

Н. А. СМИТТЕН

## СИНАПСЫ В СПИННОМ МОЗГЕ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 26 II 1951)

Своеобразные аппараты — синапсы, обеспечивающие связи нейронов друг с другом, имеют огромное значение для понимания функции нервной системы в целом. Они в значительной мере определяют построение физиологических теорий передачи нервного возбуждения. Такие большие проблемы нейрофизиологии, как состояние возбуждения и торможения, односторонность проведения импульса, изменение ритма и др., связываются с теми участками нервной ткани, где происходит стык двух нейронов.

Насчитывающая десятки лет дискуссия по вопросу о строении нервной ткани и создавшаяся в результате ее две теории — нейронная и нейрофибриллярная — не потеряли своего значения и в настоящее время. Наоборот, критика нейрофибриллярной теории, сложившейся в зарубежных школах Гольджи, Штера, Фультона и др., тем более своевременна, что она явилась поводом для создания ложных физиологических концепций и в нашей литературе. Морфологически необоснованное утверждение непрерывности нейрофибрилл послужило к тому, что нервной сети — «нейропиллю» — приписывалось решающее значение в процессах возбуждения и торможения нервных центров (Бериташвили и др.).

Помимо недооценки ряда кардинальных фактов, добытых морфологией в пользу нейронной теории строения нервной ткани, аргументами антинейронистов всегда служила недоказанность синапсов у беспозвоночных животных и недостаточность сведений о синапсах в центральной нервной системе низкоорганизованных позвоночных. С этой точки зрения всякий новый факт о наличии синапсов среди низших форм животных является важным и интересным. Помимо этого, сравнительное изучение центральной нервной системы и ее внутренних связей представляет самостоятельный интерес с точки зрения эволюционной гистологии.

Начатое нами изучение спинного мозга в ряду позвоночных животных имеет целью проследить в филогенезе изменения отдельных элементов нервной системы, главным образом, интернейрональных связей и определить их эволюционное приспособительное значение.

В настоящей работе сообщаются данные о синаптических приборах в спинном мозге осетровых рыб. В литературе синапсы описаны в мозжечке и на маутнеровских клетках продолговатого мозга костистых рыб ((<sup>2-4</sup>) и др.). Спинной мозг рыб, в частности осетровых, с точки зрения межнейронных связей не изучался, и о наличии там синапсов нет никаких указаний.

Материал для работы брался в Астраханском заповеднике. Обработывался азотнокислым серебром, по модифицированному методу Кахалья.

Поперечный разрез спинного мозга осетровых рыб (*Acipenser güldenstädti* и *A. stellatus*) слегка овальной формы, снаружи покрыт довольно мощной капсулой из плотно прилегающих соединительнотканых волокон. Серое и белое вещество не резко отграничено друг от друга. Множество тяжей серого вещества проникает в белое и ветвится среди продольных мякотиных волокон, образуя густую сеть. Наиболее отчетливо выражены контуры только передних рогов, которые занимают сравнительно небольшую площадь на поперечном сечении спинного мозга (см. рис. 1).

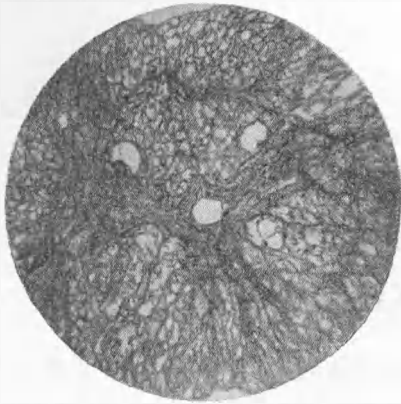


Рис. 1. Поперечный разрез спинного мозга осетра. Микрофото, об. 8, ок. 5. Репрод. 3:4

В передних рогах спинного мозга располагаются гигантские двигательные клетки — по одной, или по две на срезе. От их тел, дугообразно вытянутых вдоль наружного края переднего рога, отходят многочисленные отростки. Частично они направляются в серое вещество спинного мозга, в его центральную часть, но основная масса дендритов отходит от наружной поверхности клеток и лучеобразно разветвляется в белом веществе. Сопоставление продольных и поперечных срезов спинного мозга осетровых рыб показывает, что отростки этих клеток разветвляются в одной плоскости, перпендикулярной к продольной оси спинного мозга. По литературным данным, аналогичные структурные особенности моторных клеток встречаются у более низкоорганизованных — у миноги, акулы, ската ((<sup>1</sup>) и др.), а также с некоторыми видоизменениями у амфибий и рептилий (Капперс, Кахаль и собственные наблюдения).

Кроме этих клеток, в спинном мозге осетровых разбросаны мелкие и средней величины ганглиозные клетки неправильной угловатой формы. На срезе они встречаются повсюду: вблизи центрального канала, в передних рогах, во всех столбах белого вещества и под капсулой спинного мозга (см. рис. 2). Подобные клетки, описанные в литературе у круглоротых и костистых рыб, некоторыми авторами трактуются как чувствительные нейроны, выселение которых в спинномозговые узлы задержалось в процессе филогенеза. Учитывая распространение этих клеток по всему спинному мозгу (а не только в его дорзальных отделах и вблизи выхода задних корешков), такая трак-

Такая структура наблюдается на всем протяжении спинного мозга осетровых рыб. Некоторые вариации заключаются, например, в том, что в хвостовом отделе серая субстанция распределена более диффузно, на уровне плавников увеличиваются размеры передних рогов и пр.

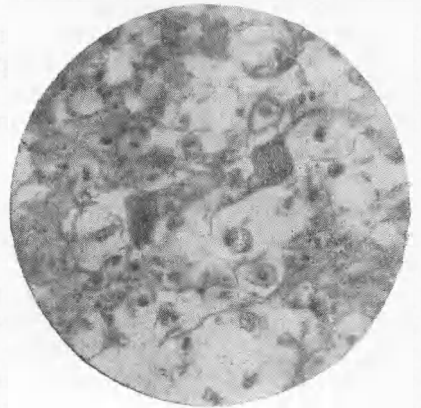


Рис. 2. Ассоциативные нервные клетки в белом веществе спинного мозга осетра. Микрофото. Иммерсия

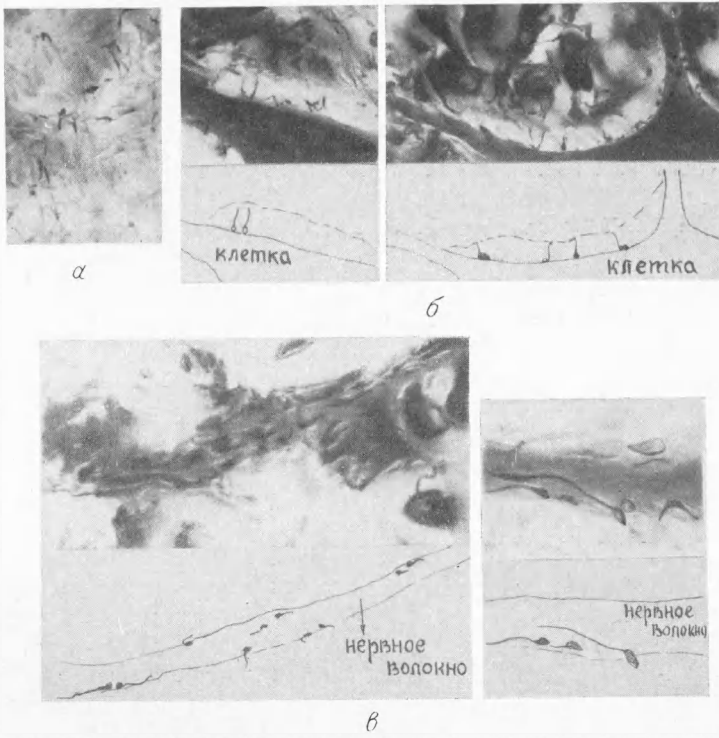


Рис. 3. Синапсы на нервных клетках и волокнах в спинном мозге осетра и севрюги. Микрофото. Иммерсия

товка вряд ли приемлема. Более вероятным нам кажется предположение, что это ассоциативные клетки, которые вместе с безмякотными волокнами серого вещества пронизывают весь спинной мозг. Иными словами, ассоциативные клетки, которые у высших позвоночных животных помещаются в центральном отделе спинного мозга, там, где сосредоточено все серое вещество, у рыб, в частности осетровых, они вместе с серым веществом распространены по всему спинному мозгу, вплоть до его поверхности.

Синапсы, представлявшие для нас основной интерес, обильно представлены в спинном мозге осетровых рыб — в равной степени у осетра и севрюги, и по всему длиннику спинного мозга этих рыб.

На гигантских моторных клетках переднего рога выявляется наибольшее количество синапсов. Круглые, овальные или угловатые бляшки и колечки располагаются на поверхности тела клетки и ее дендритах. К бляшкам подходят тонкие нервные нити, являющиеся концевыми разветвлениями безмякотных волокон.

Величина синаптических бляшек резко изменчива и, видимо, не зависит от величины тела самой клетки. На ассоциативных нейронах, тела которых значительно меньше двигательных мультиполяров, синапсы имеют столь же разнообразные размеры.

Форма синаптических приборов чрезвычайно разнообразна, подчас причудлива. Концевые бляшки могут быть вытянутыми, угловатыми, звездчатыми, палочковидными, вытянутыми наподобие падающей капли и пр. (см. рис. 3а). Довольно часто на клетках и отростках в спинном мозге осетровых встречаются бляшки по ходу концевых волоконцев, описанные в свое время у млекопитающих под названием проходящих пуговок («*boutons de passage*»). Реже встречаются концевые приборы, обвивающие отростки клеток спиралью. Эти структуры напоминают спиральные синапсы на вегетативных клетках интрамулярных ганглиев сердца (лягушки).

Никаких закономерностей в расположении синапсов на теле клетки нами не наблюдалось: они могут быть равномерно разбросаны по поверхности, но могут образовать скопления, особенно у «корня» дендритов\*.

На чувствительных волокнах синапсы располагаются в большом количестве вблизи тела клетки, но часто встречаются и на всем протяжении дендритов (см. рис. 3в). При таком обильном снабжении синапсами чувствительных волокон нет ничего удивительного, что они могут быть обнаружены и в белом веществе, куда распространяются дендриты двигательных клеток передних рогов.

Полученные данные о синаптических приборах в спинном мозге осетровых рыб интересны в двух отношениях. Во-первых, это является еще одним существенным доказательством в пользу нейронной теории строения нервной ткани. Во-вторых, наличие синапсов в спинном мозге осетровых рыб — филогенетически наиболее древнем классе позвоночных животных — характеризует их как структуры, исторически давно возникшие. Выработанное в филогенезе усложнение и уточнение двигательных функций, чрезвычайное их разнообразие и последовательность, согласованная деятельность отдельных мышц — требовали выработки таких механизмов в нервной системе, которые обеспечивали бы быстрый, точно локализованный рефлекс на любой внешний раздражитель. Только синаптическими образованиями с их функциональной способностью к трансформации, задержке и переключению

---

\* На сморщенных от фиксации клетках видно, как синапсы отходят от них, не обнаруживая никакой более интимной связи с телом клетки, кроме простого прилегания. На некоторых препаратах в таких случаях видно, как тонкие нити с пуговками на конце тянутся к клетке, как мостики через ров (см. рис. 3б).

Импульсов можно обеспечить такую строгую координацию движений путем включения или выключения отдельных нервных элементов.

Если у беспозвоночных, например какого-нибудь полипа, раздражение любой области вызывает сокращение всего тела и, следовательно, приводит в движение всю туловищную мускулатуру, то там существование диффузной нервной системы еще может быть физиологически оправдано. Но в литературе имеются указания на наличие синапсов и у беспозвоночных (у сцифомедузы — Боцлер).

Институт морфологии животных  
им. А. Н. Северцова  
Академии наук СССР

Поступило  
20 I 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Д. К. Третьяков, Мозг пескоройки, 1910. <sup>2</sup> G. Bartelmez and N. Hoerr, Journ. Comp. Neur., 57, No. 3 (1933). <sup>3</sup> D. Bodian, *ibid.*, 68, (1937). <sup>4</sup> D. Bodian, *ibid.*, 73, No. 2 (1940). <sup>5</sup> G. Phalen and H. Davenport, *ibid.*, 68, No. 4 (1937).