, расположенных либо в определенном отделе центральной нервной системы, или же разбросанных в различных ее структурах и обеспечивающих регуляцию какой-либо конкретной функции. Однако представление о том, что вегетативная регуляция работы внутренних органов связана с отдельными группами морфологически взаимосвязанных между собой нейронов, справедливо лишь частично. Более вероятной представляется концепция о «полифункциональности» отдельно взятых нейронов или их небольших групп, когда одна или несколько обособленных нервных клеток отвечают за регуляцию совокупности функционально связанных друг с другом органов (например, рефлекторное обеспечение дыхательного или сердечного цикла). По этой причине нейроны, управляющие функцией какого-либо органа, не обязательно должны быть расположены рядом, а значит понятие «центр» относительно и употреблять его можно только с некоторыми оговорками.

*Колоссальное значение в объединении разрозненных двигательных и вегетативных нейронных структур продолговатого мозга в нервные центры имеет ретикулярная формация.*

В состав одного нервного центра может входить несколько миллионов нейронов, между которыми устанавливаются генетически детерминированные и достаточно жесткие функциональные связи. На протяжении жизни между клеточными элементами нервного центра могут формироваться дополнительные динамические взаимодействия.

Продолговатый мозг имеет достаточно скромные метрические параметры. Но, несмотря на это, он является местом локализации большого количества *функциональных центров*, участвующих в реализации как относительно простых, так и более сложных рефлексов, в осуществление которых вовлекаются различные группы мышц, сосуды, а также внутренние органы.

Функциональные центры продолговатого мозга являются всего лишь центральным компонентом безусловнорефлекторных дуг, которые регулируют функции дыхания, сердечно-сосудистую деятельность, работу желудочно-кишечного тракта. При этом рефлексы, реализуемые с участием продолговатого мозга, являются более совершенными и более сложно координированными, чем рефлексы спинного мозга.

Ввиду незначительности размеров продолговатого мозга, входящие в его состав нервные центры, располагаются на достаточно ограниченном пространстве, что обуславливает их анатомическую близость. На основании этого можно сделать вывод о том, что центры продолговатого мозга также очень тесно взаимодействуют в функциональном отношении.

Следует отметить, что локализация нервных центров не ограничивается только ядрами продолговатого мозга. Составляющие их нейроны более или менее равномерно рассеяны и в соседних структурах центральной нервной системы (мост, средний и промежуточный мозг). Поэтому термин «центры продолговатого мозга» не совсем верный с анатомической точки зрения. Скорее нервный центр можно представить как некую мультинейронную ассоциацию, не имеющую конкретных анатомических границ, но представляющую собой тесно взаимосвязанное в функциональном отношении объединение нейронов, специализированных на выполнении определенной функции. С этой точки зрения правомочно использовать термин «функциональные центры ствола мозга».

Зависимость работы функциональных центров от эмоциональных влияний и волевых усилий человека доказывает тот факт, что их деятельность подчинена воздействиям со стороны корковых структур. Основными проводниками нисходящих корковых влияний являются корково-таламические корково-ядерные и корково-спинномозговые пути.

**Дыхательный центр** представляет собой скопление нервных клеток, которые обслуживают процессы дыхания. Формирующие его нейроны специализированы на обеспечении слаженной и координированной работы дыхательных мышц в соответствии с изменяющимися условиями внешней и внутренней среды организма. Дыхательный центр является парным образованием, каждая из половин которого иннервирует дыхательные мышцы своей стороны тела. Морфологически дыхательный центр состоит из двух групп нейронов:

1. Нейроны, ответственные за частоту дыхания (пневмотаксический центр).
2. Нейроны, формирующие дыхательный цикл, состоящий из вдоха и выдоха (собственно дыхательный центр).

Пневмотаксический центр локализован в *медиальном парабрахиальном ядре* ретикулярной формации варолиева моста.

Собственно дыхательный центр представлен двумя отделами: *инспираторным* и *экспираторным*. Нейроны, ответственные за вдох (инспираторные), расположены в ядре одиночного пути и передней части п. retroambigualis. Нейроны, ответственные за выдох (экспираторные), локализованы в задней части п. retroambigualis.

Все вышеописанные нейроны представляют собой точные проекции рецепторных образований, заложенных в мышцах грудной стенки, диа-

фрагме и соединительнотканых элементах легких (рецепторы сжатия и растяжения).

Активация инспираторных нейронов происходит последовательно в результате рефлекторных влияний с хеморецепторов в ответ на повышение концентрации углекислого газа в крови. Далее возбуждение передается на двигательные нейроны спинного мозга, которые обслуживают мышцы, ответственные за вдох (прежде всего, диафрагму).

Активация экспираторных нейронов осуществляется по двум путям. Во-первых, возбуждение инспираторных нейронов одновременно передается на пневмотаксический центр, который в свою очередь стимулирует нейроны, ответственные за выдох. Во-вторых, необходимый уровень активности экспираторных нейронов достигается рефлекторным путем под влиянием периферических стимулов (рефлекс Геринга-Брейера). Так, при максимальном растяжении легочной ткани во время вдоха возбуждаются *рецепторы растяжения*, афферентная импульсация от которых по волокнам блуждающего нерва тормозит инспираторные нейроны. Вследствие этого возбуждаются экспираторные нейроны, которые запускают акт выдоха. При максимальном сжатии легочной ткани раздражаются *рецепторы сжатия*, которые посылают сигналы в центр выдоха, затормаживая его активность. Таким образом, рефлекс Геринга-Брейера препятствует перерастяжению легких.

Безусловно, деятельность дыхательного центра продолговатого мозга контролируется корой большого мозга. Ее влияние проявляется приведением в соответствие процессов дыхания с потребностями организма и обеспечении тончайших приспособлений к постоянно изменяющимся условиям внешней среды.

***Сосудодвигательный центр*** — область продолговатого мозга, в которой сосредоточены нейроны, обеспечивающие сердечную деятельность и участвующие в регуляции артериального давления, называется *сосудодвигательным центром*. В нем условно выделяют два функциональных отдела:

- депрессорный (ингибиторный);
- прессорный (акселераторный).

Активность прессорного отдела вызывает повышение артериального давления за счет увеличения тонуса резистивных сосудов. Кроме того, импульсация от нейронов акселераторного центра стимулирует частоту и силу сердечных сокращений. Депрессорный отдел по отношению к уровню артериального давления и сердечной деятельности вызывает обратную противоположную реакцию.

Точная локализация нейронных структур, формирующих вышеуказанные отделы, до конца не выяснена, но предполагается, что в состав сосудодвигательного центра входят нейроны *ядра одиночного пути, дорсального ядра блуждающего нерва, двойного ядра, вентролатеральных ядер продолговатого мозга, а также ядер шва*.

Установлено, что афферентная импульсация с баро- и механорецепторов сонного синуса и сонного клубочка по восходящим волокнам языкоглоточного (нерв Геринга) и блуждающего нервов поступает к нейронам ядра одиночного пути. Затем по системе многочисленных полисинаптических соединений импульсы передаются на двойное и дорсальное ядра блуждающего нерва, а также на группу вентролатеральных ядер и ядер шва. В дальнейшем из двойного и дорсального вагусных ядер берут начало *нисходящие парасимпатические влияния*, тормозящие силу и частоту сердечных сокращений и снижающие тонус резистивных сосудов. Возможно, именно нейроны этих ядер и составляют депрессорный центр. *Эфферентная симпатическая импульсация* к стенкам сердца и сосудов выходит со стороны вентролатеральных ядер и ядер шва (прессорный центр), вызывая стимуляцию сердечной деятельности и подъем артериального давления.

**Центр полового возбуждения** представлен совокупностью нервных клеток, которые принимают участие в регуляции сексуальных функций. Необходимо отметить, что этот центр является достаточно примитивным и находится в строгой субординационной подчиненности половым центрам гипоталамуса, лимбической системы, а также коры головного мозга. Скорее всего, он играет вспомогательную роль, модифицируя функции вышележащих регулирующих центров. Продолговатый мозг регулирует сексуальное поведение уже хотя бы потому, что через него проходят проводящие пути, по которым раздражения от рецепторных систем полового аппарата поступают в гипоталамус и кору большого мозга. Структурное повреждение этих путей или нарушение ферментативных систем, регулирующих функцию нейротрансмиттеров синаптических соединений, изменяют условия проведения нервных импульсов и, таким образом, могут существенно нарушать процесс нервного управления сексуальными функциями.

Центр полового возбуждения находится в непосредственной анатомической близости с дыхательным центром. Поэтому в условиях гипоксии, когда респираторный центр находится в состоянии гиперактивности, возможна иррадиация возбуждения на нейронные структуры полового центра. В результате этого, возникшая эфферентная импульсация способствует возникновению спастического сокращения гладкомышечных элементов семенных пузырьков и предстательной железы, что сопровождается оргастическими ощущениями и выбросом семенной жидкости. Аналогичное явление может наблюдаться у женщин и проявляется выбросом слизистой (кристеллеровской) пробки из цервикального канала в полость влагалища.

Подобные явления нередко встречаются в судебно-медицинской практике и отмечается у лиц, погибших в результате самоповешения или удушения петлей.

**Центр глотания.** Нейроны, обеспечивающие регуляцию процесса глотания, принадлежат ядрам тройничного, языкоглоточного, блуждающе-

го и подъязычного нервов. Они представляют собой тесное функциональное объединение, работа которого координируется двигательными ядрами среднего мозга (красное ядро, черная субстанция), ретикулярной формации, а также корковыми структурами головного мозга.

Афферентная импульсация поступает от рецепторных зон слизистых оболочек, языка, щек, губ, глотки преимущественно по волокнам тройничного нерва в его чувствительные ядра (мостовое, среднемозговое и спинномозговое). Далее импульсы через синаптические соединения перебрасываются на двигательные ядра IX, X и XII пар черепных нервов, а от них по системе нисходящих волокон к мышцам, ответственным за глотательные движения глотки и пищевода.

Бульбарный центр глотания находится в тесной функциональной взаимосвязи с дыхательным центром и способен затормаживать его активность во время прохождения пищевого комка через область зева и глотку, что препятствует попаданию пищевых масс в воздухоносные пути.

**Жевательный центр.** Локализация нейронов, формирующих этот центр, не ограничивается пределами продолговатого мозга. В формировании жевательного центра принимают участие, главным образом, чувствительные и двигательные ядра тройничного нерва. Второстепенную роль играют нейроны ядер языкоглоточного и лицевого нервов.

Приносящим звеном жевательной рефлекторной дуги являются афферентные волокна преимущественно тройничного нерва, которые несут импульсы от рецепторов слизистой оболочки полости рта. Сенсорная информация поступает к чувствительным ядрам V, VII и XII пар. Эффекторное звено жевательной рефлекторной дуги берет начало в моторных нейронах этих же нервов и в виде эфферентных волокон спускается к жевательным мышцам. Существенную роль в координации акта жевания играют ретикулярная формация, ядра среднего мозга, определенные участки моторной зоны коры, а также проприоцептивная импульсация от мышц жевательного аппарата.

**Слюноотделительный центр.** Является центральным координатором слюновыделительного рефлекса. Слюновыделительный аппарат представлен многочисленными слюнными железами, расположенными как в полости рта, так и за ее пределами. Наиболее крупными из них являются околоушная, поднижнечелюстные и подъязычные, получающие смешанную (симпатическую и парасимпатическую) вегетативную иннервацию.

Приносящее звено рефлекторной дуги представлено чувствительными волокнами тройничного и языкоглоточного нервов, рецепторные окончания которых заложены в слизистой оболочке ротовой полости. Раздражителем их являются пищевые и отвергаемые вещества. Афферентная им-

пульсация поступает по восходящим проекциям в продолговатый мозг к чувствительным ядрам тройничного и языкоглоточного нервов. Далее импульс перебрасывается на верхнее и нижнее слюноотделительные ядра лицевого и языкоглоточного нервов соответственно, а также на симпатические нейроны латерального промежуточного ядра боковых столбов верхних грудных сегментов спинного мозга. Совокупность этих нейронных структур с некоторой степенью условности можно назвать слюноотделительным центром. Эфферентная импульсация по волокнам барабанной струны лицевого нерва, большого и малого каменистых нервов, а также симпатических ветвям сонного сплетения достигает слюнных желез, стимулируя их секреторную активность.

**Рвотный центр.** Функциональное объединение нейронов, запускающих механизмы рвотного рефлекса, именуется рвотным центром. В основе сложного рефлекторного акта рвоты лежат антиперистальтические сокращения различных и многочисленных мышечных групп желудочно-кишечного тракта, в частности желудка, тонкой кишки, глотки, полости рта. Непосредственное участие в реализации рефлекса принимают судорожные сокращения мышц диафрагмы и брюшного пресса, а также отмечается обильное, но кратковременное выделение слюны и слезной жидкости. Как правило, рвотный процесс сопровождается безусловно негативной эмоциональной окраской. Все это свидетельствует о том, что роль продолговатого мозга в осуществлении рвотного акта отнюдь не единолична и в рефлекторную реакцию вовлекаются самые различные отделы ЦНС.

Потоки афферентных импульсов зарождаются в рецепторных полях корня языка, глотки, желудка, начальных отделов тонкой кишки, а также в вестибулярных рецепторах перепончатого лабиринта внутреннего уха. Далее информация поступает в мост и продолговатый мозг по волокнам блуждающего и преддверно-улиткового нерва к их чувствительным ядрам. Дальнейшее переключение сигнала происходит на многочисленные эфферентные нейроны, расположенные в ядрах лицевого, языкоглоточного, блуждающего нервов, а также грудном отделе спинного мозга.

Особое значение в осуществлении акта рвоты отводится ретикулярной формации, благодаря многочисленным функциональным связям которой, достигается максимальная согласованность в деятельности вышеуказанных нейронных структур.

**Центр кашля.** Кашель — это защитный дыхательный рефлекс, возникающий при раздражении слизистой оболочки гортани, трахеи и бронхов.

Афферентное звено рефлекторной дуги кашлевого рефлекса представлено рецепторными образованиями и восходящими нервными волокнами блуждающего нерва. По системе ассоциативных волокон импульсы передаются на ядра языкоглоточного, блуждающего, подъязычного, а так-

же шейных и грудных спинномозговых нервов. Далее эфферентные сигналы поступают преимущественно к группе дыхательных мышц и мышцам гортани. В результате кратковременного спазма голосовой щели, в легких создается необходимое давление воздуха, способное удалить раздражающий фактор при резком выдохе.

**Центр чихания.** Так же, как и кашель, чихание является сложным защитным рефлекторным актом, возникающим при раздражении нервных окончаний тройничного нерва, локализованных в слизистой оболочке полости носа. Аfferентные сигналы по системе восходящих волокон тройничного нерва поднимаются к его чувствительным ядрам (преимущественно спинномозговому и мостовому), где и заканчиваются. Переключение импульсов осуществляется на эффекторные нейроны языкоглоточного, блуждающего, подъязычного черепных нервов, а также на ядра диафрагмальных нервов и двигательные ядра передних столбов грудных сегментов спинного мозга, которые осуществляют иннервацию дыхательной мускулатуры. Вследствие кратковременного сокращения мышц мягкого неба закрываются отверстия хоан, что приводит к повышению давления в бронхиальном дереве. В дальнейшем, в результате резкого сокращения дыхательных мышц, прежде всего диафрагмы, мощная струя выдыхаемого воздуха с силой выходит через нос, удаляя раздражающий фактор.

**Центр мигания.** В образовании этого центра принимают участие ядра моста и продолговатого мозга. Мигание является защитным рефлексом, предохраняющим от высыхания и последующего воспаления роговицу и конъюнктивальную оболочку глаза. Испарение влаги с поверхности роговицы сопровождается довольно интенсивным раздражением аfferентных нервных окончаний тройничного нерва, что объективно проявляется ощущением сильной рези в глазах. Вследствие этого потоки аfferентных сигналов направляются по чувствительным волокнам тройничного нерва в мостовое, среднемозговое и спинномозговое ядра, нейроны которых связаны с двигательными ядрами лицевого и глазодвигательного нервов. В результате эfferентная импульсация по нисходящим волокнам этих нервов достигает круговой мышцы глаза и мышцы, поднимающей верхнее веко.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хомутов, А. Е.* Физиология центральной нервной системы: учеб. пособие / А. Е. Хомутов. — Ростов н/Д. : Феникс, 2006. — 384 с.
2. *Оленев, С. Н.* Конструкция мозга / С. Н. Оленев. — Л. : Медицина, 1987. — 208 с.
3. *Синельников, Р. Д.* Атлас анатомии человека: учеб. пособие. В 4 т. / Р. Д. Синельников, Я. Р. Синельникова. — 2-е изд., стереотипное. — М. : Медицина, 1996. — Т. 2. — 264 с.
4. *Привес, М. Б.* Анатомия человека / М. Б. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. — 12-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Издательский дом СПбМАПО, 2005. — 720 с.
5. *Фениш, Х.* Карманный атлас анатомии человека на основе Международной номенклатуры / Х. Фениш; при участии В. Даубера; пер. с англ. С. Л. Кабак, В. В. Руденок; пер. под ред. С. Д. Денисова. — Мн.: Выш. шк., 1997. — 464 с.
6. Анатомия человека: учеб. В 2 т. / Э. И. Борзяк [и др.]; под ред. М. Р. Сапина. — 4-е изд., стереотипное. — М. : Медицина, 1997. — Т.1. — 544 с.
7. Физиология человека: учеб. В 2 т. / В. М. Покровский [и др.]; под ред. В. М. Покровского. — Т.1. — 448 с.

Учебное издание

**Коваленко Владимир Владимирович  
Жданович Виталий Николаевич  
Стрижак Ирина Васильевна**

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ  
ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА**

Учебно-методическое пособие  
для студентов 2 курса лечебного факультета,  
обучающихся по специальности «Лечебное дело»

**Редактор *Т. Ф. Рулинская*  
Компьютерная верстка *Ж. И. Цырыкова***

Подписано в печать 24. 01. 2008  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная 65 г/м<sup>2</sup>. Гарнитура «Таймс»  
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 50 экз. Заказ № 38

Издатель и полиграфическое исполнение  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»  
246000, г. Гомель, ул. Ланге, 5  
ЛИ № 02330/0133072 от 30. 04. 2004