



# РЕТИНОИДЫ

---

## РЕТИНОИДЫ

Альманах

Выпуск 26

## *RETINOIDS*

Almanac

Volume 26

*А.И. Бабухин*

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОРГАНЫ У РЫБ

Перевод с немецкого **В.М. Поляченко**

Под редакцией **проф. В.И. Ноздрина**

**ЗАО "Ретиноиды"**  
**Москва - 2007**

Альманах “Ретиноиды”- это неперiodическое тематическое издание, содержащее публикации об экспериментальных и клинических исследованиях отечественных лекарственных препаратов дерматотропного действия, материалы, отражающие жизнь ЗАО “Ретиноиды”, а также сведения об истории медицины в сфере фармакологии, гистологии. Альманах адресован врачам-дерматологам, специалистам, занимающимся изучением фармакологических свойств витамина А и ретиноидов, аптечным работникам, а также студентам, аспирантам и преподавателям медицинских специальностей.

Альманах финансирует и издает ЗАО “Ретиноиды”. Точка зрения авторов публикаций не обязательно отражает точку зрения издателя. Все авторские права принадлежат ЗАО “Ретиноиды”, без согласования с руководством которого не могут быть ни переведены на другие языки, ни депонированы, ни размножены любым из способов ни весь альманах, ни его отдельные работы, ни их фрагменты.

© – “RETINOIDS” Ltd. All rights are reserved. Neither this book, nor any part of it may be transmitted, reproduced in any form or translated into other languages without official permission from the publisher. Authors’ conceptions does not necessary coincide with publisher’s point of view.

© – ЗАО “Ретиноиды”,  
фармацевтическое научно-производственное предприятие

**111123, Москва, ул. Плеханова, д. 2/46, стр. 5. ЗАО "Ретиноиды"**  
тел./факс: (495) 234-61-18; 234-61-19;  
научный отдел: (495) 788-50-14

E-mail: [retinoids@yandex.ru](mailto:retinoids@yandex.ru) , [orelscientist@fromru.com](mailto:orelscientist@fromru.com)  
Интернет: [www.retinoids.ru](http://www.retinoids.ru) , [www.orelscientist.fromru.com](http://www.orelscientist.fromru.com)

Von  
Dr. ALEXANDR BABUCHIN  
aus Moskau

**Entwicklung der elektrischen Organe und Bedeutung der motorischen  
Endplatten. Vorläufige Mitteilung**

Zbl. f. d. med. Wiss., 1870, VIII, S. 241-244, 257-259.

**Über die Bedeutung und Entwicklung der pseudoelektrischen Organe**

Zbl. f. d. med. Wiss., 1872, S. 545-548.

**Über den Bau der elektrischen Organ dei Zitterwels**

Zbl. f. d. med. Wiss., 1875, S. 129 – 133, 145 – 149, 161 – 165.

**Nachträgliche Bemerkungen und Berichtigungen zu meinen Mitteilungen  
über den Bau und die Entwicklung der elektrischen Organ**

Zbl. f. d. med. Wiss., 1875, S. 624.

**Übersicht der meinen Untersuchungen über Entwicklung,  
Bau und physiologischen Verhältnisse der elektrischen und  
pseudoelektrischen Organe**

Arch. f. Anat., Phys. u. Wiss. Med., 1876, s. 501–542.

**Beobachtungen und Versuche am Zitterwelse und Mormyrus des Niles**

Arch. f. Physiol. (Physiol. Abt. d. Arch. f. Anat., Phys. u. Wiss. Med.),  
1877, S. 250–273.

**Die Säulenzahl im elektrischen Organ von *Torpedo mormorata***

Zbl. f. d. med. Wiss., 1882, S. 866–869.

**Über die Präformation der elektrischen Elemente in Organ der Zitterfische  
und den von Weyl dawider gerichteten Angriff**

Arch. f. Anat., Phys. u. Wiss. Med., 1882, S. 414–419.

**А.И. Бабухин**

**Развитие электрических органов и значение  
двигательных концевых пластинок (предварительное сообщение)**

**О значении и формировании псевдоэлектрических органов**

**О строении электрических органов у электрического сома**

**Дополнительные замечания и поправки  
к моим сообщениям о строении и формировании электрических  
органов**

**Развитие, строение и сродство в физиологии электрических и  
псевдоэлектрических органов (Обзор новых исследований)**

**Наблюдения и опыты с электрическим сомом и  
Mormyrus, обитающими в Ниле**

**Число нервных пучков в электрическом органе у *Torpedo marmorata***

**О преформации электрических элементов в органе электрических рыб  
и критическом выступлении господина Weyl'я**

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Читая Бабухина (Т.А. Белоусова)</i> .....	6
<b>Развитие электрических органов и значение двигательных концевых пластинок (предварительное сообщение)</b> .....	10
<b>О значении и формировании псевдоэлектрических органов</b> .....	14
<b>О строении электрических органов у электрического сома</b> .....	17
<b>Дополнительные замечания и поправки к моим сообщениям о строении и формировании электрических органов</b> .....	27
<b>Развитие, строение и сродство в физиологии электрических и псевдоэлектрических органов (Обзор новых исследований)</b> .....	28
<b>Наблюдения и опыты с электрическим сомом и <i>Mormyrus</i>, обитающими в Ниле</b> .....	57
<b>Число нервных пучков в электрическом органе у <i>Torpedo marmorata</i></b> .....	80
<b>О преформации электрических элементов в органе электрических рыб и критическом выступлении господина Weyl'я</b> .....	83

## ЧИТАЯ БАБУХИНА

Один из корифеев отечественной гистологии, основатель московской школы гистологов Александр Иванович Бабухин относился к печатному слову осторожно, и число его прижизненных публикаций носит ограниченный характер. Описан случай, когда прямо в редакции научного журнала А.И. Бабухин порвал рукопись одной из своих работ, причиной чему послужили высказанные его собеседником сомнения. Обращает на себя внимание тот факт, что А.И. Бабухин ничего не писал в соавторстве, он всегда был единственным автором своих публикаций. Список известных работ ученого приведен в монографии А.И. Метелкина с соавт. Некоторые из них (в том числе и диссертацию на степень доктора медицинских наук) ещё можно найти в фондах Государственной центральной научной медицинской библиотеки и Российской государственной библиотеки. Но, к сожалению, с большинством публикаций автора познакомиться современному читателю практически невозможно. Значительная часть их написана на немецком языке и опубликована в немецких естественно-литературных журналах и в руководстве по гистологии, изданном С. Штрикером. Перевод этих сочинений представляет определенные трудности (другая терминология, наличие устаревших на сегодняшний день представлений о строении органов и тканей и пр.). Часть работ опубликована в Протоколах Физико-медицинского общества, Общества испытателей природы, Трудах съезда русских естествоиспытателей. Поиск их требует значительных усилий. Вот уже более 5-и лет силами В.И. Ноздрина и его сотрудников последовательно осуществляется возрождение статуса и доброго имени замечательного русского ученого. На родине А.И. Бабухина в Орле ему поставлен памятник, восстановлено захоронение и надгробие, создан Бабухинский кабинет, являющийся одновременно и мемориальным, и учебным, проводятся ежегодные Бабухинские чтения. В череде этих дел (не хочется называть их мероприятиями) особое место занимает желание дать вторую жизнь произведениям нашего великого предшественника, учителя и соотечественника, сделать их доступными для современных морфологов. В выпусках альманаха «Ретиноиды» неоднократно печатались тексты статей А.И. Бабухина. Отдельные номера альманаха целиком представляли собой выполненные по нашей просьбе Поляченко В.М., полные переводы с немецкого работ ученого, посвященных строению и развитию органов чувств и элементов нервной системы. Данный альманах, содержит переводы 7-и статей А.И. Бабухина об электрических органах рыб, опубликованных в период с 1870 по 1882 гг. Некоторыми впечатлениями от чтения этих научных трудов нам хотелось бы поделиться с читателем.

Электрические органы рыб интересовали А.И. Бабухина в течение почти всей его творческой жизни. Неоднократно он выезжал в экспедиции, в частности на берега Нила, где проводил свои скрупулезные исследования. Описания методов и результатов, а также способ обсуждения полученных данных и формулирования доказательных выводов представляют, на наш взгляд, большой интерес и чрезвычайно поучительны. Прежде всего необходимо отметить, что при чтении текстов вопрос о том, чьими руками сделано исследование, совершенно неуместен. Здесь все принадлежит автору. Он сам препарировал изучаемые объекты, сам рассматривал их, сам описывал, сам находил и применял методы для объективизации наблюдений. Описания сделаны тщательно и подробно, характер повествования – открытый. Ученый делится с читателем своими наблюдениями, останавливается на трудностях, которые встретились в процессе исследования, не скрывает того, как их можно преодолеть. Первая из переведенных работ датирована 1870-м годом, но известно, (да и сам ученый упоминает об этом в начале статьи), что за год до этого, 25 августа 1869 года Бабухин доложил первые результаты своих исследований на II-м съезде русских естествоиспытателей и, вероятно, напечатал их в Трудах съезда; однако, текстом данной публикации мы не располагаем. В трудах по данной теме автор подробно описывает стадии развития электрических органов из ткани жаберных дуг, последовательно излагает раннее формирование связанных с ними нервных стволиков, делает некоторые открытия (в частности, о существовании по ходу этих проводников ганглиев). Отмечает, при помощи какой линзы можно рассмотреть определенные образования, использует методы микропрепарирования, иногда чрезвычайно оригинальные. Чего стоит хотя бы метод учета числа электрических призм с помощью втыкания в них тончайших иголок, при котором призмы можно было учесть даже в том случае, когда они отваливались от электрического органа! Или метод расщипывания нервных пучков с целью определения их истинного числа! А.И. Бабухин обращает внимание читателя на сложность фиксации электрических органов, экспериментирует с реагентами (использует хлористый палладий, бихромат калия, пикриновую и осмиевую кислоты и др.) и способами микрофотографирования (применяет, в частности, поляризованный свет), старается предостеречь исследователей от возможных ошибок. В одной из первых работ по обсуждаемой теме А.И. Бабухин дает подробную характеристику будущих электрических пластин, из которых и состоят электрические органы, но называет их пока грушевидными телами. При этом он отмечает их многоядерность, наличие поперечных полос, но делает все с осторожностью, и ткань, образующую эти структуры, называет не сразу. Лишь позднее, на основании «тщательных и многотрудных» (по выражению самого автора) исследований, показав свои препараты другим ученым, А.И. Бабухин сделал принципиальный вывод, что «электрические органы – это мышцы, из которых удалена мышечная субстанция...», а в одной из работ он называет их «остатками мышечных волокон». Исследовав также строение псевдоэлек-

трических органов, ученый выражает надежду, что доказал идентичность электрических органов и мышц. Еще позже он напишет, что, изучив развитые и недоразвитые электрические органы у многих видов скатов, у всех видов *Torpedo* и *Mormyros*, может с уверенностью сказать, что «ни одна электрическая пластинка не развивается, не пройдя стадию мышечного волокна». Следить за ходом мысли исследователя, за тем, как взвешивает он все «за и против», после чего с уверенностью делает четкие выводы, – захватывающе интересно. Создается впечатление, что автор ведет доверительный разговор с читателем. Он сообщает, что после пребывания в Верхнем Египте более 8-и месяцев был прикован к больничной койке, подводит итоги предшествующих исследований, рассуждает, чем могут быть вызваны некоторые расхождения взглядов, его собственного и других исследователей, на изучаемый предмет. Ученый рассказывает, как в течение многих месяцев ездил от устья Нила до Верхнего Египта, в результате чего сумел организовать три станции для искусственного оплодотворения электрических сомов, как собрал более 100 крупных живых особей и потерпел неудачу, так как ни естественного, ни искусственного оплодотворения получить не удалось. Мы узнаем, что в дальнейшем одни ящики с рыбой у него были украдены, другие разбиты бурей, а сам автор «вследствие большого напряжения» заболел и был вынужден прекратить свои наблюдения. Только подлинный ученый, целью которого является не достижение личных благ, а поиск истины, способен при этом не отчаиваться, а попытаться найти причину неудачи и извлечь полезное из отрицательного опыта, как А.И. Бабухин и делает это в своей статье. Можно лишь представить, какое количество электрических рыб должен был исследовать А.И. Бабухин, чтобы иметь право написать, что только живые особи, способные вызвать электрошок, пригодны для изучения. Приготовленные из них препараты позволили «увидеть гистологические элементы во всей красе». А.И. Бабухин подробно и с большой осторожностью описывает нервные элементы, подходящие к электрическим пластинам и контактирующие с ними, использует для их визуализации осмиевую кислоту. При этом делает важные, подтвердившиеся в дальнейшем наблюдения, например, о том, что «концевые ответвления в миелиновой оболочке не проникают в вырост концевой части». Речь в данном случае, по-видимому, идет о нервно-мышечных синапсах (моторных бляшках). Если это так, то сегодня действительно известно, что нервное двигательное окончание, погружаясь в инвагинацию, образованную поверхностью мышечного волокна, теряет миелиновую оболочку. Выводы ученого с годами становятся все более определенными. Так, в работе, датированной 1875-м годом, он пишет, что электрические нервы представляют собой истонченные боковые нервы, а электрические концевые тела развиваются из красных мышечных волокон, лежащих по обе стороны боковой линии. К 1882 году представления А.И. Бабухина об организации электрических органов рыб, по-видимому, сформировались с достаточной определенностью, что позволило ему выступить в научной печати с сильной,



принципиальной и предметной критикой опубликованных в печати результатов исследований доктора Weil'a. Знакомясь с этой дискуссией, отчетливо понимаешь, что, если ученый предъявлял такие требования к другим исследователям, то каким же требовательным он был по отношению к самому себе! Корректность и одновременно жесткость замечаний, огромный собственный опыт автора в отношении всех обсуждаемых вопросов, производят сильное впечатление и могут служить примером для подражания. Имея математическую подготовку, А.И. Бабухин всегда стремился к точному знанию, к объективным критериям оценки наблюдаемых явлений. В связи с этим несовершенство методов подсчета, проведенного доктором Weil, послужившая причиной необъективных выводов, подверглась со стороны А.И. Бабухина особенно жесткой критике. Примечательно, что он при этом не просто критикует и обвиняет, он вскрывает причины недостатков и предлагает конкретные пути исправления допущенных ошибок. В этой же носящей дискуссионный характер, статье, возражая оппоненту, А.И. Бабухин постулирует еще один принципиально важный вывод, гласящий, что число электрических элементов устанавливается к концу эмбрионального периода и в постэмбриональном периоде онтогенеза остается постоянным.

Не все работы А.И. Бабухина, посвященные электрическим органам у рыб, нам удалось прочитать на сегодняшний день. Не все понятно в описаниях, сделанных автором, не вся специфическая терминология представляется ясной. Но многие, очень многие детали узнаваемы и подтверждены дальнейшими исследованиями. Понимаешь, что часть описанных клеток, относится к тем, которые сейчас мы называем глиальными. Соответствуют современным представлениям ряд деталей строения нервных волокон. Пророческими выглядят утверждения ученого, что электрический разряд генерируется мышечными элементами, число сократительных структур в которых снижено или исчезает, и что в основе генерирования электрического импульса лежит «молекулярный процесс». Все сформулировано точно, особенно для того уровня знаний, никаких спекуляций, ни одного неосторожного высказывания! И если порассуждать, то не напоминает ли эта особая поперечно-полосатая мышечная ткань электрических органов рыб, способная вырабатывать электрические разряды, элементы проводящей системы сердца и, прежде всего, пейсмейкер, которые также, будучи мышечными клетками, обладают одновременно и свойствами ткани нервной?

По прочтении этого цикла работ узнаешь о личности А.И. Бабухина больше, чем из биографий и воспоминаний. Перед глазами предстает образ увлеченного, свободного в высшем значении этого слова человека, блестящего экспериментатора, наблюдениям и выводам которого можно всецело доверять и у которого есть чему научиться.

*Т.А. Белоусова*

# РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ И ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ ПЛАСТИНОК

(Предварительное сообщение)

*Проф. Бабухин*

Чтобы определить значение электрических органов, я решился изучить историю их развития. И теперь кратко излагаю результаты, которые получил в ходе своих исследований в течение двух летних семестров 1868 и 1869г.г. –Эти результаты я доложил на втором съезде русских естествоиспытателей 25 августа 1869 г.

Электрические органы начинают развиваться в ткани так называемых жаберных дуг, как раз в том месте, где их нижние и верхние ветви соединяются, образуя обращенный кнаружи коленчатый выступ (рис. Ia)<sup>1</sup>.

Намного раньше, чем появляются первые зачатки электрических органов, в паренхиме всех жаберных дуг при тщательном препарировании уже можно обнаружить эмбриональные нервные стволики, которые даже у самых незрелых эмбрионов, какие только попадали мне в руки, состояли из почти неизмеримо тонких фибрилл (рис. Ib). Перед тем как выйти наружу, эти фибриллы доходят до жаберного коленчатого выступа и здесь пронизывают скопление мелкозернистой субстанции. По средней линии эти стволики проходят, не прерываясь, вплоть до будущего электрического листка, в который они по отдельности проникают. И только последние, четвертый и пятый стволики, проникают в него после слияния друг с другом, таким образом, с обоих боков все электрические нервы, в сущности, начинаются с четырех корешков на зародышевых электрических листках. К каждому корешку прилежит ганглий с двумя противоположно направленными пучками нервных фибрилл, которые взаимосвязаны как с зародышевыми электрическими листками, так и с электрическими корешками аналогично тому, как пучки сенсорных нервных фибрилл связаны с двигательными корешками. Эти ганглии, как я уже убедился на многих экземплярах, существуют и у зрелых *Torpedo*, что, если не ошибаюсь, до сих пор еще не было описано.

Зародышевые электрические листки начинают формироваться в определенном месте, со дна мозговой трубки, в виде сдвоенных, параллельных складок. Субстанция этих складок вначале состоит из множества продолговатых клеток, которые со временем становятся круглыми или многоугольными. Если проследить за судьбой электрических нервных корешков, то можно очень легко удостовериться, что тончайшие фибриллы, из которых состоят корешки, ведут свое происхождение от протоплазмы только что

---

<sup>1</sup> Здесь и в некоторых других случаях сами рисунки приведены не будут в связи с тем, что качество их, обусловленное длительным сроком, прошедшим после первого опубликования, не позволяет воспроизвести их в надлежащем виде [прим. ред.]

упомянутых клеток. Протоплазма, в виде узкой ленты, обволакивает чрезвычайно большое ядро. Сбоку она выпускает отросток, постепенно сужающийся и превращающийся в неизмеримо тонкую фибриллу, которую можно проследить вплоть до жаберного коленчатого выступа. Иногда в этом месте фибриллы разветвляются, но это разветвление доступно наблюдению только с линзой Hartnack №15. В каждом из пяти жаберных коленчатых выступов со временем формируются первые зачатки электрических органов, а именно появляется разновидность одинаково утолщенных колонок (рис. IIa), которые с определенной периодичностью уложены между окончаниями нервных фибрилл и направлены перпендикулярно относительно естественного положения рыбы. Жаберные коленчатые выступы набухают и в конце концов срастаются друг с другом, и поэтому щели, которые отделяют жаберные дуги друг от друга, превращаются в отверстия; при этом будущий электрический орган, как единое, целое сбоку окаймляет будущие жабры. Со временем рассматриваемые нами органы становятся шире, число колонок возрастает. Они так слабо держатся в паренхиме органа, что сами собой выпадают, если удалить эпидермис. Паренхима органа при этом по внешнему виду становится очень похожа на пчелиные соты. Она обычно состоит из круглых эмбриональных клеток, между которыми проходят нервные фибриллы.

Что касается строения колонок, то, как ни странно, они состоят не из уложенных поперек их оси структурных элементов рядами друг на друге и в таком виде представляющих будущие электрические пластиночки, а из длинных, утолщенных волокон, которые вплотную друг к другу проходят параллельно оси колонки. У этих волокон (рис. IIb) очень сложное строение: у них несколько больших, продолговатых ядер и, кроме того, можно различить проходящую по всей их длине утолщенную внутреннюю волоконную нить. Следовательно, рассматриваемые нами волокна, в сущности, представляют собою содержащие ядра протоплазматические трубки, внутри которых по всей их длине проходят волоконные нити. Эти волокна большей частью округляются на концах, а иногда оканчиваются вытянутыми хвостами. Со временем они утолщаются в одном ограниченном месте, либо на каком-нибудь конце, либо где-нибудь в середине. Само же утолщение включает в себе многочисленные круглые ядра с обволакивающей их протоплазмой, то есть клетки, у которых протоплазма особенно сильно развита и всегда с одной и той же стороны. В целом это утолщение представляет собою грушевидное тело (рис. III), как бы насаженное на оставшуюся часть волокна, как на какой-то отросток этого тела. Ядра приближаются вплотную к самому отростку, протоплазма же придает форму грушевидному телу; широкая его часть иногда бывает покрыта поперечными полосами. Более светлая, протоплазматическая часть всегда обращена к брюшку рыбы, тогда как заполненная ядрами, примыкающая к отростку часть всегда обращена кверху. Каждое волокно несет на себе только одно-единственное грушевидное тело, и так как из этих тел в большом количестве и на разных

уровнях развиваются колонки, то поэтому кажется, что они составлены не из волокон, а из грушевидных тел. Вот эти-то тела, в сущности, и есть будущие электрические пластиночки. Все дальнейшие фазы развития протекают как раз в их составных частях, тогда как волокна вместе с их внутренними волоконными нитями очень долго остаются неизменными, и только сужаются и удлиняются.

Дальнейшие фазы развития состоят в том, что насколько возрастает число ядер, а соответственно и клеток, в грушевидных телах, настолько же увеличивается и количество протоплазмы. Одновременно тела изменяют свою форму; они постепенно становятся более широкими и более плоскими, пока не превращаются, наконец, в круглые диски, один край которых все еще остается связанным с вышеупомянутыми волокнами (рис. IV). Со временем эти волокна совсем исчезают из поля зрения, тогда как дискообразные тела еще продолжают развиваться. Вначале у этих тел ничего нельзя различить, кроме двух слоев: верхнего, содержащего ядра, и нижнего, прозрачного, чисто протоплазматического. Со временем все более и более ядра отдаляются друг от друга и превращаются в ядра прозрачных пластинок (электрические пластинки M.Schultze). Между пластинками находятся многочисленные эмбриональные клетки, и их протоплазма позднее выпускает в разные стороны длинные отростки, которые затем срастаются с отростками близлежащих клеток (рис. V). Так возникают многочисленные древовидные образования, которые при дальнейшем развитии все более и более разветвляются. Уже очень скоро во всех этих ответвлениях, собственно говоря в протоплазматических отростках, дифференцируются волокнистые нити. И таким вот образом формируются окончания электрических нервов: внутренние волокнистые нити – это осевые цилиндры, остатки же протоплазмы превращаются в ложные первичные оболочки. Следовательно, осевые цилиндры и первичные оболочки образуются из одних и тех же клеток и на том же самом месте. Лишь позднее связываются они с элементами нервных стволов, которые, как я уже говорил, формируются гораздо раньше. В то время как таким вот образом часть клеток, составляющих дискообразные тела, постепенно переходит непосредственно в нервные волокна, протоплазма остальных клеток обволакивает уже сформировавшиеся нервные волокна, в результате чего то здесь, то там образуется вторичная оболочка (периневрий).

Аналогичным образом формируется и шванновская оболочка волокна в нервном стволе. Как я выше упоминал, эти стволы вначале обычно состоят из тонких, непокрытых фибрилл. Ствол весь покрыт эмбриональными, более или менее круглыми клетками, которые со временем все больше и больше проникают между фибриллами и разделяют их на пучки. А потом эти клетки проникают даже между отдельными фибриллами, их протоплазма постепенно обволакивает фибриллы и превращается в шванновскую оболочку. На живых эмбрионах можно даже наблюдать сам процесс обволакивания.

Опять же, из другой части клеток, составляющих дискообразные тела, особенно все самые верхние их слои, образуются соединительнотканые оболочки электрических пластинок. Со временем между осевым цилиндром и шванновской оболочкой накапливается жидкость, которая постепенно химически изменяется и превращается в миелиновую субстанцию.

Теперь спрашивается, какое морфологическое значение имеют электрические пластинки? Почему их развитию предшествует образование длинных, сложно устроенных волокон? Наконец, какое значение имеют сами эти волокна? Прежде чем ответить на эти вопросы, придется особо обратить внимание на то, что когда я получил в свое распоряжение живых эмбрионов, то обнаружил, что волокнистые нити довольно-таки регулярно по всей их длине покрыты темными и светлыми поперечными полосами (рис. IIb).

Можно было бы предположить, что эти волокна, в сущности, представляют собою окончания фибрилл нервного ствола, заключенные в шванновскую оболочку, которая аналогично телу Krause набухает, образуя грушевидное тело. Его пронизывают нервные фибриллы, которые потом покрываются шванновской оболочкой. В таком случае нам придется согласиться, что нервные фибриллы покрыты поперечными полосами. Однако после длительных, тщательных и многотрудных исследований я убедился, что внутренние волокнистые нити ни в какой связи с фибриллами нервного ствола не состоят, волокна же имеют точно такой же вид, что и эмбриональные мышечные цилиндры. Когда я у одного и того же эмбриона сравнивал эти волокна с типичными мышечными цилиндрами, то ни я, ни другие, кто видел мои препараты, не могли найти никакой разницы.

Одной из первых мыслей было, что сначала формируются мышечные волокна и на них развиваются двигательные концевые пластинки, которые в процессе дальнейшего развития трансформируются в электрические пластинки, при этом мышечные волокна отмирают. Чтобы убедиться в достоверности этой точки зрения, я еще исследовал развитие двигательных пластинок у *Torpedo* и нашел, что процесс развития в обоих случаях идентичный, т.е. *исследовать развитие двигательных пластинок – то же самое, что изучать развитие электрических пластинок.*<sup>1</sup> Разница только в том, что в первом случае превалирует развитие мышечной субстанции, во втором же – нервных элементов.

Чтобы еще более подтвердить эти выводы, я обратился к более тонкому исследованию строения двигательных концевых пластинок у различных зрелых особей (*Torpedo*, черепаха, ящерица, уж, морская свинка и т.д.)

---

<sup>1</sup> Во избежание недоразумений, должен заметить, что во всех случаях курсивом как *двигательные пластинки* и *электрические пластинки* я обозначаю только их нервные элементы, то есть нервное разветвление, но не электрические пластинки г-на M. Schultze, которые с нервами ни в какой органической связи не состоят и имеют другое происхождение.

и нашел, что у всех животных *двигательные пластинки воспроизводят строение электрических пластинок, и притом на разных стадиях их развития*. Везде в двигательных пластинках наблюдается разветвление нервов, и притом такое же, что и в эмбриональных электрических пластинках.

Лучше всего и наиболее ярко проявляется это у *Torpedo marmorata*, если мышцы этих рыб обрабатывать соответствующим способом, о котором я собираюсь позднее доложить.<sup>1</sup> Из иностранных ученых только профессору Brücke у меня была возможность в прошлом году показать свои препараты. Совершенно аналогичные результаты получил я при исследовании электрических органов с двигательными концевыми пластинками у *Torpedo* и псевдоэлектрических органов у скатов обыкновенных.

Из всех вышеупомянутых фактов и предположений, естественно, следует: *в сущности, электрические органы – это мышцы, из которых только удалена мышечная субстанция, и наоборот: мышцы – это электрические органы, в которых под все электрические пластинки подведены мышечные волокна. Электрические пластинки и двигательные концевые пластинки в морфологическом отношении идентичны*. Не так ли это и в физиологическом отношении?

Вскоре я сообщу более подробные данные, после того как следующей весной доведу до конца еще некоторые сравнительные гистологические и физиологические исследования.

\* \* \*

## **О ЗНАЧЕНИИ И ФОРМИРОВАНИИ ПСЕВДОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ**

*Проф. Бабухин*

Два года тому назад в этом журнале я высказался в том смысле, что электрические органы развиваются из мышечной ткани, и что разветвления нервных окончаний следует рассматривать как двигательные концевые пластинки, а так называемые электрические пластинки (или, как еще принято их называть, пластинки соединительной ткани) рассматривать как остатки мышечных волокон.

---

<sup>1</sup> Недавно мне в руки попала работа Krause, который тоже наблюдал разветвление нервов в двигательных пластинках. Однако я весьма удивлен его высказыванием, что в случае *Torpedo Galvani* «надежды установить тонкости строения двигательных концевых пластинок не оправдались». Как же тогда он мог наблюдать эти тонкости на других животных. Возможно, различия в наших результатах зависят от наших методов исследования.

Чтобы удостовериться в этом, я вскоре снова исследовал как строение, так и историю развития псевдоэлектрических органов; ввиду некоторых обстоятельств, препятствующих пока публикации на немецком языке подробного сообщения об этих моих исследованиях, я решился в настоящей статье предварительно сообщить только самое существенное из моих наблюдений.

Как известно, у *Mormyrus* псевдоэлектрические органы состоят из так называемых электрических пластинок, которые друг от друга отделены мембранами из соединительной ткани. К каждой пластинке из области позвоночного столба отходит нервный ствол, стыкующийся непосредственно с концом соответствующего волокна, которое служит его продолжением. Это утолщенное волокно, внутри зернистоволокнистое, содержащее ядра и покрытое оболочкой, разветвляется, как олени рога, на бесчисленные ответвления, которые концами спаяны с электрической пластинкой. Время от времени появляются сообщения, что при известных условиях на ней местами видны полосы, которые напоминают полосы мышечных волокон. Однако морфологическая и генетическая природа этих пластинок фактически осталась неясной. Выяснить ее было моей главной задачей.

Я нашел, что так называемые электрические пластинки состоят всего из трех очень трудно разделяемых слоев. Оба наружных слоя (задний и передний) имеют совершенно одинаковое строение; они состоят из зернистой субстанции с регулярными вкраплениями круглых ядер. Средний слой, очень тонкий, очень прозрачный, имеет сложное строение, которое проще всего представить себе как множество расположенных рядами, а также беспорядочно разбросанных, как щепки, мышечных полосок различной длины и ширины, которые все вместе и составляют пластинку. Мышечные полоски, конечно же, поперечнополосатые, а так как волокна располагаются весьма беспорядочно, то и вся пластинка кажется беспорядочно испещренной полосами. По отношению к хлористому палладию и пикриновой кислоте средняя пластинка ведет себя совсем как мышечная субстанция.

В поляризованном свете она имеет такой же вид, что и полосатые мышечные волокна. Если разрыхлять препараты, выдержанные в спирте или мюллеровой жидкости, то от средней пластинки, между обеими наружными, лишь местами остаются густо испещренные полосами лоскуты, что наблюдали уже Kupfer и Käferstein. Те специфические разветвляющиеся волокна, которые рассматриваются как состыковавшиеся осевые цилиндры, целиком состоят из двоякопреломляющей субстанции.

Когда этим летом я был в Египте, у меня не было возможности изучать историю развития псевдоэлектрических органов у *Mormyrus*. Однако пару раз мне попали в руки очень мелкие экземпляры *Mormyrus Oxyrhynchus*, и я никаких электрических пластинок найти у них не мог. Электрический орган у них был разделен поперечными перепонками из соединительной ткани на множество ячеек, и я находил в каждой из них вме-

сто ожидаемой электрической пластинки множество грушевидных, хвостатых тел. Эти тела, также как и их хвосты, были поперечнополосатые.

В некоторых местах грушевидные тела, по двое или по трое тесно сплотившись друг с другом, составляли своеобразную пластинку, на которой однако оставались полосы. Хвосты этих тел тоже соединялись своими свободными концами, так что у меня перед глазами была вполне готовая, но очень маленькая электрическая пластинка.

Не подлежит никакому сомнению, что до электрических пластинок на их месте какое-то время находятся мышечные волокна, которые претерпевают метаморфоз аналогично тому, как это происходит с эмбриональными мышцами у *Torpedo*. Главное отличие состоит лишь в том, что у одних (*Torpedo*) каждая электрическая пластинка образуется из одного единственного мышечного волокна, и притом поперечные полосы совершенно исчезают, а у других множество мышечных волокон соединяются в одну электрическую пластинку, и, хотя у волокон способность сокращаться утрачивается, поперечные полосы остаются. Возможно, сохраняются и хвосты, но исчезают их полосы. Многие детали будут обсуждаться в большой статье на эту тему.

Что касается псевдоэлектрических органов у скатов обыкновенных, то я не могу прибавить ничего нового к прекрасному, точно соответствующему натуре, описанию у *Max Schultze*. И в данном случае моей главной задачей было исследовать их генетическую и морфологическую природу. Основные элементы у них заключены внутри так называемых ячеек, т.е. состоят из нервных разветвлений и так называемых губчатых тел. Я не могу ни в каком отношении ни с чем иным сравнить их, как со срезом легкого лягушки. Ячейки, внутри заполненные перекрещивающимися друг с другом, содержащими ядра полосками, образуют своеобразное губчатое тело. Со стороны брюшка оно покрыто узорами извилистых линий. Как уже *Max Schultze* до известной степени совершенно справедливо высказался, этот узор зависит от расположенных друг над другом пластов в определенном, очень сложном порядке. При более глубоком исследовании губчатых тел я нашел, что по отношению к хлористому палладию и пикриновой кислоте они ведут себя точно так же, как и мышечная субстанция. В поляризованном свете субстанция с извилистыми полосами обнаруживает те же самые явления, какие *Grücke* наблюдал на мышечных волокнах.

При исследовании процесса развития электрических губчатых тел вместо них я обнаруживал укороченные и утолщенные мышечные волокна, расположенные в том же порядке, что и будущие губчатые тела. Со временем волокна претерпевают метаморфоз таким образом, что их передние концы набухают, число находящихся в них ядер возрастает, и таким образом цилиндрические мышечные волокна превращаются в грушевидные, хвостатые тела, сохраняющие, однако, полосы. Позднее хвосты атрофируются. Из части грушевидного тела, а именно из обычной преломляющей субстанции, или другими словами, из остатков протоплазмы, формируется



структура, состоящая из полосок, в то время как двоякопреломляющая субстанция (т.е. пластины Bowman'a) относительно промежуточной прослойки обычной преломляющей субстанции очень сложным образом смещается и впоследствии от нее остаются извилистые полосы на губчатом теле. Почти совершенно такую же картину можно получить, если, сдвинув в сторону покровное стекло, нарушить поперечный срез не вполне уплотненной в мюллеровой жидкости мышцы.

Тем самым, надеюсь, я доказал, что электрические органы не только аналогичны, но идентичны мышцам. Разветвления на концах нервных волокон имеют такое же значение, что и двигательные концевые пластинки. Губчатые тела и т.д. представляют собою претерпевшие метаморфоз, деградировавшие мышечные волокна, но никоим образом не расщепленные осевые цилиндры, как считают многие.

Некоторые новые данные, касающиеся электрических органов у *Malapterurus*, я надеюсь тоже вскоре сообщить.

\* \* \*

## О СТРОЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ У ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОМА

*Профессор Бабухин*

В моей статье о развитии псевдоэлектрических органов (Zbl. 1872, 545) я обещал сообщить новые данные об электрических органах у электрического сома. Но после длительного пребывания в Верхнем Египте оставался я в течение 8 месяцев прикованным к больничной койке и только теперь в состоянии представить пока что лишь в весьма кратком виде результаты моего исследования.

Основные результаты моей уже полтора года как прерванной работы следующие<sup>1</sup>:

1. Что касается более общих положений, то Max Schultze и Bilharz правы. Но что до более тонкой структуры, то иное они не заметили, другое же неверно истолковали. Оба исследователя представили описания электрических органов не в их естественном состоянии, а в очень уже изменившемся.

---

<sup>1</sup> Недавно в Иене я узнал, что Boll тоже снова исследовал электрические органы у *Malapterurus*. Мне было предложено (проф. Preyer'ом) прочитать его статьи, от чего я, однако, отказался, так как хотел изложить свои результаты и мысли совершенно независимо от постороннего влияния, а еще потому, что в случае если что-либо окажется противоречащим моим данным, то это невозможно будет обстоятельно обсудить в предварительном сообщении. Что же касается результатов того добросовестного исследователя, то я не хочу ограничиться парой слов. После того как прочитаю его работы, думаю посвятить ему отдельную статью.

2. Чтобы получить верное представление о более тонком строении этих органов, нельзя исследовать уже неживых, хотя и совсем еще свежих рыб (такие совершенно непригодны), также мало пользы исследовать еще способные вызвать электрошок, но уже ослабленные органы, так как даже у таких уже начинают изменяться некоторые гистологические образования. Обязательно нужно использовать такую живую рыбу, которая еще способна на очень сильный электрошок. Обычно из одной особи удается приготовить не более 2 или 3 препаратов. Зато такие препараты позволяют увидеть гистологические элементы в полной их красе. Однако наблюдать можно не более четверти часа, так как уже через десять минут естественная картина постепенно искажается. По крайней мере, летом так и происходит.

3. Не существует поперечных волокон, которые оплетают внутреннюю соединительнотканную оболочку волокна в нервном стволе и которые Max Schultze, по его мнению, открыл (его статья, табл. 1, рис. 7). Они являются артефактом, образующимся при подготовке препарата. Более подробно об этом будет сказано в моей обстоятельной статье.

4. На коротких нервных ответвлениях и особенно на концах волокон имеются многочисленные перетяжки Ranvier. Между каждыми двумя перетяжками лежит ядро с миелиновой субстанцией. Чем ближе к концам терминальных нервных ответвлений, тем плотнее друг к другу расположены перетяжки и тем круглее становятся ядра, так что эти ответвления имеют вид унизанных бисеринками нитей, в отдельных звеньях которых заключено по одному совершенно круглому ядру с тонким слоем легко различимой на свежих препаратах миелиновой субстанции, которая полумесяцем охватывает ядро.

5. Что касается формы и основных внешних пропорций тела электрического органа, то Max Schultze и Bilharz подробно его описали. Короче говоря, он представляет собою своеобразный складчатый диск, из середины которого отходит вырост, постепенно сужающийся к концу. Только конец этого выроста не всегда веретенообразный, он нередко утолщается, принимая шарообразную или булавовидную форму. Но с точки зрения гистологии оба исследователя заблуждаются.

То, что M. Schultze считает ядрами, погруженными в субстанцию электрических концевых пластинок, а Bilharz рассматривает как тельца, подобные клеткам, но лишенные отростков, и считает их ядрами нервных клеток, на самом деле ни то, ни другое. Это ядра, лежащие в середине особых звездчатых клеток. Они обволакиваются лишь очень тонким слоем клеточной субстанции, которая во все стороны выпускает много, в том числе и разветвленных отростков. Тщательно исследовав более 30 экземпляров рыб, я так и не обнаружил, чтобы отростки где-либо соединялись друг с другом.

Если я даже был уверен, что тут или там обнаружу анастомоз, то при более сильном увеличении всегда мог убедиться, что он только кажущийся, и что тонкие ответвления лишь лежат рядом друг с другом. Отростки очень короткие и скоро теряются, расщепившись на палочки, которые распреде-

ляются по всему диску и в конце концов превращаются в мелкие зернышки. После многих тщетных попыток мне удалось консервировать эти клетки, и притом только в смеси хлоридов золота и калия. Но электрические концевые тела при этом сильно сжимаются, так что выступающий из диска вырост десятикратно утончается, причем окружающая соединительная ткань даже окрашивается в фиолетовый цвет. Все остальные уплотняющие реагенты, может быть, за исключением бихромата калия, также вызывают сжатие, особенно выроста на диске. Действие спирта я не исследовал.

6. Описанные звездчатые клетки погружены в субстанцию электрических пластинок и даже включены в их выросты. Так как передняя поверхность электрических пластинок покрыта многочисленными выпуклыми бляшками (Vilharz принимал их за нервные клетки), то эти звездчатые клетки лежат и в середине всех бляшек, которые после утраты клетками своих отростков и в самом деле похожи на нервные клетки. Впрочем, звездчатые клетки обладают признаками эмбриональных клеток с отходящими от них отростками.

Только что описанные клетки, собственно говоря, заключены в очень мягкую, студенистую массу, содержащую мелкие зернышки. Чем дольше живет рыба, тем крупнее становятся эти зернышки. У очень старых экземпляров находят даже пузырьки, по 2 и по 3 слипшиеся друг с другом.

7. Согласно Schultze вырост электрического концевого тела является продолжением осевого цилиндра нервного ответвления или, по крайней мере, образуется из субстанции, исходящей от него (?!). Этот вырост пронизывает заднюю поверхность электрической пластинки и выходит с противоположной стороны на ее передней поверхности, но уже выполненный субстанцией этой пластинки. Эти последние представления очень уж странные. В действительности же пронизывание пластинки, которое обнаруживается у некоторых экземпляров *Mormyrus*, совершенно отсутствует у электрического сома.

8. Согласно моим исследованиям, электрическое концевое тело образует неделимое целое, которое во всех своих частях формируется по одной и той же гистологической схеме. Все тело целиком вместе с выростом обволакивается мембраной. У этой мембраны, которая выполняет все углубления и выпуклости тела и образует закрытый со всех сторон мешок, контур очень сложный, и его легче понять по прилагаемому схематическому рисунку, чем по самому подробному описанию. На рисунке представлен срез через все электрическое концевое тело. Самый лучший рисунок этого среза можно найти в монографии М. Schultze. Самое лучшее изображение передней поверхности концевого тела представил Hartmann.

9. Мембрана не во всех своих частях бесструктурна. Когда я в первый раз взглянул через микроскоп на электрическую пластинку, то сразу же заметил, что края складок словно заштрихованы. Штришки всегда перпендикулярны к краю складки. Такую картину можно наблюдать только в том случае, если мембрана покрыта прямостоящими палочками, другими сло-

вами, строением похожа на бархат, что я потом на самом деле и обнаружил. Ворсинки или палочки находятся на внутренней поверхности мембраны и прослеживаются до самого края заднего кругового углубления, в которое погружен вырост.

На передней части мембраны они более упругие и стоят плотнее друг к другу, на задней же части более вялые и отмирающие. Чем ближе мембрана к вершине выроста, тем тоньше она становится. Тоньше всего она на самой вершине выроста. Можно, например, приготовить прекрасные препараты из очень слабо окрашенных в осмиевой кислоте и затем в течение некоторого времени мацерированных в воде срезов электрического органа. При этом исчезают не только ворсинки, но и задняя часть мембраны вместе с выростом. Однако передняя часть мембраны консервируется очень хорошо, и края складок выглядят, как будто обросшие короткой щетиной. На мембране выроста я не заметил никаких ворсинок.

10. Рост электрического концевоего тела происходит изнутри самого тела, т.е. не прибавлением новых гистологических элементов, но аналогично наращиванию мускулов. Клетки размножаются делением, что еще можно наблюдать на экземплярах средней величины, причем разрастаются как мембрана, так и то тело, которое она обволакивает. Если отобрать концевые тела очень мелких экземпляров рыб, то нельзя различить никаких мембран. Можно предположить, что они включены в кутикулярные образования, в субстанции которых у мелких экземпляров рыб мне никогда не приходилось видеть ядра. На их поверхности очень часто наблюдаются как веретенообразные клетки, так и с отростками, но они относятся к обволакивающей соединительной ткани.

11. В естественном состоянии вырост концевоего тела лишь очень редко бывает расположен перпендикулярно к концевой пластинке. Он проникает между двумя задними пластинками и отклоняется в ту или другую сторону. Собственно говоря, электрические пластинки не круглые, как их описывают иные авторы, но у мелких и средних экземпляров рыб они многоугольные.

12. Что касается соединительной ткани, то она уже довольно верно описана другими исследователями. Я пока только прибавлю, что она очень устойчива и лучше противостоит всем реагентам, чем обычная волокнистая соединительная ткань, так что это даже больше затрудняет исследование электрических органов у электрического сома, чем у других электрических рыб. Но у самых мелких экземпляров электрического сома (около 2 дюймов в длину) соединительная ткань, напротив, очень рыхлая, и электрические концевые тела сами собой распадаются.

13. Самый важный и в то же время самый сложный вопрос – это связь между терминальными волокнами и электрическим концевым телом. Выше я уже упоминал, что не может быть и речи о том, чтобы решать этот вопрос на препаратах, каким-либо способом обработанных реагентами. Вполне отчетливо эту связь можно увидеть только на препаратах, полученных от со-

всем еще живых рыб без всяких добавок или, в крайнем случае, с добавлением цереброспинальной жидкости. Даже осмиевая кислота, которая обычно тончайшие нервные элементы в довольно естественном состоянии консервирует, все же формирует на вершине выроста углубление в форме полумесяца, в котором лежат концы терминальных волоконцев. Одновременно окрашивается и соединительная ткань, из-за чего исследование становится затруднительным.

На свежих препаратах я никогда еще не видел, чтобы, как утверждает M.Schultze, концевые ответвления в миелиновой оболочке проникали в вырост концевое тела. Да и плохо согласуется это утверждение с представлениями Schultze. о значении выроста электрического концевое тела. Эти ветви присоединяются только к веретенообразному или булавовидному концу выроста. Иногда лежит здесь в углублении конец ответвления; иногда же лежат эти ответвления не на самой вершине выроста, а прилежат сбоку к булавовидному утолщению; очень часто я замечал, что ответвление делает здесь разнообразные изгибы. Я также видел, хотя и редко, что нервные ответвления в этом месте расщепляются на 2 очень коротких отростка, и что каждый из них, уже без миелиновой оболочки, вдруг оканчивается лишь очень небольшим, округлой формы утолщением, как это наблюдается и у некоторых животных на двигательных концевых пластинках. Эта картина напоминает расщепление осевого цилиндра на тельца Racini, только в уменьшенном масштабе. Иногда покрытые миелиновой оболочкой ответвления собираются в одно-единственное очень короткое, бесцветное волокно округлой формы на конце. В большинстве случаев оказывается, что покрытая миелиновой оболочкой субстанция, как это описал M. Schultze, резко прерывается, так что больше ничего не видно. Быть может, это зависит от того, что препарат неудачно расположен перед нами. Это все, что микроскоп может четко показать. Если б кто-нибудь захотел проникнуть еще глубже, ему, возможно, пришлось бы искать то, чего в природе не существует, или запутаться в гипотезах. Этот вопрос может быть разрешен только исследованием самого процесса развития.

Итак, спрашивается, не проникают ли внутрь выроста бесцветные, утратившие миелиновую оболочку самые крайние кончики? На этот вопрос ответить еще труднее, чем на вопрос о том, где находятся двигательные пластинки, на или под сарколеммой? Предположение, что осевой цилиндр проникает в субстанцию выроста, пронизав его мембрану, очень привлекательно. Тогда можно было бы предположить, что шванновская оболочка переходит непосредственно в мембрану концевое тела. Но ввиду вышесказанного это невозможно. На прижизненных препаратах с этим вопросом все ясно, и потом структуры шванновской оболочки и мембраны концевое тела очень разные. В последней совершенно отсутствуют ядра, в первой же, как известно, их очень много. Следовательно, ядра шванновской оболочки должны были бы по неизвестным причинам при переходе в мембрану концевое тела вдруг совсем исчезнуть. Но не тот случай у *Mormyrus*, у кото-

рых оболочка так называемого бесцветного концевое волокна изобилует ядрами, в особенности там, где кончается миелиновая субстанция.

Если бы даже высказанное выше предположение оказалось верным, то еще неизвестно, что же происходит с проникшим внутрь выроста осевым цилиндром? Можно было бы предположить, что там он каким-либо образом связывается с отростками одной из мною открытых клеток, а через нее и с другими клетками. С этим тем более можно было бы согласиться, ибо в булавовидном ли, веретенообразном ли утолщении выроста, т.е. совсем близко к терминальному волокну найдется же какая-нибудь клетка, и притом не прилежащая вплотную к мембране выроста, а расположенная среди других подобных ей клеток внутри него и в электрических концевых пластинках. В этом случае пришлось бы рассматривать эти клетки, в сущности, как некий электрический концевой аппарат. Однако я уже упоминал, что отростки этих клеток ни в какой органической связи друг с другом не состоят. При этом я имею в виду только то, что отчетливо видел под микроскопом, и не могу утверждать, что у живой рыбы эти клетки не связаны друг с другом, ибо у таких неустойчивых образований, как отростки, температура 35-45° тепла, процедура выполнения среза, само размещение препарата на предметном стекле и необходимое для этого время достаточны, чтобы нарушить какую-нибудь связь.

Возможно даже, что осевой цилиндр в определенном месте пронизывает мембрану тела и, распавшись на тончайшие волоконца (фибриллы), теряется внутри выроста, что и наблюдается у *Mormyrus* на утолщенных, бесцветных так называемых нервных волокнах (если таковые, вообще, позволительно рассматривать как нервы), но при этом легко можно увидеть наитончайшие фибриллы. Если бы такие фибриллы существовали внутри выроста концевое тела, то обнаружить их там было бы еще легче, потому что субстанция выроста намного прозрачнее, чем, например, субстанция телец *Rasini* или бесцветные окончания нервных волокон у *Mormyrus*. Однако не дала результатов и многократная обработка концевое тела различными реагентами, которая у *Mormyrus* так прекрасно проявляет даже более тонкие нервные фибриллы в *Nervus olfactorius* или в концевых нервных ответвлениях.

В конце концов, ничего другого больше не остается, как согласиться, что осевой цилиндр переходит непосредственно в бесструктурную, студнеобразную массу с мелкозернистыми включениями, которая обволакивается мембраной и в которую погружены звездчатые клетки. Но тогда спрашивается, не разбухший ли это осевой цилиндр или образовавшаяся из него субстанция со звездчатыми клетками в ней? Это противоречит всем нашим представлениям об осевом цилиндре и его развитии. Такого глубокого распада осевого цилиндра периферических нервных волокон или чего-либо подобного я никогда не наблюдал за все восемь лет моих занятий микроскопическими исследованиями, которые охватывают все классы животного мира. Я всегда только видел, что осевой цилиндр переходит в более или ме-

нее короткие, четко выделяющиеся ответвления либо оканчивается одним-единственным волокном. Но если где-либо пишут, что осевой цилиндр оканчивается крапчатой или зернистой субстанцией, то это заблуждение. Такое мнение обусловлено тем, что исследователи не могли изучить более тонкие детали. Но уже не раз показано, что в этой крапчатой массе, иногда содержащей ядра, еще продолжают нервные волокна. Я находил эту массу большей частью на конце у недоразвитых периферических нервных волокон как раз, когда нервные стволы состояли из чрезвычайно тонких фибрилл. Такую же крапчатую субстанцию можно наблюдать и на конце осевого цилиндра в тельцах Раcинi. После моих многолетних и широких исследований эту иногда наделенную ядрами массу везде, где она проступает на концах нервов, например в двигательных концевых пластинках, следует рассматривать как побочный продукт развития нервных окончаний. Какую физиологическую роль играет эта остаточная субстанция, никто не может сказать, однако смею утверждать, что самые кончики нервов в двигательных концевых пластинках представляют собою лишь недоразвитые нервные волокна. Что, однако, не препятствует этим самым последним, так сказать, в эмбриональном состоянии находящимся ответвлениям выполнять свои функции, ибо основная составная часть всех нервов, осевой цилиндр, который формируется раньше всех, всегда тут же присутствует.

Ничего подобного мы не находим в электрическом концевом теле электрического сома. С генетической точки зрения, оно представляет собою вполне развитое образование независимого от нервных волокон происхождения. И если рассматривать электрическое концевое тело как нервное окончание, то придется согласиться, что оно составляет единственное в своем роде исключение не только среди нервных систем животных, микроскопически исследованных к настоящему времени, но и среди всех электрических и псевдоэлектрических органов. Признаки же эмбрионального состояния находим мы на концевых ответвлениях электрического нервного волокна, здесь нам и следует искать подлинную границу системы нервных волокон, и судя по всему, что показывает микроскоп, вот здесь-то и есть та граница.

Если еще иметь в виду, что в других электрических и псевдоэлектрических органах, кроме истинных нервных элементов, есть еще и чуждые, от мышц произошедшие образования (что я категорически утверждаю), с которыми нервные элементы решительно ни в какой органической связи не состоят, то по-моему, не исключено, что у электрического сома электрические концевые тела тоже чуждые и что нервные ответвления лишь прилежат к концу выроста. В этом случае у всех электрических и псевдоэлектрических органов было бы аналогичное строение по одной и той же схеме, и я позволю себе предложить простую, обобщенную и соответствующую природе терминологию, чтобы устранить царящую ныне путаницу.

В частности, следует сказать: электрический орган состоит из электрических элементов, а каждый электрический элемент из двух частей – од-

ной, относящейся к нервам, и другой, к ним (пока что) не относящейся. Как одна часть, так и другая внешне могут выглядеть по-разному. Относящаяся к нервам часть в меньшей степени подвержена изменениям, в общем-то, можно даже сказать лишь незначительно, разница же тут только кажущаяся. Не относящаяся к нервам часть показывает наибольшие различия, что уже означает, что её форма не представляет собою что-либо существенное.

Но почему у всех электрических и псевдоэлектрических органов одни и те же составные части? Если они совершенно индифферентны и служат только подложкой для нервов электрических элементов, то нам обязательно придется рассматривать нервный слой как источник электричества и с генетической точки зрения у *Torpedo*, скатов обыкновенных, *Gymnotus* признать его не чем иным, как весьма развитой двигательной концевой пластинкой, что я однажды уже говорил и еще раз подтверждаю. Разница только количественная. (Так называемые подложки я рассматриваю как нечто несущественное; есть же животные с мышцами и нервами, которые живут и без подложек.) В этом случае молекулярный процесс и в двигательных концевых пластинках, и в нервном слое электрического элемента должен быть аналогичной природы.

К сожалению, этот процесс почти что неизвестен; во всяком случае, либо он может действовать как решающий фактор, либо при этом может иметь место трансформация самих факторов. Вполне возможно, что ни двигательные концевые пластинки, ни нервный слой электрических элементов не генерируют электрическую энергию. Они могут только воздействовать на связанный с ними механизм таким образом, чтобы возбудить в них молекулярный процесс, который соответственно природе этого механизма возбуждает сократительные и секреторные функции и генерирует электричество. Тогда с этой точки зрения нам придется рассматривать свободный от нервов слой электрического элемента без или вместе с нервным слоем как место локализации электродвигательных сил.

Можно было бы обосновать это предположение, сравнивая различные электрические органы. Чем менее развит свободный от нервов слой электрического элемента, тем слабее *ceteris paribus* (при прочих равных) получаемый от рыбы электрошок. У *Torpedo*, которые вызывают самый слабый электрошок, масса свободного от нервов слоя гораздо меньше, чем у *Malapterurus* или *Gymnotus*. (Именно масса, а не поверхность, ибо в данном случае молекулярный процесс должен протекать во всей массе свободного от нервов слоя, как например, мышечное волокно сокращается в длину во всех своих частях.) От тех же *Malapterurus*, у которых нервный слой очень слабо развит, но свободный от нервов слой, соответственно, сильно увеличен при прочих равных условиях, мы получим очень сильный электрошок. И наоборот, чем меньше этот слой, как это имеет место у самых мелких рыб, тем слабее электрошок, хотя число электрических элементов остается то же самое и нервное волокно лишь очень незначительно прибавляет в толщине. Чем менее развита масса свободного от нервов слоя, тем мощнее



нервный слой (Torpedo) с тем, может быть, чтобы сильнее воздействовать на свободный от нервов слой и возбудить в нем усиленный молекулярный процесс.

Если оба слоя сильно развиты, то от рыбы можно получить сильнейший электрошок (Gymnotus). По-видимому, везде, где свободный от нервов слой, вне всякого сомнения, состоит из мышц, мышечные волокна должны глубже дегенерировать, т.е. утрачивать не только способность сокращаться, но и полосатость, так чтобы электрические органы были готовы поразить электрошоком (Torpedo, Gymnotus). Я не могу привести этому никаких эмпирических доказательств, ибо в Египте я не имел в своем распоряжении никаких физиологических приборов. Но я упомяну один достойный внимания случай. Как-то раз мне принесли в воде живой и в хорошем состоянии зрелый экземпляр *Mormyrus oxyrinchus*. Мой слуга, который о псевдоэлектрических органах не имел никакого понятия, хотел показать мне рыбу и крепко ухватил ее за конец хвоста; но не прошло и секунды, как он громко вскрикнул и далеко от себя отбросил рыбу. Когда я спросил его о причине такого поведения, он ответил, что рыба сделала ему так больно, как Raad (электрический сом). Этот случай очень развеселил рыбаков, и они сказали, что эта рыба Ahui (брат) электрического сома. Я добавлю к этому, что арабские рыбаки считают псевдоэлектрические органы всего лишь хрящами. Я не мог от той рыбы во второй раз добиться электрошока потому, может быть, что при падении она получила слишком сильные повреждения. Когда я потом исследовал ее псевдоэлектрические органы, то не мог в пластинках обнаружить полосатую мышечную субстанцию, которую у более молодых особей рыб обычно очень легко различить.

Невозможно в предварительном сообщении развить высказанное выше предположение. Замечу только, что согласно ему нервный слой электрического элемента должен действовать таким же образом, как и двигательные концевые пластинки, будь то с электричеством или без. Еще заметим, что в поддержку или с возражениями против моих предположений о значении свободного от нервов слоя электрического элемента почти что совсем не было таких фундаментальных исследований электрических органов, как те, что поставил du Bois-Reymond с мышцами и нервами.<sup>1</sup>

Но для решения таких вопросов морфология и физиология должны идти рука об руку. Опыты Marey (они могут быть технически совершенно правильно выполнены) по многим причинам не могут быть полезны. Будущему исследователю никогда нельзя забывать, что в данном случае не с мышцами лягушки ему придется иметь дело, а с органом, очень быстро утомляющимся и, что касается его гистологических элементов, очень неустойчивым.

Что касается развития электрических органов у электрического сома, то лишь проследив его от начала до конца, можно получить правильное

---

<sup>1</sup> Прошу обратить внимание, что физиологическая и гистологическая литература последних двух лет была мне совершенно недоступна.

представление о морфологическом значении электрического концевой тела; но такой возможности для наблюдений у меня не было. Все мои изощренные старания раздобыть себе эмбрионы электрического сома были безрезультатны. Я сделал все возможное, чтобы их заполучить. Я ездил в течение многих месяцев повсюду от устья Нила и до Верхнего Египта. Я устроил 3 станции в виде сборных пунктов для живых электрических сомов, где крупные экземпляры держал в садках, бассейнах с проточной водой и ящиках, очень глубоко погруженных в реку, чтобы не пропустить период икрометания. И таким вот образом собрал я более 100 крупных, живых экземпляров. Из них некоторых – парами, самцов и самок, поместил в отдельные бассейны. Я хотел испытать способ искусственного оплодотворения. Я даже ловил рыбу частым неводом. Все напрасно. Естественного оплодотворения не произошло, искусственное же я не смог осуществить, ибо среди полутора ста как живых, так уже и неживых взрослых особей электрического сома нашел я не более 6 самцов, у которых, однако, были совсем тощие и прозрачные семенники и очень мало зрелых семенных нитей, хотя у самок в то же время, как это ни странно, икринки были вполне развиты.

Главная причина моей неудачи в том, что у электрического сома способ и время оплодотворения совершенно неизвестны. Сведения Bilharz'a недостоверны. Арабские рыбаки от устья Нила и до самых порогов в один голос, настойчиво уверяют, что электрический сом производит на свет живых рыб; но тут же прибавляют, что многие из них собственными глазами видели, как эта рыба через рот мечет своих детенышей, так что их свидетельства следует считать вымыслом. С июля по декабрь ничего нельзя увидеть в мутной нильской воде. Но не так уж невозможно, что оплодотворение у электрического сома совершается путем копуляции, однако я не нашел ни единой оплодотворенной икринки в яичнике. Неводом я всегда вылавливал множество мелких рыб (до 1 см длиной). Среди них я находил разные виды, но только не электрических сомов и не *Mormyrus*. Всего пару раз принесли мне рыбаки электрических сомов длиной 4–5 см. У них была очень слабо развита соединительная ткань, а концевое тело имело вид булавы с плоским дном. Электрический орган, однако, был вполне развит. Мальки тоже были вполне живые и довольно чувствительно пощипывали в доказательство того, что, как я уже выше указывал, сила электрошока, хотя еще и от числа элементов зависит, но в этом случае целиком и полностью – от величины электрического элемента, ибо у электрического сома, как и у электрического ската, раз уж электрические элементы сформировались, то никаких новых больше не развивается, так что и у самых крупных экземпляров, и у самых мелких (мальков) число элементов одно и то же.

Наконец, так как мои большие ящики с рыбой в Нижнем Египте ночью были украдены, а потом и другие в Верхнем Египте разбиты бурей, я же, кроме того, из-за болезни вследствие большого напряжения вынужден был прекратить свои наблюдения, на том так неудачно и прервался мой поход за эмбрионами электрического сома. Но я не остался без полезного

опыта и надеюсь в будущем успешно завершить охоту за эмбрионами от *Malapterurus*. И у меня хватает смелости предположить пока, что и у электрического сома электрические органы развиваются таким же образом, как электрические и псевдоэлектрические органы других рыб. В частности, вопреки всему, что *Stannius* уже сказал о происхождении и функции *Nervus lateralis*, осмелюсь предположить, что *Nervi electrici* у *Malapterurus* представляют собою истонченные до одного-единственного волокна *Nervi laterales*, а электрические концевые тела развиваются из красных мышечных волокон, которые и у других рыб, в том числе у сомов, лежат по обе стороны боковой линии.

Подпись к рисунку: а. Конец терминального волокна d. б. Звездчатые клетки. с. Палочки. Миелиновая субстанция обозначена черным цветом. Примечание: Палочки на рисунке должны быть перпендикулярными к краям складок, а не наклонными.

\* \* \*

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И ПОПРАВКИ К МОИМ СООБЩЕНИЯМ О СТРОЕНИИ И ФОРМИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ

*Проф. Бабухин*

В мои последние и более ранние статьи о строении электрических органов у электрического сома и о формировании и строении электрических органов вкрались несколько искажающих смысл ошибок. Я все надеялся исправить эти ошибки в своей монографии «*Über elektrische Organe*» (Об электрических органах) и лучше представить результаты моих исследований, чем это возможно в кратком сообщении. Но так как выход этой монографии из печати задерживается и никоим образом не может состояться до конца будущего года, то я позволил себе уже сейчас обратить внимание специалистов на эти ошибки:

Zbl. 1870.

1) На С. 244 (строка 14 сверху) вместо слов *mit der Zeit aber schieben sich die Kerne* следует все-таки написать: *Mit der Zeit schieben sich die Kerne mehr und mehr auseinander und werden zu Kernen der durchsichtigen Platten (M. Schultze'sche elektrische Platten). Zwischen den Platten befinden sich zahlreiche embryonale Zellen und das Protoplasma derselben schickt später* и т.д.

2) С. 258 и 259. Во избежание недоразумений, должен заметить, что во всех случаях курсивом как *двигательные пластинки* и *электрические пластинки* я обозначаю только их нервные элементы, то есть нервное разветвление, но не электрические пластинки, как у *M. Schultze*, которые с нервами ни в какой органичной связи не состоят и имеют другое происхождение.

Zbl. 1875.

1) На ксилографическом клише гравер вместо вертикальных палочек вырезал косые штрихи.

2) На С. 130 (строка 35) в скобках стоит имя Max Schultze. Это совершенно не нужно, ибо M. Schultze не имел никакого понятия о том, что я наблюдал, и никогда этого не описывал и не демонстрировал. Но для меня эти наблюдения очень важны, ибо они лежат в основе моих представлений о значении электрических органов, совершенно противоположных представлениям M.Schultze.

3) На С. 132 (строка 1 снизу) вместо hintere Abtheilung должно стоять vordere, а в строке 2 вместо vordere – hintere.

4) На С. 148 (строка 4 снизу) слова muss diese Masse überall заменить на muss diese manchmal mit Kernen versehene Masse überall и т.д. и там же (строка 2 снизу) слова so wie auch der Muskelkörperchen вычеркнуть совсем.

5) На С. 547 (строка 18) должно быть: Die Hauptelemente bestehen hier aus dem Inhalt der sogenannten Kästchen; это значит: aus Nervenverästelung und aus sogenannten Schwammkörpern. Во всех других случаях Kästchen нужно заменять на Schwammkörper.

\* \* \*

## **РАЗВИТИЕ, СТРОЕНИЕ И СРОДСТВО В ФИЗИОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ПСЕВДОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ** (Обзор новых исследований)

*А. Бабухин*

С приложением таблиц XI и XII

В 1869 г. я обнаружил и в 1870 г. опубликовал тот факт, что так называемые электрические пластинки Max'a Schultze у Torpedo отнюдь не нервной природы, а образуются из мышечных волокон и что разветвления нервных волокон (т.е. нервная сеть) есть не что иное, как вполне развитые двигательные концевые пластинки. Вследствие такой гомологии назвал я тогда эту нервную сеть «электрической пластинкой».

В 1872 г. в «Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften» я снова опубликовал предварительное сообщение о том, что у Mormyrus и скатов обыкновенных псевдоэлектрические органы при совершенно очевидном их сродстве все-таки развиваются таким же образом, что и у Torpedo. Несмотря на эти сообщения Дарвин, начиная с 1859 г. и по настоящий момент, пишет, что происхождение электрических органов остается загадкой. Неоднократно заявляет он: «Электрические органы рыб представляют собою (согласно его теории) особо трудный случай; ибо невозможно представить себе, через какие стадии, может быть, прошло формирование этих странных

органов».<sup>1</sup> После того как он упомянул о некоем, по мнению авторитетных и выдающихся специалистов, недостоверном наблюдении, из которого следует, что мышечное сокращение обязательно сопровождается электрическим явлением, сопоставимым с разрядом электрического органа, Дарвин продолжает: «Однако на первый взгляд эти органы кажутся еще одним и гораздо более серьезным камнем преткновения; ибо они встречаются у рыб примерно дюжины видов, некоторые из которых состоят в весьма отдаленном родстве друг с другом. Если один и тот же орган встречается у разных видов одного и того же класса, и, в частности, в формах, очень различающихся между собой, то мы обычно можем объяснить его присутствие наследственностью от одного общего предка, а его отсутствие у других видов – утратой за невостробованностью или естественным отбором. Если бы электрический орган был унаследован от древнего, уже обладавшего им предшественника, то мы вправе были бы ожидать, что все электрические рыбы все еще оставались в более близком родстве друг с другом; но это во все не тот случай. Да и палеонтология отнюдь не дает никакого повода думать, что прежде у большинства рыб были электрические органы, которые их видоизмененные потомки уже утратили. При ближайшем рассмотрении, однако, мы обнаружим, что у разных электрических рыб их электрические органы расположены в разных частях тела, и что друг от друга они отличаются как строением, так и расположением различных пластинок; согласно же Раcіnі, еще и процессом или средствами, которыми возбуждается электричество, в конце концов, даже тем, что соответствующий нервный импульс (и это, быть может, самое существенное отличие из всех) передается нервами совсем разного происхождения. Поэтому придется согласиться, что у разных электрических рыб эти их специфические органы не могут быть гомологичными, у них только аналогичные функции. Следовательно, у нас тоже нет никаких оснований соглашаться с тем, что они унаследованы от одного общего родоначального вида; ибо в таком случае они во всех отношениях были бы одинаковыми.

Труднее было объяснить, как этот, по всей видимости, один и тот же орган был обнаружен у разных видов, состоящих в отдаленном родстве друг с другом, нам же остается немного, но все-таки существенное – понять, через какие промежуточные стадии постепенно развивались эти органы у каждого из разных видов рыб». Gegenbauer в своих «Основах сравнительной анатомии» (1874, с. 520) тоже высказывается об электрических органах вполне категорично: «Неизвестно, состоят ли они в генетической связи с мышцами или нет». Однако он относит их к мышцам, «ибо их нервы даже в том, как они оканчиваются, обнаруживают сходство с окончаниями двигательных нервов в мышечных волокнах».

---

<sup>1</sup> Origin of Species. “Üeber die Entstehung der Arten.” (О происхождении видов.) Перевод Bronn’a. Исправлено Carus’ом по шестому английскому изданию, 1876. Глава 6. – Особо трудные случаи согласно дарвиновской теории. – (Стр. 215.)

Напротив, позволю себе заметить, что довольно рискованно классифицировать органы по одному-единственному признаку. Поэтому следовало бы принять за правило – считать органы, а также части тел аналогичными, гомологичными и т.д., если у них нервные окончания обнаруживают соответствующее сходство. Однако недавно обнаружено, что даже в сухожилиях существуют концевые пластинки, которые выглядят почти также, как большие двигательные пластинки. Хотя в прошлом году один исследователь договорился до того, что мышечные волокна есть не что иное, как клетки соединительной ткани. Но такое стремление к обобщению в конце концов ничего не оставляет от науки и по своей природе скорее пристрастно, чем научно. Я мог бы ещё спросить, какое у *Malopterurus* сходство электрических органов с мышцами. В этом случае можно было бы сказать, что электрические органы у *Malopterurus* потому приходится относить к мышцам, что они не соответствуют ни одному органу во всем животном мире.

Правда, W. Krause несколько лет тому назад уже высказался в том смысле, что двигательные пластинки действуют, как электрические. Но это мнение не было результатом обстоятельных научных исследований, а напротив, опиралось на два совершенно ложных основания. Во-первых, W. Krause позволил себе увлечься открытием проф. Meissner'a, отмечавшего позитивные флуктуации электрического тока в мышцах в какой-то определенный момент при их сокращении. Но проф. du Bois-Reymond показал, что хотя в основе этого открытия Meissner'a лежит реальный факт, однако оно опирается на неверное толкование явлений.<sup>1</sup> Во-вторых, у W. Krause сложилось ложное представление о двигательных пластинках; он полагал, что это полые образования, внутрь которых проникают двигательные волокна. Вследствие этого они показались ему очень похожими на электрические концевые тела (т.е. пластинки) у *Malopterurus*, о которых он, как вообще ученые тогда, не имел правильного представления. Так что получилось, что он хотел неизвестное объяснить сравнением с другим неизвестным. Впрочем, W. Krause понял строение двигательных пластинок (за исключением некоторых второстепенных деталей) раньше и вернее многих других.

По моему мнению, история развития прежде всего призвана дать научное толкование тому положению, которое занимают электрические аппараты среди других органов, и объяснить то, что осталось непонятным даже столь проницательному Darwin'у. Это, может быть, даже единственный путь – признать давние, фантастические представления об аналогии электрических органов и мышц, хотя представления эти, в сущности, основаны только на одинаковой зависимости мышц и электрических органов от нервов, но все-таки признать и тем самым возвысить это предположение до реального факта. И все же мои труды, посвященные развитию электрических органов, как можно увидеть из вышесказанного, остались почти неизвестными выдающимся биологам современности.

---

<sup>1</sup> Archiv, 1873. С. 564 и т.д.

Проф. du Bois-Reymond перепутал результаты моих кропотливых, тщательных исследований с необоснованными предположениями г-на W. Krause и считает, что я уж слишком далеко зашел, раз стал рассматривать электрические органы как мышцы, видоизмененные метаморфозом или же утратившие способную сокращаться субстанцию<sup>1</sup>. В своем «Руководстве по анатомии человека» (1876 г.) W. Krause лишь кратко упоминает о моих исследованиях такими словами: «Даже из истории развития Бабухин делает вывод о гомологии электрических и двигательных концевых пластинок» и т.д., но прибавляет: «если это соответствует истине». (!)

Между тем, что касается развития электрических и псевдоэлектрических органов, то уже опубликованы результаты новых исследований проф. de Sanctis`a<sup>2</sup>.

Результаты проф. de Sanctis`a очень отличаются от моих; но так как его работа опубликована намного позднее моих сообщений, то может статься, что неспециалисты сочтут ее более верной, тем более что она уже удостоена премии Неаполитанской Академии. И это вынуждает меня безотлагательно сравнить результаты свои и проф. de Sanctis`a и показать, что он многие явления в процессе развития понял неверно или вовсе не понял, можно даже сказать, что его работа, кроме некоторых фактов, относящихся к развитию внешней формы тела, с моими результатами решительно ничего общего не имеет. Я не намерен сейчас рассматривать его работу, что называется, от начала и до конца. Я только хочу обратить внимание читателей на самое важное в ней, а именно на то, что может помочь составить правильное представление о развитии электрических органов или, так сказать, раскрыть идею и план Природы для их формирования.

I. Проф. de Sanctis различает пять стадий развития Torpedo:

- 1) *Stadio squaliforme* (стадия акулы),
- 2) *Stadio raiforme* (стадия Raja),
- 3) *Stadio torpediforme* (стадия Torpedo),

---

<sup>1</sup> Впрочем, в этой путанице есть и моя собственная вина. Мне пришлось просить сделать копии с моих сообщений от 1869 и 1872 г.г., но, к сожалению, не удалось просмотреть их перед печатанием, так что в текст местами вкрались искажающие смысл ошибки, которые я частично перечислил в “Centralblatt” (1875).

[Полагаю, я не виноват в той путанице, в какой упрекает меня г-н автор, и даже мнение, что г-н Бабухин заходит слишком далеко в своих выводах, я не высказал как приговор, но привел только факты: «Г-н Krause ... считает доказанным сходство концевых пластинок с электрическими, и для него не составляет никакого труда сводить различные формы концевых пластинок к одной и той же схеме. Г-н Бабухин на основании эмбриологических исследований с Torpedo заходит так далеко, что называет электрический орган мышцей, утратившей мышечную субстанцию». (Экспериментальная проверка гипотезы электрического разряда под воздействием нерва на мышцу. Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1874, стр. 523.) «Приписанное» г-ну Бабухину мнение дословно заимствовано из его статьи в Centralblatt, 1870, стр. 259. E. d. В.-R.]

<sup>2</sup> Эмбриогенез электрических органов у Torpedo и псевдоэлектрических органов у Raja (глубинных скатов). 1872.

4) *Stadio torpedinetta bianca* (стадия Torpedo белого),

5) *Stadio torpedinetta macchiata* (стадия Torpedo пятнистого)

и даже ставит эти разные внешние формы во временную связь с гистогенезом электрических органов.

II. Он утверждает, что на первой стадии, то есть когда эмбриональные жаберные дуги (их он называет *setti interbranchiali* - межжаберные мембраны, т.е. жаберные влагалища) пока еще состоят из индифферентных клеток и проходящими снаружи внутрь щелями отделены друг от друга, еще невозможно увидеть никаких признаков чего-либо похожего на зачатки электрических органов. Но он видел на этой уже стадии в жаберных дугах пучки нервных фибрилл, которые выходят из центральной нервной системы и стремятся далее наружу, где и оканчиваются

III. Второй стадией – стадией *Raja de Sanctis* называет стадию развития, когда исчезают щели между жаберными дугами, а сами они тем временем покрываются дермой, и только со стороны брюшка остаются пять пазух, из которых красными нитями свешиваются наружные или временные жабры, по *de Sanctis*'у, *filamenti branchiali decettori* (отмирающие жаберные нити). Вследствие чего вместо жаберных щелей и межжаберных мембран можно видеть только следующие друг за другом бороздки и складки или, как выражается *de Sanctis*, вся *Regio branchialis* кажется зубчатой. Эту стадию *de Sanctis* считает очень важной, потому что в это время впервые обнаруживаются электрические органы.

На поперечных срезах *Regio branchialis* эмбриона видны под микроскопом зачатки будущих *Colonne* или *cilindretti elettrici* (колонок или электрических цилиндров). Эти колонки присутствуют только в тех же местах, где и межжаберные мембраны, но там, где эмбриональная ткань снаружи обволакивает межжаберные пазухи, вовсе нет колонок, и по мнению *de Sanctis*'а, по той причине, что здесь недостаточно места для их образования. Клетки, из которых состоят колонки, ничем не отличаются от покрывающих колонки эмбриональных клеток, кроме того, что в колонках клетки плотнее прижаты друг к другу и образуют более компактную массу. Что же касается более тонкого строения цилиндров, то *de Sanctis* считает это неразрешимым вопросом, и только после длительной, кропотливой работы он заметил, что плотно прижатые друг к другу клетки выстраиваются в ряд в определенном направлении вдоль цилиндров; первый ряд сбоку примыкает ко второму в том же самом направлении и притом таким образом, что клетки первого ряда, как зубцы, входят между клетками второго и т.д., пока определенное число вертикальных рядов клеток не образует колонку или электрический цилиндр. Когда *de Sanctis* уплотнял эмбрионы в 3%-ном растворе хромовой кислоты и обрабатывал цилиндрики таких эмбрионов натровым щелоком, то видел под микроскопом, как под давлением на покровное стекло клетки удлинялись и сближались друг с другом. После снятия давления они снова отдалялись друг от друга. Из этого ни о чем не говорящего наблюдения сделал он вывод, что клетки как в вертикальном, так



и в горизонтальном направлении склеиваются аморфной связующей субстанцией.

Каждый из пяти электрических нервных стволиков, состоящих из тончайших фибрилл, оканчивается в субстанции межжаберных мембран, разветвляясь между электрическими цилиндриками. От более толстых ветвей отходят тонкие пучки нервных фибрилл, которые иногда веерообразно расходятся и проникают в цилиндрики.

IV. Что до дальнейшего развития электрических органов, в частности, на стадии *Torpedo*, то *de Sanctis* говорит о некоторых отмеченных им новых фактах, касающихся электрических цилиндриков. Он видит в этих цилиндриках клетки с ядрами, формой похожими на почки, которые содержат ярко блестящие зернышки и связаны с двумя или тремя нервными фибриллами. Из этих странных ядер делением возникают по два или по три новых ядра, которые, однако, круглой формы и сохраняют за собой только по одной-единственной нервной фибрилле. Эти наблюдения *de Sanctis* считает чрезвычайно важными; ибо он убежден, что только из этих делением вновь образовавшихся клеток формируются электрические пластинки (в понимании *Max'a Schultze*). Прочие клетки, у которых нет ни одного ядра в форме почки, служат материалом для образования сосудов, шванновских оболочек и вообще соединительной ткани. Между тем на этой стадии возрастает число цилиндриков, и электрический орган постепенно увеличивается.

V. Итак, *de Sanctis* нашел, из чего состоят *piastrini elettrici* (электрические пластинки). Однако спрашивается, как же они образуются. Он не находит в цилиндриках никаких движущих сил этого процесса и призывает на помощь далекий от места действия механизм. А именно те большие клетки, которые наш автор называет *cellule muciferi* (слизистыми клетками) и которые, кстати, обнаруживают сходство с жировыми клетками, постоянно блуждая в дерме, в подкожной ткани и между цилиндриками. Со временем эти их хаотические блуждания прекращаются, и они в конце концов проникают сбоку в цилиндрики, чтобы там принести пользу, даже пожертвовав собою.

Проникая сбоку в цилиндрики, слизистые клетки действуют на них, как клинья, и расщепляют их на состоящие из клеток диски. Те клетки, которые произошли от клеток с ядрами в форме почек, облепляют электрические пластинки. Прочие же служат материалом для образования сосудов, соединительной ткани и других побочных элементов. Между тем слизистые клетки все более и более набухают, становятся прозрачными, водянистыми. Их оболочка все более и более истончается. И таким образом электрические пластинки все более и более отдаляются друг от друга, и между ними возникают заполненные слизью промежутки. В эти промежутки проникают голые, иногда с включениями ядер нервные волокна, чтобы там, на обращенной к брюшку стороне электрических пластинок все более и более разветвляться и своими голыми концами сплестать уже знакомые мелкоячеистые сети. Не следует, однако, забывать, что кроме только что описанных нервных

волокон, есть еще и другие, которые прежде были связаны с ядрами своеобразной формы, как у почек. По всей видимости, из этих-то нервных волокон над обычной, мелкоячеистой сетью сплетается необычная, крупноячеистая сеть, в узловых точках которой лежат ядра электрических пластинок. Тем самым, в сущности, завершается формирование электрических органов. По-моему, эта история развития названных органов доказывает только то, что нельзя *заказывать* научное исследование под заранее определенную премию и к установленному сроку, и что академии с их заказными проблемами и премиями оказывают на нормальное развитие науки скорее вредное, чем полезное влияние.

Получила ли неаполитанская академия за свою премию что-нибудь научно достоверное? Этот вопрос разрешится сам собой, когда я более обстоятельно рассмотрю данные проф. de Sanctis'а и сравню с результатами своей собственной работы на ту же тему. Но вместе с тем я вовсе не намерен излагать прямо сейчас уже давно обещанную мною монографию об электрических органах; уже два с половиной года состояние моего здоровья мешает мне исполнить свое обещание. Пока же буду, как уже выше сказал, рассматривать только самые существенные явления в процессе развития, с тем чтобы читатели получили правильное представление об электрических органах и их составных частях. Я не буду строго следовать установленным проф. de Sanctis'ом стадиям развития, хотя он считает это очень важным. Эти стадии, действительно, важны, если изучать развитие наружных форм тела эмбриона, но не гистогенетические явления при формировании электрических пластинок и призм. Фактически у всех эмбрионов встречаются зачаточные электрические колонки на разных ступенях своего развития вплоть до того времени, когда электрические пластинки уже готовы к завершению своего формирования. Вследствие чего различные ступени развития электрических колонок вовсе не соответствуют тем так строго ограниченным, de Sanctis'ом установленным наружным формам эмбриона.

Если вообще при описании развития нужно устанавливать периоды, то я предпочитаю различать три периода в развитии электрических органов.

I. Самые первые зачатки электрических листков, электрических нервных стволов и первичных электрических колонок.

II. Первые признаки зачаточных пластинок при продолжающемся надстраивании электрических колонок их головными частями.

III. Завершение формирования электрических пластинок (по Мах'у Schultze) или метасаркобластического звена (по-моему) и появление псевдосети.

Что касается развития составных частей электрических органов вместе с листками, то в первом периоде совсем нетрудно различить три фазы: первая, когда жаберные дуги целиком состоят из эмбриональной индифферентной ткани и снаружи покрыты эпителием; вторая фаза, когда в жаберных дугах появляются первичные нервные стволы, и можно наблюдать

первые зачатки электрических листков; третья фаза, когда начинают появляться первичные электрические колонки.

В том сегменте мозговой трубки, где позднее зарождаются электрические листки, центральный канал становится шире, но остается закрытым со всех сторон; со стороны брюшка стенка толще, чем дорсальная стенка. Из стенки, что ближе к брюшку, по обе стороны от средней линии проступают складчатые выступы, обращенные к дорсальной стенке и состоящие из цилиндрических или веретенообразных клеток. Со временем рудиментарные электрические листки утрачивают этот складчатый вид. Клетки же делятся на более или менее круглые клетки, их протоплазма выпускает наружу отростки, которые в момент образования бывают конические, но вскоре вытягиваются в чрезвычайно тонкие фибриллы (будущие осевые цилиндры). Эти фибриллы проходят через боковые стенки мозговой трубки и по выходе из центральной нервной субстанции объединяются в пять первичных электрических, в зависимости от ступени развития и способа обработки более или менее мелко гранулированных нервных стволиков, которые по одному проходят в эмбриональной ткани верхнего сегмента каждой из пяти жаберных дуг вплоть до коленчатого выступа; там они разветвляются большей частью надвое или натрое, и эти их ветви в конце концов теряются в мелкозернистой массе, где они беспорядочно блуждают и вместе с себе подобными образуют своеобразную луковицу, так что можно сказать, что названные ответвления оканчиваются мелкозернистыми булавовидными утолщениями. Стволики точно так же, как и отходящие от них ответвления с утолщениями, покрыты плотным слоем эмбриональных клеток. Иные из этих клеток веретенообразные, другие круглые или неправильной формы, и на них в прижизненном состоянии под микроскопом можно проследить ступени их развития. Но при самых скрупулезных исследованиях более 20 эмбрионов в этой фазе развития не обнаружил я ни одной фибриллы с ядрами. Хотя позднее вплотную к корешку нервных стволиков, как раз наоборот, можно наблюдать многочисленные веретенообразные, с круглыми ядрами клетки, которые к средней линии, далее к центральной нервной субстанции, и в стороны к периферии выпускают очень длинные и тонкие отростки, присоединяющиеся к электрическим стволикам. Но эти клетки, в сущности, относятся к ганглиям сенсорных нервных корешков. Ганглии сравнительно очень велики, но с нечеткими контурами. Некоторые из ганглиозных клеток внедряются даже между двигательными, т.е. электрическими, волокнами, что менее опытного исследователя может привести к мысли, что осевые цилиндры местами содержат ядра. Теперь, полагаю, уместно кратко заметить, что все говорит за то, что, по крайней мере, электрические, т.е. двигательные осевые цилиндры придется рассматривать как отростки нервных клеток.

Я был так счастлив получить в свое распоряжение эмбрионы в только что описанном периоде развития, т.е. между той фазой, когда не видно никаких нервных волокон, и той, когда уже появляются тончайшие фибриллы,

и получил эти эмбрионы в таком большом количестве, что при непрерывном, тщательном исследовании физически был не в состоянии использовать весь этот материал. Но тщетно искал бы я в первой фазе что-либо, что указывало бы на происхождение периферических нервных фибрилл из каких-то особых клеток. Я всегда видел, что двигательные нервные фибриллы вырастают из центральной нервной системы. Хотя я часто видел в верхнем сегменте жаберной дуги клетки с короткими отростками, но они были беспорядочно разбросаны в эмбриональной ткани, т.е. не были расположены правильными рядами, и ни один исследователь, будь он даже столь опытным и проницательным, не решился бы утверждать, что эти клетки служат материалом для формирования нервных волокон или же представляют собою эмбриональные клетки, а то и ни к чему не причастные клетки соединительной ткани.

Когда я в первый раз увидел, что на более поздних стадиях эмбриональные нервные жгутики по всей их длине сопровождаются веретенообразными клетками с очень длинными отростками и что можно различить лежащие внутри этих отростков очень тонкие фибриллы, то пришел к мысли, что вижу клетки, образующие нервы. Можно бы предположить, что нервные фибриллы образуются из протоплазмы веретенообразных клеток подобно тому, как первичные поперечно-полосатые фибриллы зарождаются в протоплазме клеток, образующих мышцы.

В другом месте я уже высказал предположение, что нервные фибриллы могут и таким образом зародиться, но категорически утверждать это было бы слишком смело. Только что представленная мною картина веретенообразной клетки с заключенными в ней фибриллами может и так быть истолкована, что это ювенильная клетка соединительной ткани, которая обволакивает лишь малую часть уже сформировавшейся нервной фибриллы, чтобы потом превратиться в шванновскую оболочку. Существует еще и другая точка зрения. Упомянутая клетка есть не что иное, как ювенильная клетка соединительной ткани, чья протоплазма дифференцируется в фибриллы соединительной ткани. Но если многие утверждают, что периферические нервные волокна состоят из ряда веретенообразных клеток и что это означает первую ступень развития нервных волокон, то это только доказывает, что действительно существуют нервные волокна, которые кажутся состоящими из продолговатых клеток. Что же касается объяснения таких фактов, то это дело вкуса, но не результат тщательных исследований. Исследователи уверены, что они как раз успели увидеть самое начало образования нервов. Но возможно, они уже несколько опоздали и увидели не что иное, как ювенильные нервные волокна в шванновской оболочке и без миелиновой субстанции. Может быть даже, что они видели развитие центростволчатых нервных волокон, которые, возможно, иначе развиваются, чем центробежные. Факт общеизвестный, что ремаковы волокна тоже выглядят, как ряд веретенообразных клеток. Одним словом, смею утверждать, что ни я, ни кто-либо другой не располагаем каким-либо доказательством, что пе-

риферические центробежные нервные волокна формируются именно в среднем жаберном листке. Каждый раз ссылаются на такие факты, которые по-разному могут быть истолкованы. И в только что упомянутой второй фазе первой ступени развития по de Sanctis'у еще не происходит никакой дифференцировки в эмбриональной ткани жаберной дуги, так что нервные волокна снаружи проникают в эту субстанцию. Если и можно обнаружить что-нибудь новое, то только маленькие бугорки (числом от двух до трех), которые находятся на внутренней стороне каждой жаберной дуги и из которых потом развиваются наружные жабры. Но вскоре в области коленчатого выступа жаберные дуги заметно набухают. Здесь же сбоку каждой из пяти дуг проступает бугорок, и с поверхности в этих припухлостях начинается уже дифференцировка эмбриональной ткани. Можно видеть, что в субстанции этих тканей образуются две, три или, в зависимости от времени, еще больше колонок, которые пронизают эти припухлости в вертикальном направлении от одной поверхности до другой, обращенных, соответственно, к спинке и брюшку рыбы, и со всех сторон обволакиваются эмбриональной тканью. Жаберные щели к этому времени еще не совсем закрылись; лишь несколько позднее срастаются вышеназванные припухлости.



Рис. 1. Половина поперечного среза через жаберную дугу эмбриона *Torpedo*: *a*) первые зачатки электрических листков; *b*) боковая стенка мозговой трубки; *c*) зачатки электрического нервного ствола; *d*) боковой бугорок жаберной дуги; *e*) первичные зачатки электрической колонны. Схематично.

Со временем возрастает число колонок при одновременном разрастании лежащих между ними эмбриональных тканей, так что будущие электрические органы уже становятся доступны вооруженному лупой глазу или даже без лупы. Они образуют по краю жабр бахрому, которая постепенно разрастается и на переднем конце становится шире, чем на заднем. Электрические колонки расположены на одинаковом расстоянии друг от друга. Те нервные стволы, которые иногда оканчиваются в жаберных влагалищах, все более и более разветвляются между колонками. Очень хорошо видно, что некоторые тонкие пучки фибрилл связываются с электрическими колонками, во-первых, с их концом, обращенным к брюшку рыбы, иногда с

противоположным, верхним концом, нередко же и сбоку. Но мне никогда не удавалось далеко проследить фибриллы в субстанции самих цилиндров. Я могу только утверждать, что фибриллы внутри них проходят в продольном направлении. В этой фазе еще не видно никаких нервных фибрилл с ядрами внутри. Эмбриональная соединительная ткань гораздо более рыхлая и более прозрачная, чем колонки. Они так слабо связаны с этой тканью, что если препарат выдержать пару дней в разбавленном растворе хромово-кислого калия-аммония, то сразу же после отделения эпителия колонки, которые имеют вид регулярно распределенных белых точек, можно, как личинки пчел, вытаскивать иглой из их ячеек. После чего эмбриональная ткань будущих электрических органов остается в виде пчелиных сот с пустыми ячейками.

Теперь мы подходим к самым важным моментам в развитии электрических органов. Мы ближе рассмотрим строение электрических колонок и образование из них электрических пластинок.

Проф. de Sanctis не в состоянии был понять ни то, ни другое, хотя он, по его собственным словам, прибегал к самым сильным увеличениям, вероятно, полагая, что только такие увеличения могут открыть нам все тайны Природы. В частности, он использовал систему № 9 Hartnack'a в сочетании с окуляром 5 (!), т.е. очень неудачное сочетание, при котором он мог видеть только самые общие и размытые контуры объекта и получить лишь очень слабое представление об его строении. Он исследовал эмбрионы, уплотненные в очень крепком (3%) растворе хромовой кислоты, и притом исключительно на срезах, которые обычно могли служить только для топографических исследований данного органа, но не для изучения его более тонкого строения и гистологических элементов. Чтобы разрешить вопрос строения электрических колонок, кроме подготовки срезов, ему следовало бы использовать еще и средства для их изолирования, которых уже немало было известно ко времени его работы, и которые я уже успешно использовал.

В этом причина, почему результаты гистологических исследований de Sanctis'a не имеют ничего общего с моими, и почему он так прекрасно описал внешние формы электрических органов на разных стадиях их развития, но почти что ничего не понял в их гистогенетических взаимосвязях.

Действительно, изолированные электрические колонки, которые появляются прежде всего в вышеназванных бугорках жаберных дуг, на первый взгляд кажутся состоящими из плотно прижатых друг к другу клеток. И очень редко удается изолировать отдельные элементы даже после обработки мацерирующими жидкостями, так как из-за малых размеров самих колонок очень трудно разрыхлить их иглками; но если уж это удастся, то хорошо видно, что различной формы эмбриональные клетки со всех сторон густо облепляют пучки продолговатых клеток. Эти клетки, сначала узкие, содержат одно или два относительно больших ядра с ядерными тельцами. Но вскоре они становятся толще и в их протоплазме образуется более или менее толстое волокно, которое большей частью лежит сбоку и через всю

клетку проходит по прямой или местами изгибаясь. Волокно это *покрыто поперечными полосами* и ни в какой связи с ядрами не состоит. Впрочем, большая или меньшая четкость поперечных полос зависит от обработки и от правильного освещения препарата. В любом случае это нелегкая задача с первого взгляда в микроскоп различить эти поперечные полосы. Для этого требуется хороший объектив с широкой апертурой, надлежащая обработка и хорошее освещение. После двух месяцев работы в один очень светлый день с очень удачно выбранным объективом (№ 9) (сухой) и окуляром 2 от Hartnack'a в первый раз смог я рассмотреть все это на разрыхленном препарате, который 24 часа выдерживался в мюллеровой жидкости. Некоторые реагенты совершенно уничтожают поперечные полосы, и после обработки ими остается только волокно с протоплазмой и ядрами, полосы же исчезают. Успешно использованная мною жидкость облегчает изолирование гистологических элементов, действуя менее жестко, чем все мацерирующие жидкости, так что эти элементы остаются, как в прижизненном состоянии. Эту жидкость я тоже назову позднее в обещанной мною монографии, после того как глубже изучу ее действие; ибо даже с этой жидкостью не всегда достигаются хорошие результаты.

Каждый, кому приходилось видеть у Torpedo эмбриональные пучки коротких мышечных волокон, глядя на разрыхленные электрические колонки, ничего другого сказать не может, как то что перед ним эмбриональные мышечные волокна. И это говорили все знатоки, кому я показывал свои препараты. Недавно представился мне случай показать профессору du Bois-Reymond несколько таких препаратов, которые уже семь лет как законсервированы. Некоторые присутствовавшие при этом господа полагали, что узнали в них эмбриональные мышечные волокна, хотя у них перед глазами были все те же разрыхленные электрические колонки.

Из сказанного следует, что первые зачатки электрических призм у Torpedo, в сущности, являются в буквальном смысле слова первыми зачатками мышечных волокон. Со временем в каждой колонке возрастает число мышечных волокон. Дальнейшее развитие мышечных волокон (теперь уже буду утверждать категорически) состоит в том, что их ядра, т.е. мышечные тельца, многократно делятся и вследствие разрастания протоплазмы друг от друга отдаляются, так что в конце концов уже видно, что колонки состоят из пучков длинных, вплотную прилежащих друг к другу волокон с многочисленными ядрами да еще с проходящими внутри них поперечно-полосатыми волоконными нитями. В это время лишь кое-где между волокнами обнаруживаются проходящие вдоль них фибриллы; но между мышечными волокнами никаких клеток не наблюдается. Зато снаружи пучки со всех сторон всегда густо облеплены эмбриональными клетками, с которыми они образуют единое целое, легко отделяющееся от остальной эмбриональной ткани; как уже выше сказано, я буду называть эти клетки наружными обкладочными клетками.

На этой вот, не самой ранней ступени развития и наблюдал проф. de Sanctis колонки, и так как он не смог изолировать отдельные элементы, то предположил, как это очевидно из № III, что колонки состоят только из веретенообразных клеток, особым порядком расположенных, и как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении скрепленных аморфной связующей субстанцией. На основании своих исследований центром тяжести в процессе формирования электрических призм и электрических пластинок я считаю этот удивительный метаморфоз мышечных волокон. Но de Sanctis полагает, что тут главную роль играют увиденные им большие клетки с неккими телами внутри, имеющими форму почек. Он утверждает, что эти клетки делятся, чтобы потом, слившись друг с другом, служить материалом для образования электрических пластинок. Тщетно искал я эти клетки на самых удачных своих препаратах, пока, наконец, не убедился, что все увиденное de Sanctis'ом в этих клетках, было заблуждением. На самом же деле образование электрических пластинок начинается следующим образом. Концы эмбриональных мышечных волокон, обращенные к брюшку, набухают. Это набухание происходит оттого, что ближайшее к тому концу ядро волокна делится на два новых. Они больше не отдаляются друг от друга вдоль волокна, как раньше, но остаются рядом друг с другом. Протоплазма в концовом сегменте, зачатая вновь образовавшимися ядрами, разбухает. В ее субстанции не только продолжают вышеописанные поперечно-полосатые волоконные нити, но появляются еще две или три других, еще более тонких волоконных нитей, прямолинейных или волно- и зигзагообразных и притом поперечно-полосатых. Они большей частью связаны с первоначальными полосатыми волоконными нитями и кажутся их вильчатым разветвлением. В целом это напоминает кисть, которая висит на шнурке, узлами (мышечными ядрами). Если в препарате то место, откуда начинаются волокна, заслоняется ядрами, то кажется, будто эти тонкие волоконные нити с ними связаны. Теперь понятно, что это за ядра у de Sanctis'a, формой своей похожие на почки и связанные с нервными волокнами. Если препарат слишком уж уплотнить, то лежащие рядом друг с другом ядра так плотно слипаются и становятся такими непрозрачными, что границу между ними уже очень трудно различить, и два ядра кажутся одним. Этот фантом еще более вводит в заблуждение, если ядра лежат рядом друг с другом по дугообразной линии, что всегда приводит к кистевидному набуханию, головной сегмент которого образуют расположенные по определенным местам ядра. Поперечно-полосатые фибриллы – это, вне всяких сомнений, нервные волокна de Sanctis'a.

Итак, первоначальный метаморфоз длинных эмбриональных мышечных волокон, из которых состоят колонки, отличается тем, что обращенные к брюшку концы мышечных волокон превращаются в кистевидные образования. Но так как эти образования в то же самое время являются первичными зачатками электрических пластинок, то для краткости эти кистевидные набухания мы будем называть «зачаточными пластинками». Противопо-



ложные концы мышечных волокон округлые, но иногда изогнутые и заостренные. Поперечно-полосатые внутренние волоконные нити доходят вплоть до этого заостренного кончика. Но в округлых концах они нередко разделяются на две фибриллы, что, вообще-то, всегда отмечается у эмбриональных мышечных волокон.

Ранее мною уже было сказано, что с самого начала мышечные волокна занимают всю длину колонок. Но тогда было бы непонятно, почему зачаточные пластинки обнаруживаются не только на концах колонок, обращенных к брюшку, но и на разных уровнях по их высоте; однако ранее мною также было сказано, что со временем колонки становятся толще, и притом за счет того, что в этих колонках образуются новые эмбриональные мышечные волокна, быть может, из наружных обкладочных клеток. Вот они-то конечно же бывают короче, и их обращенные к брюшку концы не доходят до обращенных к брюшку концов колонок. У них метаморфоз всегда протекает таким же образом, как и у ранее сформировавшихся мышечных волокон, т.е. их обращенные к брюшку концы превращаются в зачаточные пластинки. Я также нередко наблюдал, что где-то в середине мышечного волокна становится больше ядер, которые со временем образуют целое скопление. И одновременно в определенном его сегменте набухает мышечная протоплазма. В результате чего формируется кистевидное образование, основание которого, т.е. зачаточные пластинки, некоторое время еще сохраняет связь с обращенным к брюшку сегментом мышечного волокна. Иногда эту связь можно наблюдать в течение очень длительного времени. По-видимому, благодаря этому процессу зачаточные пластинки оказываются почти регулярно распределены в субстанции колонок.

Чтобы не отвлекать внимание читателей детальным описанием побочных обстоятельств, сначала проследим лишь происхождение и развитие электрических пластинок вплоть до полного их формирования. Процесс этот очень простой. Ненабухший сегмент у мышечных волокон всегда остается на той же ступени эмбрионального развития, и если какие-то изменения у них можно заметить, так это продолжающееся их удлинение и одновременно сужение, при этом они не утрачивают своих поперечных полос. В это же время протоплазма обволакивает поперечно-полосатую волоконную нить очень тонкой, едва различимой оболочкой. (Кстати, должен предупредить, чтобы неосторожным разрыхлением не слишком растягивали мышечное волокно, ибо от этого полностью исчезает протоплазменная оболочка вместе с поперечными полосами.) Что касается зачаточных пластинок, то их метаморфоз заключается только в их разрастании, изменении формы и постоянном увеличении числа ядер у них.

Итак, прежде всего зачаточные пластинки превращаются в грушевидные тела с очень длинным, узловатым и поперечно-полосатым черешком. Какое-то число ядер лежит в дорсальном сегменте тела в том месте, где присоединяется черешок, постепенно конусообразно расширяясь. Обращенный к брюшку сегмент зачаточных пластинок представляет собою поч-

ти прозрачную или в зависимости от обработки мелкозернистую протоплазму, пронизанную более или менее многочисленными волокнами. Последние тянутся от основания грушевидного тела к ядрам, с которыми они, однако, ни в какую связь не вступают, но сквозь их скопление или даже над ним присоединяются к поперечно-полосатым внутренним волоконным нитям черешка.

Иногда я замечал, что некоторые из описанных волоконцев поперечно-полосатые. А потому придется согласиться, что даже в это время в протоплазменном сегменте грушевидных тел продолжается образование мышечных фибрилл. Нередко наблюдал я мелкозернистые цилиндрические отростки, которые отходят от основания зачаточных пластинок и, подобно вертикально стоящим свечам, по краю обрамляют их. Эти отростки (числом от двух, трех и до четырех) вскоре целиком и полностью исчезают. В конце концов, отростки даже на микроскопически коротких волокнах замечал я и у других рыб. Весь внешний вид колонн при этом таков, как будто они состоят из облепленных эмбриональными клетками шарообразных образований. Это, должно быть, те блуждающие слизистые клетки, которые у *de Sanctis'a*, как клиньями, расщепляют *cilindretti elettrici* (электрические цилиндрики) на состоящие из клеток диски, из которых потом образуются *piastrini elettrici* (электрические пластинки). Вообще-то, чем далее продвигается развитие эмбриона, тем более изменяют свою форму зачаточные пластинки. Основание грушевидных тел становится все более и более плоским. Даже заостренный полюс тела начинает сплющиваться и в то же время становится толще, ядра же, все более умножаясь числом, стремятся сформироваться в дискообразный слой, черешок становится все тоньше и не всегда располагается в центре толстых дискообразных тел, но очень часто сбоку; к тому же возрастает число тончайших волоконцев в протоплазменном сегменте, так что иногда этот сегмент кажется поперечно-полосатым. Штришки тянутся через зачаточную пластинку в прямом направлении от спинки к брюшку рыбы. Если в это время рассматривать в целом изолированную электрическую колонну, то создается впечатление, что колонна состоит из не совсем одинаковых, толстых, похожих на пирог тел, которые отделены друг от друга эмбриональными клетками и заполняют не всю ширину колонны, располагаясь рядом друг с другом и друг над другом.

В поперечном срезе зачаточных пластинок в это же время видны два слоя – верхний, зернистый и нижний, прозрачный и поперечно-полосатый; оба слоя почти одинаковой толщины. Впрочем, можно различить еще прозрачный протоплазменный слой, который покрывает зернистый слой с дорсальной стороны, постепенно формируясь из конической части вышеупомянутых грушевидных зачаточных пластинок. Пространства между похожими на пироги телами, как мною уже выше сказано, заполнены клетками различной формы, которые я буду обозначать как внутренние выстилающие клетки. В частности, накапливаются они у основания зачаточных пластинок и прочно удерживаются здесь. Даже видны длинные, выходящие из скопле-

ния клеток (нервы?) фибриллы. Иногда очень отчетливо можно видеть, что эти фибриллы связаны с веретенообразными тельцами. Что же касается остальных бывших мышечных волокон, то есть черешков, то они становятся тоньше и постепенно исчезают совсем.

Начиная с этой ступени развития зачаточных пластинок, становится все труднее и труднее их изолировать, ибо наружные обкладочные клетки постепенно образуют вокруг электрических колонок все более и более тесно связанную с ними оболочку.

После этого периода зачаточные пластинки становятся все более и более плоскими при все продолжающемся увеличении числа ядер, нижний протоплазменный слой становится все тоньше, тогда как дорсальный несколько утолщается, слой же ядер сохраняет свою толщину; под конец зачаточные пластинки принимают форму круглых пластин, которые заполняют весь поперечный срез колонок. Это уже сформировавшиеся, так называемые электрические пластинки, в которых ядра (собственно говоря, клетки) лежат ближе к поверхности, обращенной к брюшку, и отдалены друг от друга. Возникают же они не в результате слияния эмбриональных клеток, но образуются в ходе метаморфоза миобластов, то есть из многоядерной протоплазмы, и отнюдь не нервной природы они, как столь длительное время продолжал утверждать Max Schultze, и что всеми было признано. Пластинки отделены друг от друга множеством клеток разнообразной формы. Большею частью они веретенообразные, но с круглыми ядрами. В это время изолировать отдельные пластинки чрезвычайно трудно, и если мацерирующие жидкости приносят какую-то пользу, то одновременно они искажают гистологические элементы. Кроме того, пластинки уж настолько тонкие, что лишь очень редко удается изолировать именно одну-единственную пластинку. Но если две или три пластинки покрывают друг друга, то все уже бесполезно. Если мне когда и удавалось изолировать одну-единственную пластинку, то я всегда обнаруживал, что промежуточные клетки очень плотно облепляют пластинку со стороны брюшка, тогда как дорсальная сторона остается совершенно гладкой и оголенной. Рост электрических пластинок в принципе происходит так же, как и мышечных волокон у позвоночных. При постепенном увеличении числа ядер субстанция пластинок все более раздается в ширину, ядра пластинок все более и более отдаляются друг от друга, вследствие чего электрические колонки все более и более утолщаются и при дальнейшем росте от давления, которое они оказывают друг на друга, становятся призматическими. Эмбриональная ткань, которая находится между призмами, постепенно превращается в настоящую волокнистую соединительную ткань. Если уж электрические пластинки однажды сформировались, то в колонках или призмах никаких новых пластинок больше не образуется. Призмы растут в высоту, так как, с одной стороны, пластинки, безусловно, становятся толще, с другой стороны, промежуточное пространство между каждыми двумя пластинками увеличивается с

развитием там фибриллярной студенистой ткани, в которой заключены сосуды и более крупноволокнистое нервное разветвление.

Теперь обратимся к гистогенезу нервного аппарата электрических органов, под которым я подразумеваю, во-первых, электрические листки и нервные стволы с их разветвлениями, во-вторых, разветвление нервного волокна между каждыми двумя пластинками вплоть до образования нервной концевой пластинки, которая есть не что иное, как развитое терминальное разветвление электрических нервов, что в 1875 г. наконец-то было признано аж Boll'ем<sup>1</sup>, но уже после моих более ранних (1869 года) и повторенных прошлым летом исследований (из-за утверждений проф. Boll'я от 1873 г.<sup>2</sup>, что эти пластинки образуют сеть), а также после исследований Ciaccio (1869 и 1875 гг.)<sup>3</sup> и Ranvier (1875 г.)<sup>4</sup>.

Должен, однако, признаться, что при рассмотрении остающихся еще вопросов я не могу столь же определенно или, так сказать, категорически высказываться относительно внешних признаков развития нервных пластинок, как это было при описании формирования других пластинок. Причина же этого сама собой станет понятна для специалистов из всего нижеследующего. Между прочим, недостает еще некоторых деталей, которые я уже начал восполнять. Что касается происхождения электрических нервов и листков, то я уже достаточно сказал для журнальной статьи. Для обстоятельного изложения понадобилась бы целая книга, поэтому сейчас мне придется ограничиться еще некоторыми краткими замечаниями. После уже описанной мною ступени развития нервных клеток они постепенно растут и начинают выпускать во все стороны отростки, которые сначала широкие, усеченные и мелкозернистые; но затем их концы сужаются и разветвляются. В то время, когда проптеригий грудных плавников окружает электрические органы сзади и с боков, уже можно найти в листках, хотя и очень маленькие, но вполне зрелые нервные клетки; осевой цилиндр, их отросток, иногда удается таким медленным вытягиванием изолировать, что его длина достигает от одного до двух миллиметров. Даже у таких длинных отростков, как осевой цилиндр, я ничего похожего на ядра никогда не видел. На вид они всегда, в зависимости от обработки, совершенно гладкие и бесструктурные или бесцветные и чрезвычайно мелкозернистые; нередко в мелкозернистой

---

<sup>1</sup> Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1875, стр. 710 и следующие. - (Смотри выше стр. 462. - Ред.)

<sup>2</sup> Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, 1873, том X, стр. 101.

<sup>3</sup> Intorno all' intima tessitura dell' Organo elettrico della Torpedine. (Nuove Osservazioni.) - О внутреннем строении электрического органа у Torpedo. (Новые наблюдения.) - Lo Spallanzani, Rivista di Scienze Mediche e Naturali. Modena 1875. Том XIII. Выпуск X. - Свои новые наблюдения, хотя они уже в июле 1875г. были закончены, я не стал публиковать, так как узнал, что Ciaccio уже 20 августа опубликовал свои результаты, которые от моих отличаются лишь в деталях. Но свои препараты, обработанные совсем другими способами в отличие от использованных Ciaccio, а позднее и Boll'ем, показал я профессору Brücke в августе месяце во время его пребывания в Венеции, а в сентябре профессорам Schwalbe и du Bois-Reymond.

<sup>4</sup> Comptes rendus etc. 20 Décembre 1875.

массе лежит очень тонкая, бесструктурная фибрилла, что могло бы привести к заключению, что осевой цилиндр не является непосредственным продолжением протоплазмы нервных клеток, но дифференцируется в протоплазме отростка из той же самой протоплазмы, которая, кстати, потом превращается в мелкозернистую массу. Чтобы все эти подробности увидеть, недостаточно щадящей обработки при подготовке препаратов; следует пользоваться очень хорошим, сильным объективом сверхточной коррекции.

Нервные стволы становятся все толще от постоянного прибавления новых нервных фибрилл. Одновременно ветви нервных стволов выпускают в паренхиму будущих электрических органов все больше и больше ответвлений, которые там, в разных слоях электрического органа расходятся во все стороны, прихотливо изгибаясь, и образуют ложные сетчатые ячейки. Каким образом, и по какой причине возникают эти разветвления, не могу с уверенностью сказать. Могу лишь сослаться на только что приведенный факт и прибавить, что как нервные стволы, так и их ответвления всегда покрыты плотным слоем клеток. Со временем, возможно, проникают эти клетки или их последующие поколения между фибриллами и таким образом расщепляют нервные стволы и их разветвления на все более и более тонкие пучки. Отчего и возникают на концах нервных ветвей новые ответвления, которые отходят в сторону колонны и, как я уже выше сказал, очень часто содержат лишь немного зачаточных нервных фибрилл. При этом концевые ответвления совсем уже вплотную прилежат к колоннам, проходя либо вдоль них, либо наискось, либо поперек. После удаления поверх них лежащих клеток вполне можно убедиться, что некоторые одиночные нервные фибриллы на своем конце разделяются на два, три или больше ответвлений. Чтобы это увидеть, безусловно, необходимо иметь в своем распоряжении хорошие, сильные водно-иммерсионные объективы и лучше не грубой, а сверхточной коррекции в сочетании со слабыми окулярами (№ 2).

Очень трудно определить, каким образом возникают у фибрилл эти ответвления; но так как нет никаких признаков, которые каким-либо образом указывали бы, как возникают ответвления, то придется согласиться, что тут мы имеем дело с образованием зачаточных бугорков, но это на самом деле, как мы далее увидим, происходит в другом месте. Можно убедиться, что фибриллы, как я уже выше сказал, действительно проникают в субстанцию колонок уже в то время, когда те еще состоят из пучков простых и голых эмбриональных мышечных волокон; но их дальнейшую судьбу почти невозможно проследить. Срезы колонок не представляют собой ничего особенного, и только в тщательно разрыхленных колонках можно тут и там заметить фибриллы, которые большей частью проходят вдоль мышечных волокон. Эта неопределенность остается вплоть до конца формирования электрических пластинок.

Теперь мне следует напомнить о том, что между эмбриональными мышечными волокнами, которые объединяются в пучки и, соответственно, в электрические колонки, нет никаких других клеток, если же и есть, то, по

крайней мере, в очень незначительном количестве; это состояние продолжается вплоть до начала метаморфоза обращенных к брюшке концов мышечных волокон. С этого времени зачаточные пластинки, особенно их основание, уже покрыты внутренними выстилающими клетками. Эти клетки, бесспорно, ведут свое происхождение от наружных обкладочных клеток. Они разной формы, и нередко из их скоплений выходят одна или две фибриллы, которые очень похожи на нервные фибриллы. Однако более тесные связи этих фибрилл с пластинками, несмотря на все мои старания, мне еще не ясны. Если скопления клеток остаются на месте, то можно прийти к выводу, что некоторые из названных фибрилл, собственно говоря, являются отростками веретенообразных клеток. Но в другой раз бывает и не так; обычным методом изолировать клетки мне никогда не удавалось из-за малых размеров зачаточных пластинок в это время. Если же один раз и удается при стократном увеличении отделить иглой клетки от подложки, то они в одно мгновение уплывают прочь или остаются, прилипнув, на игле. После того как зачатки превратились в пластинки, которые заполняют колонки, занимая всю их толщину, обнаруживаются следующие обстоятельства:

Пластинки вместе с обкладочными клетками состоят из двух слоев. Дорсальный слой, в сущности, образуют пластинки, возникающие в ходе метаморфоза мышечных волокон. В зависимости от обработки они либо совсем бесструктурные, либо со стороны брюшка мелкозернистые. В их субстанции заключены не особенно многочисленные круглые ядра. Слой, который ближе к брюшке, состоит из клеток круглых, веретенообразных, а также с разветвленным отростком. Иногда видно, что та или другая из последних названных клеток своим отростком связывается с волоконной нитью, которая приходит извне и состоит из одной очень вытянутой или из двух слипшихся клеток. А можно увидеть и другую волоконную нить, которая с другими веретенообразными клетками связывается. Но чаще всего такие волоконные нити вообще отсутствуют. При внимательном рассмотрении можно убедиться, что в очень мелкозернистой массе волоконных нитей проходит тонкая фибрилла и что связанные с волоконной нитью клетки в своей субстанции тоже содержат фибриллу (но видна она только при очень удачном освещении); эта фибрилла, со своей стороны, опять же связана с фибриллой, которая заключена в субстанцию идущих извне волоконных нитей. Вышеназванные волоконные нити, бесспорно, являются электрическими нервными волокнами, которые состоят только из эмбриональной шванновской оболочки и осевого цилиндра. Мы уже знаем, как они развиваются. Сначала состоят они из тонких фибрилл, которые затем объединяются в обволакиваемый эмбриональными клетками стволик. Мы знаем также, что со временем эти клетки проникают в субстанцию стволиков и расщепляют их на пучки. Под конец отделяют они поодиночке и фибриллы друг от друга, обволакиваясь вокруг них и образуя таким образом шванновскую оболочку. С удлинением фибрилл удлиняются и эти клетки. Сразу после этого процесса миелиновая субстанция тоже становится видимой, и

притом не на целых, неповрежденных волокнах, а после нарушения их целостности. И тогда миелиновая субстанция собирается в разного вида капельки и комочки, которые своей формой напоминают миелин, однако они гораздо бледнее и обведены двойными, но очень тонкими контурами. Это указывает на то, что миелиновая субстанция в первичных отложениях по сравнению с более поздними имеет другие (химические?) свойства.

Теперь спрашивается, образуют ли веретенообразные клетки с отростками нервные фибриллы, или же они представляют собою тельца соединительной ткани, которые служат материалом для образования шванновской оболочки? На первый, также как и на второй вопрос, можно ответить только предположительно. Многие явления говорят в пользу первого предположения и многие же в пользу второго, это как раз самый трудный вопрос в истории развития нервных концевых пластинок, который я, однако, еще надеюсь разрешить; но зато дальнейшее их развитие совершенно очевидно. На каждом конце содержащей фибриллу клетки появляются зачаточные бугорки и всегда по два, из которых со временем вырастают небольшие ответвления, и снова на конце каждого из них образуются два зачаточных бугорка и т.д.

Протоплазма клеток всегда обволакивает эти развивающиеся из зачаточных бугорков фибриллы, но образует вокруг них слой, все более и более истончающийся к концу фибриллы и наконец исчезающий совсем. Это происходит чаще всего там, где появляются два новых зачаточных бугорка, которые при дальнейшем своем росте и разветвлении обволакиваются протоплазмой новой эмбриональной клетки. С ростом образующихся из мышц пластинок рамификация нервных фибрилл все продолжается, пока не приведет к образованию тончайшего, предельно развитого разветвления, то есть так называемой сети, которая расстилается внутри и снаружи мелкозернистого слоя. Вот и это очень запутанное разветвление тоже возникает благодаря непрерывному образованию зачаточных бугорков, которое продолжается даже у взрослых особей; и до какого времени – не могу сказать. Самые последние терминальные ответвления по разным частям пластинок распределяются неравномерно: в одном месте ответвления так плотно прижаты друг к другу, что можно подумать, что видишь перед собой настоящие сети; в другом же месте промежутки так велики, что разница даже с объективом № 5 Hartnack'a и окуляром № 2 сразу же бросается в глаза.

Подобный же процесс терминального разветвления совершенно четко наблюдал я и у *Torpedo* на стадии развития двигательных концевых пластинок. У этих рыб терминальное разветвление тоже начинается с образования зачаточных бугорков. О том, что при этом между разветвлением и мышечной субстанцией находятся мелкие зернышки, я уже давным-давно и недвусмысленно высказался.

На основании всего вышесказанного можем мы утверждать, что у *Torpedo* находящийся в эмбриональном состоянии двигательный орган по неизвестным нам причинам при дальнейшем развитии выбрал другой путь и

сформировался как электродвигательный аппарат. Мышечные волокна превратились в пластинки, которым определена, быть может, и очень малая физиологическая роль, но некоторым образом даже очень важная. Ради чего, однако, то, что обычно предназначено для возбуждения мышечного сокращения (двигательная концевая пластинка), в сущности, осталось неизменным, но только стало чрезвычайно развитым. При таких обстоятельствах двигательные пластинки, будучи возбуждены, не вызывают мышечного сокращения, но тем, что должно было бы сокращаться, быть может, даже и без него генерируют электричество.

Высказанный выше непредвзятый вывод из истории развития находит блестящее подтверждение в моих исследованиях развития псевдоэлектрических органов у скатов обыкновенных и у *Mormyrus*; тогда как, если *de Sanctis* прав, он полностью разрушил бы мои представления об электрических и псевдоэлектрических органах. Я надеюсь разъяснить читателям, что, хотя *de Sanctis* видел то же, что и я, он совсем не понял эти явления. Он пишет: «Последующие результаты исследований на самом мелком экземпляре *Raja Schultzi* показали мне сначала настолько неожиданными, что я счел необходимым заново проводить исследования, пока не буду вполне убежден в их достоверности. Когда я с величайшей осторожностью из хвостов самых мелких скатов (у которых толщина хвоста в том месте, где начинается псевдоэлектрический орган, едва достигала одного миллиметра) изолировал *m. sacrolumbalis* с псевдоэлектрическим органом, который от этой мышцы и происходит, то увидел, что электрический орган, подобно сухожилию комплементарной ему мышцы, проходит вдоль нее от самого ее начала и до кончика хвоста. Передний конец псевдоэлектрического органа заострен и связан с внутренними волокнами *m. sacrolumbalis*. К середине псевдоэлектрический орган утолщается и принимает форму конуса, к которому наискось со всех сторон подходят мышечные волокна и тут же оканчиваются, покрывая переднюю, одну десятую часть псевдоэлектрического органа и формируя таким образом своего рода оболочку. В сухожилиях обычно находятся вытянутые вдоль них волокна, которые мембранами, подобно мышце, разделяются на многоугольные пучки, что можно наблюдать на поперечных срезах. В сухожилиях обнаруживаются, кроме того, еще и сплетения из тонких, эластичных поперечных волокон. Мы имеем в псевдоэлектрическом органе, который с виду похож на сухожилие, те же самые формы, но при этом гораздо более явно выраженные, поскольку продольные мембраны разделяют заостренный передний конец органа на два, далее, по мере разрастания органа в толщину, на три, четыре сектора или более.

Вследствие таких продольных разграничений образуется много колонн (*Colonne*) почти одинаковых размеров, и кстати, у этих главных составных частей форма та же самая, что у целого органа, то есть на переднем конце они заостренные, в середине всегда утолщаются, к заднему же концу снова сужаются. Кроме этих продольных разграничений, имеются еще и другие, поперечные, которые рассекают вытянутые вдоль пучки сухожилий



на одинаковые отрезки. Поэтому продольные пучки регулярно прерываются, и весь орган с поверхности кажется состоящим из четырехугольников, подобно поверхности колоса пшеницы (рис. 28, IV). Эти его элементы сначала имеют грушевидную форму, потом вследствие взаимного давления становятся четырехугольными и полностью изолированными друг от друга соединительной тканью, которая образует продольные и поперечные мембраны.

Теперь обратимся к более тонкому строению составных частей – мышечных волокон и нервов, образующих псевдоэлектрический орган, и к более тесным их взаимосвязям. Если эти элементы разрыхлять иглками, они разделяются вдоль, и тогда, если их слегка растягивать в длину, разделяются они и поперек. Но предварительно орган выдерживали в спирте либо уксусной кислоте или же кипятили подольше в смеси тех же уксуса и спирта. Отдельные элементы, которые так долго были тесно прижаты друг к другу, что стали выглядеть квадратными, в изолированном состоянии становятся округлыми, фактически грушевидной формы. На заостренном полюсе грушевидного тела находится *picciuolo* (черешок) (рис. 38, IV), который продолжается мышечным волокном, срастающимся с черешком, после того как оно сужается и подходит уже к телу. С этого черешка начинаются, так сказать, многочисленные эластичные петли, которые формируют своего рода каркас, придающий телу форму. Эти эластичные волокна, в сущности, представляют собою межклеточную субстанцию, которая приняла форму волокон. Кроме этих утолщенных волокон, еще имеются более тонкие, которые слиплись друг с другом и тем самым полнее, чем изолированные фибриллы, сохраняют полосы этой межклеточной субстанции, которая заполняет все эластичные петли и на поверхности тела образует покрытие». (Такое вот ясное и своеобразное представление имеет de Sanctis о субстанции с меандрическим рисунком!) «Чтобы вполне убедиться в срастании черешка грушевидного тела с мышечным волокном, пришлось мне с величайшими предосторожностями изолировать одно из этих тел; тогда-то под микроскопом совершенно отчетливо разглядел я, что мышечное волокно по всей своей длине сохраняет одинаковую толщину и очень светлые, яркие полосы, к концу же оно на  $1/4$  или  $1/5$  своего диаметра становится тоньше, но зато мелкозернистым, а полосы бледнеют, в дальнейшем же, как уже было сказано, волокно своим концом срастается с черешком. Если рассматривать это тело в целом, то его можно сравнить с колосом пшеницы, чьи ости – это мышечные волокна, семенные коробочки – это волокна с тонкими полосами в субстанции, и наконец, зерна – это некое тело, о котором мы и будем говорить. Чтобы основательно изучить строение тельца псевдоэлектрического органа, пришлось мне обрабатывать этот орган разными способами. Что удалось мне лучше всего, так это кипячение его в течение нескольких минут в азотной кислоте и хлористом калии. С этими реактивами я очень ясно увидел, что тельце, после того как соединительная ткань распалась, представляло собою клубок эластичных волокон, переплетенных друг с

другом сетчатым плетением. Эти волокна располагаются таким образом, что телу со всех сторон придают вид окошка (рис. 31). Внутри этих окошек проникают самыми кончиками нервные волокна, содержащие ядра, и насколько я мог видеть, они связаны с отростками некоторых звездчатых и анастомозирующих клеток. Так как эластичные тела распределяются по своим отдельным ячейкам, сформированным мембранозными дисками из соединительной ткани, я составил себе следующее представление о псевдоэлектрическом органе: он состоит из сухожилия, которое по большей части трансформируется в эластичные жгуты сетчатого переплетения, а те превращаются в тела, каждое из которых само по себе особым образом связано с мышечными и нервными волокнами.

Псевдоэлектрические пластинки вначале представляют собою грушевидные тела, каждое есть не что иное, как свернувшееся в клубок сетчатое сплетение эластичных волокон вместе с заключенными в нем звездчатыми клетками, которые своими отростками соединяются, с одной стороны, друг с другом, с другой стороны, с нервными волокнами. Эти грушевидные тела посредством своих черешков связаны еще и с мышечными волокнами».

Это тот вывод, который de Sanctis пытается извлечь из своих исследований. Однако вывод этот и все его результаты от начала до конца состоят в диаметральной противоречии с моими наблюдениями. Он говорит, что у *Torpedo* изучать развитие псевдоэлектрических органов намного труднее, чем электрических, и сожалеет, что у него не было полного ряда эмбрионов и мелких скатов. Я же утверждаю, что нет ничего более легкого для понимания, чем происхождение псевдоэлектрических органов. И вовсе не обязательно доставать себе множество эмбрионов или совсем незрелых скатов. В крайнем случае, можно ограничиться одним-единственным экземпляром. Кроме того, все равно, какого размера незрелый скат, ибо образование псевдоэлектрических органов у незрелых особей продолжается очень длительное время. Если бы de Sanctis имел в своем распоряжении еще менее зрелых скатов, то он, быть может, изучал бы, не подозревая того, развитие не псевдоэлектрических органов, а мышц и двигательных концевых пластинок.

Уже неоднократно было отмечено, что составные части псевдоэлектрических органов так расположены, как будто они являются непосредственным продолжением *m. sacrolumbalis*. Прибавлю еще, что это не только кажется, но на самом деле так и есть.

После удаления кожи с хвоста незрелой особи ската вместо псевдоэлектрических органов de Sanctis нашел только сухожилие, вытянувшееся вплоть до заостренного кончика хвоста. Но когда у очень незрелой особи ската совершенно прозрачный хвост рассматривал я под микроскопом при очень ярком освещении, то обнаружил, что вместо псевдоэлектрического органа там были только мышечные волокна, которые как самопроизвольно, так и при гальваническом раздражении сильно сокращались. В воде ведут себя незрелые особи совершенно спокойно; зато узкий конец хвоста беспре-

станно делает самые разные червеобразные движения, так что иногда эта половина хвоста вписывается в волнообразную линию. У более зрелых особей скатов ничего такого уже не замечается. Мышечные волокна точно так же расположены, как и в *m. sacrolumbalis*, с той только разницей, что чем ближе отдельные мышечные связки к концу хвоста, тем под все более острым углом они там соединяются, так что недалеко от кончика хвоста они расположены почти параллельно рядом друг с другом. На мышечных волокнах, изолированных из той области, где впоследствии формируются псевдоэлектрические органы, можно уже очень четко различить двигательные концевые пластинки, которые большей частью состоят из очень развитого разветвления одного-единственного нервного волокна в шванновской оболочке, но без миелиновой субстанции. Терминальные ответвления распространяются, как это ни странно, совсем вплотную по заднему концу мышечного волокна, и притом по внутренней, т.е. обращенной к средней линии *m. sacrolumbalis*, стороне его. Но большей частью в нормальном поперечном срезе мышечного волокна видны ответвления или двигательные пластинки. Невозможно различить детали в двигательных концевых пластинках, ибо они всегда видны только в профиль. Можно лишь увидеть, что на ответвлениях и между ними сохраняются еще мелкие клетки и что между мышечной субстанцией и терминальными ответвлениями присутствуют мелкие зернистые частицы, которые, однако, на обработанных кислотами препаратах (кроме хромовой кислоты) становятся совершенно невидимы. У экземпляров покрупнее того же вида (который, однако, ни я, ни зоологи по специальности определить не можем) как на продольных срезах хвоста, так и на изолированных мышечных волокнах уже отмечаются изменения. Касаются они мышечных волокон, занимающих среднюю треть хвоста, и состоят в том, что конец волокна по мере накопления мышечных телец постепенно набухает, так что мышечное волокно в конце концов превращается в булавовидное тело. В то же время разрастается двигательная концевая пластинка, по мере того как самые последние терминальные ответвления утолщаются и на своих концах из зачаточных бугорков выпускают всегда по два новых ответвления. Между ответвлениями находится в это же время некоторое количество мелких эмбриональных клеток, в том числе и веретенообразных. С увеличением числа ответвлений они все более и более распространяются по внутренней стороне булавы. И в таком состоянии уже отвечают булавовидные мышечные волокна на гальваническое раздражение. Но самопроизвольного сокращения я не замечал. Хотя движения хвоста становятся, так сказать, энергичнее. И это с теми самыми *corpuscoli piriformi* (грушевидными тельцами) de Sanctis'a, которые, по его мнению, образовались поперечным делением сухожилий и целиком и полностью, что называется «от головы до хвоста», т.е. до *picciuolo* (до черешка), состоят из эластичных волокон!

Булавовидные мышечные тела тем крупнее, чем ближе они к середине каждой мышечной связки; и наоборот, чем ближе к переднему ли, заднему

ли концу мышечной связки, тем они все мельче и мельче становятся, так что некоторое время на обоих концах мышечной связки можно обнаружить лишь простые мышечные волокна. В целом изолированный псевдоэлектрический орган действительно имеет, пусть даже и очень отдаленное, сходство с колосом пшеницы. Я даю ниже на рис. 2 схематическое изображение переходного состояния от *m. sacrolumbalis* к псевдоэлектрическому органу.

Дальнейший метаморфоз булавовидных мышечных волокон состоит в том, что голова у них, начиная сзади, и до самого переднего края постепенно вся становится плоской. Поперечные полосы, которые ранее как в отростке, так и в голове булав были расположены почти параллельно, теперь прихотливо изгибаются в головной части (т.е. в зачаточной пластинке) и уже в это время образуют меандрический рисунок. В том же направлении все более и более развивается двигательная концевая пластинка.

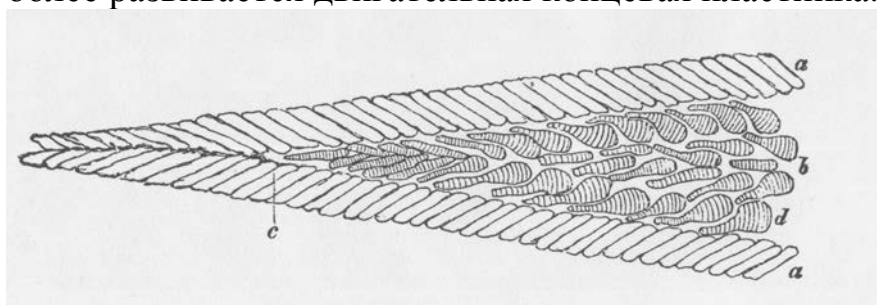


Рис. 2. Продольный срез *m. sacrolumbalis* в переходном состоянии к псевдоэлектрическому органу. *a, a*). Связки мышечных волокон; поперечные полосы не показаны. *b*). Мышечные волокна будущего псевдоэлектрического органа, которые, если проследить их, начиная от угла *c*, в обратном направлении, постепенно превращаются в булавовидные тельца *d*.

Продолжается образование новых ответвлений из зачаточных бугорков. Все более многочисленные мышечные тельца становятся круглыми или принимают форму эллипса и, как ореолом, окружены зернистой массой, которая в хлористом золоте окрашивается в глубокий черный цвет. Они не погружены глубоко в субстанцию с меандрическими полосами, как полагал Max Schultze, но лежат на ее поверхности. Более зрелые нервные ответвления уже начинают покрываться очень тонким слоем миелиновой субстанции.

В ходе последующего роста и развития поверхность с меандрическим рисунком обращается кнаружи вместе с двигательной концевой пластинкой.

До сих пор я обращал внимание исключительно на образование субстанции с поперечными или меандрическими полосами и на последовательное развитие двигательной концевой пластинки. На противоположной же стороне протекает другой процесс; там, если мышечные волокна пока еще сохраняют булавовидную форму, уже можно заметить усиленный рост числа мышечных ядер при одновременном разрастании обволакивающей их протоплазмы. Виден прерывистый слой бесцветной, зернистой протоплазмы.

мы с некоторым количеством погруженных в нее круглых или овальных ядер. Из протоплазмы со временем возникают различные выросты и поддерживающие ядра полоски, которые под разными углами соединяются друг с другом и тем самым образуют неправильной формы углубления в виде широких лакун между ними. На дне лакун находится прозрачная, содержащая ядра протоплазма, сквозь которую виднеется субстанция с меандрическим рисунком. С ростом и развитием электрического тела прибавляется число полосок, они растут как в высоту, так и в длину, из-за чего лакуны тоже наращиваются и становятся глубже и круглее. На дне их опять появляются новые полоски, вследствие чего и новые углубления. И таким же образом при все умножающемся числе ядер и постоянном приращении протоплазмы этот процесс все продолжается, пока наконец не сформируется полностью так называемое губчатое тело, которое сзади выглядит совсем как сегмент легких лягушки без сосудов. Что касается отростка бывшего булавовидного тела, то он постепенно утрачивает поперечные полосы и атрофируется. Но это происходит гораздо позднее, и я наблюдал эти отростки еще у скатов длиной 15 см. Субстанция с меандрическим рисунком не у всех видов скатов образует сплошной слой. У *Raja quadrooculata* поперечно-полосатая мышечная субстанция превращается в утолщенные, содержащие ядра волокна сетчатого переплетения, которые de Sanctis ошибочно принял за эластичные волокна и рассматривает их как каркас псевдоэлектрических пластинок.

Считаю излишним упоминать, что между электрическими пластинками вместе с относящимися к ним нервами формируются оболочки из соединительной ткани, так что электрический элемент со всех сторон обволакивается соединительной тканью; другими словами, он заключен в так называемую ячейку. На удачно выполненных продольных срезах псевдоэлектрического органа на веретенообразном главном сегменте его, который сформировался из бывших мышечных связок, всегда можно различить следующие слои по порядку от переднего к заднему.

1) Плотная оболочка из соединительной ткани, в которую частично включены кровеносные сосуды и даже отдельные утолщенные нервные волокна или небольшие пучки их.

2) Слой нервных волокон, в котором легко можно различить три пласта:

*a)* передний, который большей частью включает миелинсодержащие, дихотомически разветвленные нервные волокна;

*b)* средний, в котором лежат только лишь не содержащие миелина, покрытые шванновской оболочкой и дихотомически разветвленные нервные волокна;

*c)* задний пласт, который заполнен многочисленными терминальными разветвлениями.

Характер этого терминального разветвления совершенно тот же, что и терминального разветвления на бывших двигательных концевых пластин-

ках, т.е. ответвления расположены не горизонтально, как это, например, имеет место у *Torpedo*, но они стремятся в более или менее перпендикулярном направлении к задней поверхности электрических пластинок. На конце выпускают они отростки, которые теряются в мелкозернистой массе, и, судя по моему опыту, не образуют ни крупно-, ни мелкоячеистых сетей, как их описал и изобразил Max Schultze. Подробности об этом смотрите далее в ближайшем же разделе этой статьи.

3) Только что упомянутая мелкозернистая масса, собственно, и образует третий слой.

4) Четвертый слой состоит из субстанции с меандрическим рисунком. Между этим и предыдущим слоем заключены большие, окруженные ореолом ядра.

5) Пятый слой состоит из губчатого тела. Между ним и непосредственно за ним следующим слоем соединительной ткани остается заполненное студенистой тканью пространство, в котором заключены редкие фибриллы из соединительной ткани, тонкие эластичные волокна, многочисленные звездчатые клетки, а также проходят питающие сосуды.

б) Далее снова слой соединительной ткани и т.д.

Анизотропные диски мышечных волокон не теряют свои оптические свойства даже в субстанции с меандрическим рисунком. Если рассматривать эти волокна в цветном поляризованном свете, то представляются они как бы состоящими либо из голубых и пурпурных, либо из желтых и пурпурных полос, слой же соединительной ткани обычно окрашивается обратным цветом.

Что касается *Mormyri*, то пока лишь упомяну, что у них псевдоэлектрические пластинки развиваются таким же образом, как у *Torpedo* и ската обыкновенного, однако с тем существенным отличием, что у *Mormyri* в образовании псевдоэлектрической пластинки участвует много едва затронутых метаморфозом и слипшихся друг с другом мышечных волокон, тогда как у *Torpedo* и ската обыкновенного каждый электрический элемент состоит из одного-единственного прошедшего стадию метаморфоза мышечного волокна и весьма развитой нервной концевой пластинки. Псевдоэлектрические пластинки у *Mormyrus* состоят, собственно говоря, из трех вплотную склеившихся листков. Передний листок представляет собою всего лишь чрезвычайно тонкую, бесструктурную мембрану, которая с задней стороны покрыта слоем более или менее мелкозернистой субстанции. Этот листок содержит, кстати, многочисленные круглые ядра. Второй листок представляет собою не что иное, как сильно сплюснутые, беспорядочно расположенные, поперечно-полосатые и слипшиеся друг с другом мышечные волокна. Задний листок образуется из очень тонкой мембраны, с внутренней (т.е. передней) стороны покрытой мелкозернистым слоем. Здесь тоже находятся многочисленные ядра. Если пластинку в целом рассматривать под микроскопом, то она кажется испещренной полосами, образующими меандрический рисунок. И создается видимость, что если одна полоса состоит из

мельчайших зерен, то ближайшая к ней – из прозрачной бесструктурной массы. Но это лишь мнимые изображения, обусловленные известными оптическими эффектами. В действительности же на среднем листке с мышечными волокнами нет никакого меандрического рисунка, но поперечные полосы перекрещиваются под разными углами.

Итак, намерен я с полным на то правом утверждать, что неоднократно уже высказывал: Каждый электрический и псевдоэлектрический орган, по крайней мере у *Torpedo*, у всех видов *Mormyru*, у скатов обыкновенных и уж совсем наверняка у *Gymnotus*, представляет собою измененный метаморфозом мышечный орган. Дегенеративные процессы затрагивают мышечное волокно в большей степени, чем нервный концевой аппарат. Последний же изначально формируется как двигательная концевая пластинка и остается таковой при всевозможных метаморфозах мышечных волокон. Хотя метаморфоз мышечных волокон всегда протекает по одному и тому же закону, однако они в конце концов превращаются в разные тела даже несмотря на свое генетическое сродство. Есть формы, для которых термин пластинка совершенно не подходит, и так как этот термин нередко путают с нервной пластинкой, то полагаю, что «электрическая пластинка» должна быть вообще исключена из описания электрических органов. Номенклатуру основных составных частей этих органов лучше всего было бы формулировать сообразно с их физиологическими свойствами. Но поскольку об этих свойствах почти что ничего не известно, то ничего другого не остается, как перейти к номенклатуре на основе эмбриологических, хорошо известных явлений. Можно сказать: Электрический орган состоит из электрических элементов; каждый элемент делится на два сегмента. Один такой сегмент формируется из мышечной протоплазмы; поэтому он должен обозначаться как *метасаркобластический* сегмент. Другая же основная составная часть должна называться *нервным* сегментом. Отдельные элементы изолированы друг от друга какой-нибудь связующей субстанцией и всегда сохраняют упорядоченное расположение. Тем самым, полагаю, имеющие разное строение и в разных частях тела расположенные электрические элементы могут быть объединены в одной обобщенной схеме. Главное морфологическое различие между электрическими и псевдоэлектрическими органами состоит в том, что у первых эмбриональные, но уже способные сокращаться, а у вторых уже вполне развитые и функционирующие мышечные волокна начинают превращаться в метасаркобластический сегмент. У первых отмирает анизотропная субстанция, у вторых же она остается в целостности и сохранности.

## Пояснения к рисункам, табл. XI

### Скат электрический

Рис. 1. Зачаточная электрическая колонна, т.е. пучок эмбриональных мышечных волокон, плотно покрытый наружными, обкладочными клетками.

Рис. 2. Изолированное из пучка эмбриональное мышечное волокно.

Рис. 3. Начало метаморфоза эмбрионального мышечного волокна (кистевидное образование). А) зачаточная пластинка; а) протоплазма; б) ядра; В) неизменившийся сегмент мышечного волокна.

Рис. 4. Дальнейшее развитие зачаточной пластинки. Составные части не нуждаются в дополнительных пояснениях, достаточно предыдущих рисунков.

Рис. 5. Зачаточная пластинка на той же самой ступени развития, только покрытая внутренними, выстилающими клетками.

Рис. 6. Более поздняя стадия зачаточной пластинки без выстилающих клеток.

Рис. 7. Изолированная эмбриональная электрическая колонна на только что названной ступени развития: а) зачаточные пластинки – слизистые клетки de Sanctis'a; б) наружные, обкладочные клетки; в) внутренние, выстилающие клетки.

Рис. 8. Зачаточные пластинки в то время, когда они уже плоские, но еще не занимают весь диаметр колонны: а) прозрачный слой; б) слой ядер; в) оставшаяся часть эмбрионального мышечного волокна.

Рис. 9. Оптический разрез электрической пластинки (согласно Мах'у Schultze), т.е. метасаркобластического сегмента (по-моему). Удалены скопления клеток, которые покрывают дорсальную поверхность.

#### Скат обыкновенный

Рис. 10. Мышечное волокно из *m. sacrolumbalis* очень мелкого ската. а) Место, где мышечное волокно начинает набухать, и где возрастает число ядер; б) двигательная концевая пластинка.

Рис. 11. Ближайшее к предыдущему мышечное волокно.

Рис. 12. Мышечное волокно, уже превратившееся в булавовидное тело.

Рис. 13. Дальнейшее развитие как зачаточной пластинки, так и двигательной концевой пластинки.

Рис. 14. Зачаточная пластинка спереди покрыта нервными разветвлениями. а) Нервное волокно с шванновской оболочкой.

#### **Пояснения к рисункам, табл. XII**

Рис. 15. Псевдоэлектрическая пластинка с передней стороны. Вкрапления больших ядер на поверхности слоя с меандрическим рисунком. Оставшаяся часть мышечного волокна начинает атрофироваться. Из слоя нервных волокон, ясности ради, изображен только самый передний, миелинсодержащий, дихотомически расчлененный пласт.

Рис. 16. Обратная сторона булавовидного тела, которое на ступенях развития стоит между телами, изображенными на рис. 12 и 13. В центре а зачаточной пластинки имеет место резкое возрастание числа ядер и усиленное развитие протоплазмы.



Рис. 17. Начало образования полосок из вышеупомянутой протоплазмы (первые зачатки губчатого тела).

Рис. 18. Обратная сторона псевдоэлектрического элемента, изображенного на рис. 15. (Губчатое тело, образованное сплетением полосок.) Меандрический рисунок, который намного глубже лежит, не показан.

Рис. 19. Булавовидное тело в поляризованном свете.

Рис. 20. Поперечный срез еще очень ювенильного, но уже вполне развитого электрического элемента в поляризованном свете. *a)* Слой соединительной ткани; *b)* слой нервных волокон; *c)* субстанция с меандрическим рисунком; *d)* губчатые тела; *e)* слизистый слой; *f)* кровеносные сосуды.

\* \* \*

## НАБЛЮДЕНИЯ И ОПЫТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОМОМ И MORMYRUS, ОБИТАЮЩИМИ В НИЛЕ

*Проф. Бабухин*  
из Москвы  
(Писать редактору)

(С приложением табл. VI)

Верхний Египет, 28 мая 1877 г.

Ваше последнее письмо, посланное мне вслед г-ном Freiherrn из Заурмы, хотя намного опередило меня на моем пути, получил же я его только в начале марта по прибытии в Луксор. После продолжительного, малоприятного плавания по Нилу в некоем подобии клетки на две кровати три шага в длину, три в ширину и такой высоты, что еле-еле можно просунуть палец между макушкой головы и потолком, от частых остановок и исследования нильского дна и берегов, хотя и полезного, но не особенно обязательного, прибыл я на место таким уставшим и изнуренным, что был не в состоянии сразу поблагодарить Вас за Ваше письмо. Кроме того, мне пришлось продолжить исследование Нила. Лишь в конце апреля устроился я здесь с жильем и начал собирать богатый урожай наблюдений. Но об этом потом.

Прежде всего должен я исправить одну ошибку. Из слов в моей статье в Centralblatt, 1875, стр. 164: «Арабские рыбаки ... утверждают, что электрический сом производит на свет живых рыб; но так как они прибавляют, что некоторые из них сами видели, как рыба через рот мечет своих мальков, то приходится их высказывания считать вымыслом». Вы или г-н д-р Gad заключили, что я сомневаюсь в возможности того, чтобы рыба могла свое потомство отрывать через рот. Однако я там продолжаю: «С июля по декабрь невозможно ничего увидеть в грязной нильской воде». К этому относятся мои сомнения насчет справедливости того высказывания, но не к фак-

ту рождения через рот, так как я уже тогда моим коллегой Kowalewsky был проинформирован, что *Amphioxus* свою икру мечет через рот<sup>1</sup>.

Я убедился, что если и можно увидеть что-нибудь в нильской воде (но не в самом Ниле), то только в ноябре, т.е. когда вода в Ниле начинает спадать и на суше остаются маленькие водоемы и арыки, изолированные от главного русла. В них вода постепенно становится прозрачной и полна рыбной молоди и различных рыб, часть которых вылавливают феллахи, а часть из них погибает. В такой прозрачной воде, конечно, можно было бы увидеть, как *Malopterurus* мечет из себя свою молодежь. Однако в ноябре период икрометания у всех рыб уже прошел. Но даже если бы египетский рыбац (между прочим, стоящий на самой низкой ступени просвещения) и увидел, как мелкие рыбешки выплывают изо рта электрического сома, то он не мог бы с чистой совестью утверждать, что это якобы акт рождения, а не то, что эти мелкие рыбешки, быть может, стараются увернуться от того рта, действующего, как всасывающий насос, чтобы он их не проглотил. То, как электрический сом проглатывает живой корм, например дождевых червей и мелких рыбешек, может способствовать такому заблуждению: он всасывает их<sup>2</sup> и снова выбрасывает изо рта, повторяет это несколько раз, не давая рыбешкам возможности вырваться из поднятого им водоворота. Он играет со своей жертвой, как кошка с мышкой.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Г-н д-р Gad уже обратил внимание на то, что по последним наблюдениям Lortet (*Comptes rendus etc.* 1875, том LXXXI, С. 1196.) в Тивериадском озере встречается рыба (*Chromis pater familias*), самец которой отложенную самкой икру заглатывает, в своих жабрах доводит ее до полного развития и живыми мальками выпускает изо рта. “Я считал небесполезным сообщить об этом письмом г-ну проф. Бабухину, так как мы (г-н д-р Gad и я) в самом деле думали, что сомнения г-на Бабухина в достоверности всего рассказанного рыбаками относятся к приписываемому электрическому сому живорождению через рот, которое нам самим казалось чем-то новым и неслыханным”.

<sup>2</sup> См. мои “*Gesammelte Abhandlungen*” (Сборник статей), том II, стр. 606. - [E.d.V.- R.]

<sup>3</sup> Я с изумлением наблюдал, что электрические сомы, когда они очень голодны и помещены в тесное пространство, например в аквариум, дерутся друг с другом не на жизнь, а на смерть. Начинается с того, что один из них, как баран, своим рылом толкает другого в бок. Тот отвечает тем же. Тогда первый так вцепляется в толстую кожу другого, что трудно его оторвать. К тому же он нападает все снова и снова. На укушенном месте эпидермис слезает и образуется белое пятно, которое теперь привлекает еще и других электрических сомов. Если в таком состоянии раненого электрического сома изолировать в другом садке, то он все равно погибает; белое пятно становится красным, пораженное место постепенно размягчается; появляется плесень, кожа и электрические органы отваливаются кусками, обнажая мышцы. И таким образом возникает большая рана, дно которой образуют обнаженные мышцы. Но если больной электрический сом остается вместе с другими, то те поддерживают естественный процесс, все время откусывая у него маленькие кусочки кожи и электрических органов. При таких обстоятельствах я потерял 13 штук молодых электрических сомов длиной 5 см и даже один очень сильный экземпляр длиной 20 см. Когда же я потом стал изолировать *Malopteruri* сразу же после того, как они были пойманы, мне уже удалось законсервировать шесть мелких экземпляров. Как ни странно, такие неприятности прежде не случались, хотя я очень часто сразу много *Malopteruri* держал в одном сосуде. [В моем аквариуме электрические сомы тоже свирепо дрались. *Gesammelte Abhandlungen* и т.д. (Сборник статей), том II, С. 606. – E.d.V.-R.]

В общем, я научился с большой осторожностью относиться к рассказам арабов. С простым арабом в Верхнем Египте очень трудно объясняться, приходится набираться терпения и затрачивать очень много времени, чтобы его разговорить. Он считает европейцев *Nata* (чужаками), которые совершенно не заслуживают того, чтобы мусульманин возился с ними. К этому надо еще добавить великое множество метафор в арабской манере выражаться и, к сожалению, большую тоже склонность обманывать чужеземцев. Если, например, спросить: «Как *Raad* (электрический сом) производит на свет своих мальков?», то араб складывает губы трубочкой и прижимает пять пальцев вокруг рта, пальцы снова отнимает и говорит: «*Raad* родит изо рта.» – Потом вздыхает пару раз и говорит: «Таким вот образом.» – Вопрос: «В какое время?» – Ответ: «Когда Нил становится красным.» – В.: «Он сам это видел?» – О.: «Много раз.» – В.: «В каких местах он это видел?» – О.: «Где много камней.» – В.: «Поднимается ли *Raad* потом к поверхности воды?» – О.: «Нет, он всегда остается в глубине.» – В.: «Как велики мальки?» – О.: «Как маковое семя.» – В.: «Как же он мог разглядеть в глубине таких мелких рыбешек, когда невозможно ничего разглядеть в стакане, наполненном красной нильской водой?» – О.: Молчание. По некотором размышлении араб говорит: «Он не видел, как *Raad* родит, но все нильские рыбы рождаются через рот, так что и *Raad* должен родить через рот, да так написано и в книгах мудрецов.» – В.: «У каких рыб он видел, как они рождаются через рот?» – О.: «Только у одного *Vulti*.» (Я не знаю систематического названия этой рыбы, но наверняка она относится к *Syringioidea*.) В.: «Как он это делает?» – О.: «Просто выпускает своих мальков изо рта, еще говорят, и свою *Batrach* (икру) тоже; но если *Vulti* видит, что выбранное им место неудобное, то он всасывает икру обратно в рот и ищет другое место». Это наблюдение, может быть, и верное, ибо *Vulti* мечет икру, когда нильская вода относительно прозрачная, чище не бывает. Было бы, конечно, очень интересно проверить эти высказывания рыбаков. Но к сожалению, для этого у меня не было времени, да кроме того, интересовала меня эта тема лишь постольку, поскольку она связана с вопросом, как можно достать себе эмбрионы *Malopterurus*.

В отношении них, как уже сказано, провел я самые широкие исследования. Вы уже знаете, что я теперь располагаю большим числом живых *Malopteruri*. Я собрал их за пять месяцев, чтобы в свое время привести их в такое состояние, чтобы они могли оплодотворяться. Этих рыб я ни для каких других целей не предназначал. Но Вы знаете, каково мне с ними пришлось<sup>1</sup>. Кроме того, имея в виду рассказы рыбаков, я постоянно покупал

---

<sup>1</sup> Centralblatt и т.д. 1875, С. 164-165. – С одной частью этих рыб случилась следующая история, о которой я в только что указанной публикации не упомянул. Около 25 рыб я оставил в саду хедива под присмотром одного француза, который, между прочим, заведует птичьим двором его Высочества. Когда я после долгого отсутствия спросил его, как мои рыбы, он ответил мне: “Hélas, Monsieur, il est arrivé un malheur; les chats de son Altesse ont mangé tous vos Raad...” (Увы, месье, случилось несчастье, кошки его Высочества съели всех Ваших Raad...”).

снудых электрических сомов и самым тщательным образом анатомически их исследовал, в том числе рот и жаберную полость. Там я никогда ничего не находил, кроме ила иногда у *Mormyrus* и еще червей у *Malopterurus*. При этом я отнюдь не намерен оспаривать возможность того, что электрические сомы «насиживают» свою икру в жаберной полости. Я желал бы всей душой, чтобы это так и было. Но я тогда из-за жары сделался таким нервным и раздражительным и так часто болел дизентерией, что вынужден был оставить Египет, до того как для *Malopterurus* пришло время метать икру, хотя указанный *Bilharz*'ем момент уже давным-давно прошел.

Не могу, впрочем, не заметить, что в своей нынешней поездке то здесь, то там, хотя и очень редко, находил я рыбаков, которые говорили, что *Malopterurus* икру выпускает через анус, как все другие рыбы. Самка якобы отыскивает удобное место, делает в земле углубление и «бормочет» (?!), звуками привлекая самца. Если тот приближается, то самка откладывает свою икру в ямку; самец сразу же оплодотворяет ее, и тогда самка его прогоняет. Она прикрывает икру своим телом и «сидит» на ней до тех пор, пока из икринок не выведутся мальки. И этим, мол, *Malopterurus* отличается от других рыб, которые оставляют свою икру на волю *Robbina* (Аллаха). Как видите, я ничего не упустил, чтобы убедиться, действительно ли *Malopterurus* своих мальков производит на свет через рот. Но, к сожалению, ни три года тому назад, ни теперь не был я в состоянии выполнить самое главное, а именно в период икрометания электрического сома провести свои наблюдения.

Я уже писал Вам, что в этот раз прибыл в Египет в самое подходящее время, когда не только попадается много электрических сомов, но и эмбрионы, пожалуй, тоже можно найти. У меня, однако, из-за состояния здоровья не было намерения изучать эмбрионы, я хотел в следующий раз исключительно ими заняться. Теперь же я хотел бы ограничиться лишь проверкой моих предыдущих исследований. Я ехал в Египет, преисполненный надеждой, что это будет совсем нетрудно. Я рассчитывал, как и три года тому назад, получить от хедива все полномочия поступать с рыбами и рыбаками так, как найду нужным. Вы уже знаете, как я обманулся. По причинам, которые я сейчас не стану повторять, не достиг я цели тем прежде использованным мною, самым простым путем. Шесть недель прошли в бесплодных переговорах; наступило то время года, когда *Malopterurus* почти совсем исчезает и заполучить его можно очень редко, да и то лишь в виде исключения. Вот я и решился уже в отчаянии обратиться к Вам за помощью. Нынче получил я от имперского германского генерального консула г-на *Freiherrn* из Заурмы рекомендательные письма к германским агентам, которые должны находиться почти во всех крупных населенных пунктах Верхнего Египта. И хотя это была только жалкая бумажка по сравнению с моим прежним всевластием над рыбаками, все же я решился, вопреки всему, предпринять это путешествие.

Прежде всего интересовал меня вопрос, где четыре месяца прячутся электрические сомы, после того как они почти внезапно исчезли. Рыбаки рассказывают об этом разные истории. Одни говорят, что *Malopterurus* уходит в глубину, чтобы там «высиживать» своих мальков. Другие, что он в самых глубоких местах Нила, где самое сильное течение воды, зарывается глубоко в землю. В таком случае его очень легко было бы поймать неводом, однако не удается. Прежде я много наблюдал за образом жизни электрических сомов и заметил, что они не закапываются, но охотно прячутся в естественных хорошо защищенных углублениях и норах. Если два камня так близко друг к другу лежат, что между ними под сводом остается свободное пространство, то электрические сомы охотно влезают туда и защищаются от других хищных рыб электрическими ударами, как выстрелами из заряженного ружья. Если электрический сом в земляном берегу находит нору, великое множество которых я часто видел, то он охотно забирается внутрь и остается там, как это у нас обычно делают речные раки. Однажды принесла мне арабская женщина глиняный кувшин, который она нашла при самом низком стоянии воды в Ниле, и сказала, что этот кувшин кусается, если к нему прикоснуться. Я нашел в нем прекрасный экземпляр *Malopterurus*, который использовал кувшин как корабль-броненосец. Не упуская из виду все эти факты, искал я электрических сомов во время своего путешествия как в местах, где дно Нила ровное и песчаное, так и там, где оно обильно покрыто илом, но все безуспешно. В этих местах поймали мы неводами много других рыб, но ни одного электрического сома. На каменистых местах невозможно было использовать неводы. Даже с удочкой не достиг я никаких результатов. Рыбаки тоже говорят, что электрический сом в это время не клюет. Однако для себя я старательно отметил места, где, как предполагал, отлеживались *Malopterurus*, чтобы, когда начнется жара и электрический сом, хотя и в малом числе, опять появится (в начале апреля), снова попытаться счастья. И действительно, на обратном пути в начале апреля мои старания увенчались успехом. Рыбаки тоже знают эти места, но избегают их, потому что, во-первых, боятся изорвать на камнях свои сети, а во-вторых, в этих местах очень мало найдется другой рыбы, которую можно было бы выгодно продать на базаре; в частности, снулый электрический сом стоит на рыбном рынке не более пяти пфеннигов. Нередко бывает даже, что рыбаки не могут точно указать места, где может находиться Raad, а естествоиспытатель разбирается в этом лучше, чем они, как показывает следующая история. В одном ничем не примечательном городе между Луксором и Асьютом собрал я рыбаков и спросил, часто ли им попадался Raad? Ответ был: «Очень редко». Далее я спросил, встречается ли эта рыба в ближайших окрестностях города. Ответ: «Нет, за ней нужно очень далеко ехать туда, где горы». Я сказал рыбакам, что они у себя под ногами, быть может, в пяти шагах от их домов могут найти электрических сомов, если только захотят поискать. Рыбаки высмеяли меня. Когда же я в начале апреля снова приехал в этот город, то сразу же по своему прибытии попросил одного мальчика забросить удочку в

указанном мною месте, и менее чем через полчаса принес он мне электрического сома. Так как я в этом городе даже нашел сносную комнату для работы, что в Верхнем Египте очень редко удается, то сейчас же и решил сделать ее своей резиденцией. С этого времени стал я получать в большом количестве живых электрических сомов, но, к сожалению, только пойманных на удочку, потому что они все еще держались своих убежищ и не появлялись в середине реки, как во время половодья, когда можно ловить их сетями, и они остаются в целостности и сохранности.

Кроме того, к великой своей радости нашел я места, где электрические сомы своих мальков либо извергают из себя через рот, либо производят их на свет, как другие рыбы, что для меня совершенно все равно. Главное, что в этих местах в подходящее время наверняка можно добыть мальков. У меня в это время уже было не менее 20 штук электрических сомов, и все одного размера (6 см в длину). Все они наверняка появились на свет в одном и том же месяце и не ранее прошлого года. Но на вид они были разные. Одни сверху уже оливково-серые, снизу белые, другие ровного желтоватого цвета и очень прозрачные с мелкими, беспорядочно разбросанными черными пятнами по бокам. Эту разницу в окраске я уже видел и на некоторых зрелых экземплярах. Последняя окраска встречается, однако, очень редко. В таких местах мне много раз ловили рыбу то мелко-, то крупноячеистыми сетями, но всегда ловились электрические сомы только одного размера, а именно 6 см в длину, и никаких других не попадалось. Рыбаки уверяют, что им здесь только раз в году попадаются крупные электрические сомы во время половодья. Ясно, что во время половодья крупные электрические сомы все-таки сюда заходят, выполняют функции размножения и потом удаляются в главное русло. Малькам приходится оставаться здесь до следующего половодья, когда они потом тоже уйдут в главное русло, чтобы там продолжать расти или стать добычей других хищных рыб. Все же очень странно, что мелкие электрические сомы по сравнению с крупными экземплярами, вообще, попадаются очень редко даже во время половодья. Однако довольно о моих естествоведческих изысканиях, от которых я давно уже охотно бы отказался. И предпочел бы, чтобы в этом отношении зоологи наставили меня на истинный путь. Я спрашивал некоторых известных зоологов об электрическом соме, но никто не смог дать мне какую-либо справку. И все же зоологи с их опытом в таких делах могли бы сделать гораздо больше, чем кто-нибудь из нас. Лично я считаю три месяца своего путешествия напрасно потерянным временем, хотя в конце концов выполнил все, что хотел.

Итак, только в начале апреля получил я в свое распоряжение первого живого электрического сома, и притом пойманного как раз на том месте, о котором рыбаки говорили, что там никаких электрических сомов не поймать. Меня этот город привлек тем, что место, где поймали *Malopterurus*, было совсем близко, и пойманный удочкой *Malopterurus* уже через две минуты мог лежать на моем рабочем столе. Кроме того, нашел я здесь сносное

жилище, какое, как говорят, в Верхнем Египте весьма трудно найти. Арабские дома большей частью без оконных стекол, и всякая гистологическая работа становится совершенно невозможной из-за пресловутой египетской пыли. В своей рабочей комнате все щели вплоть до мельчайших дырочек, которыми изобилуют арабские окна и двери, я тщательно заклеил бумагой, несмотря на это поверхность линз и покровные стекла сразу же после протирания покрываются тончайшей пылью.

При микроскопическом исследовании электрических органов электрического сома я не так много чего нового нашел. Разница, если хотите знать, скорее количественная, чем качественная. Я еще более убедился, что исследование Torpedo и других электрических рыб, собственно говоря, легкая забава по сравнению с исследованием электрического сома. В нем Природа словно постаралась все сделать непонятным. При первоначальном исследовании свежего объекта меня удивило, с какого же это препарата Max Schultze, а недавно и г-н Boll сделали свои рисунки, на которых показан переход миелинсодержащего волокна в черешок электрического тела. Max Schultze изображает их концы с четкими симметричными контурами; тогда как здесь всегда находится много ядер, которые по сути своей очень разные (см. рис.1). Кроме того, оба конца обволакиваются таким толстым слоем грубой, ни в каком реагенте не распадающейся соединительной ткани, что истинная картина может проявиться только при чрезвычайно трудоемкой работе и большом опыте. Г-н Boll показывает при этом некоторое количество уплотнившейся миелиновой субстанции, которая якобы заслоняет собой оба конца и делает их недоступными для наблюдения; однако же находится здесь такое незначительное количество миелиновой субстанции, что она только при сильном увеличении становится заметной и при уплотнении никоим образом не мешает наблюдению. Я начинаю думать, что оба наблюдателя изобразили связь миелинсодержащего нервного волокна с черешком электрического тела скорее так, как они ее себе представляли, а не как видели на самом деле.

Я уже опубликовал тот факт, что так называемые ядра электрических тел – это, в сущности, звездчатые клетки. Лучше всего видны они на свежих препаратах, и притом в пластинках, к которым не прикасались ни ножницами, ни иглами. Лучи звездчатых клеток очень тонкие и нечеткие; однако для опытного глаза сразу же заметные. Но они исчезают очень быстро, сначала распадаясь на мелкие палочки, а потом и до зернышек, которые накапливаются вокруг ядра, что придает ему вид, как будто оно окружено протоплазмой. Г-н Boll принял это за естественное явление и так изобразил на рисунке. Ранее обнаружил я, что звездчатые клетки ни в одном из известных реагентов не поддаются консервации. Лишь один раз удалось мне сохранить их в хлористом золоте, хотя и не совсем полностью. Но теперь я убедился, что надосмиевая кислота еще лучше служит этой цели, но для нее

требуется определенная температура. Если препарат три или четыре - <sup>1</sup> остается на предметном стекле в глицерине или ацетате калия и т.д., то лучи тоже, к сожалению, исчезают. Лучи клеток и лучи амёб<sup>2</sup> или белых кровяных телец обнаруживают сходство между собой еще тогда, когда клеточная протоплазма превращается в тончайшие волоконные нити. Лучи клеток тоже такие же неодинаковые и иногда разветвляются, хотя и очень редко. Они отходят со всех сторон круглых ядер. Я предпочел бы называть эти клетки *волосатыми* клетками (см. рис.2). Однажды я видел, что два луча соседних клеток как будто бы состояли в органической связи друг с другом.

Особенно прекрасная картина открывается, если рассматривать пупырчатое вздутие заднего листка разделительной мембраны электрического тела (рис.3). Под микроскопом оно имеет вид диска, в середине которого лежит звездчатая клетка, испускающая свои лучи к его краям, обрамленным красивой бахромой из стоящих вплотную друг к другу палочек. Если электрическую пластинку рассматривать под микроскопом с передней стороны, то сначала видно тесное скопление чрезвычайно мелких точек, которые соответствуют поперечному срезу вертикально стоящих палочек. Потом при постепенном опускании тубуса появляется много комочков одинаковой величины, которые расположены на одинаковом расстоянии друг от друга (рис.4). От этих комочков отходят в горизонтальном же направлении во все стороны лучи, которые состоят из тончайших волоконных нитей одинаковой толщины, так что вся поверхность электрической пластинки при определенной установке фокуса кажется усеянной звездами. И уже гораздо глубже лежат вышеупомянутые волосатые клетки. Кроме того, в субстанции дискообразной части электрического тела находится много волоконных нитей опять-таки одинаковой толщины. О происхождении и возможных связях этих волоконных нитей у меня до сих пор нет ясного представления. Лучи волосатых клеток, лучи только что упомянутых комочков и эти волоконные нити придают поверхности электрической пластинки вид какой-то паутины. Я предпочел бы все это считать артефактом, нитевидным продуктом уплотнения, который так легко прилипает к посторонним предметам, как например фибрин и многие тонкие, игольчатые кристаллы, если бы не наблюдал волосатых клеток на препаратах, которые были получены от сильно бьющих током рыб и самое большее через пять минут попадали под микроскоп. Однако я совершенно отчетливо увидел, что волосатые клетки можно найти не на тех пластинках, к которым прикасались ножницами или иголкой, но между ними на пластинках, которые они собой защитили. Можно было бы спросить, может ли процесс уплотнения протекать за несколько секунд. Должен ответить на этот вопрос утвердительно; у

---

<sup>1</sup> В рукописи, по-видимому, пропущена единица времени.

<sup>2</sup> Довольно примечательно, что в то же время, когда г-н Бабухин в Верхнем Египте у *Malopterurus* в электрических пластинках признал сходство их звездчатых клеток с амёбами, в Венесуэле г-н *Sachs* сравнил с амёбами соответствующие образования в пластинке у *Gymnotus*. См. выше С.74. [E.d.B.-R.]



Mormyrus уплотнение содержимого электрической пластинки происходит мгновенно в ходе ее препарирования. Но об этом потом.

В черешке электрического тела, как и в электрических пластинках, тоже находятся круглые ядра; по краям от них отходят лучи, которые здесь, однако, во все стороны не распространяются, а проходят вдоль черешка. Кроме того, на многих препаратах в свободных промежутках вдоль черешка можно видеть один, два, три ряда мелких зерен, что как раз и есть тот случай, когда чужеродные образования сопровождаются пигментом (как например в сетчатке осьминога) или бесцветными мелкими зернами (например зачаточные осевые фибриллы в электрическом органе у Mormyrus). После обработки серной кислотой пластинки электрического сома очень легко распадаются на два листка. Но довольно о тончайшем строении электрических элементов.

Перерезать электрический нерв, что я намеревался сделать, мне не удалось. Операция эта, в сущности, относится к самым легким; однако в этот раз у меня не оказалось ни одного электрического сома, пойманного сетью, и притом нужного размера. Все экземпляры, которые были пойманы сетями или снастями из пальмовых ветвей, оказались не менее 50 см в длину. У таких экземпляров электрический орган очень толстый, и потому пришлось бы делать очень длинный разрез, чтобы отделить нерв от прилежащей тонкой артерии и не поранить ее, что поставило бы под сомнение чистоту результата. Но если рана велика, то даже при очень тщательно наложенном шве вода проникает между мышцами и электрическим органом, и притом в таком количестве, что рыба иногда кажется вдвое толще, чем в здоровом состоянии, и у нее тогда начинается постепенная мацерация электрических органов. Впрочем, я не жду никаких особенно важных результатов от перерезывания нерва. Во всяком случае, намерен я, быть может, уже в этом году передать эту работу одному из своих ассистентов, который очень искусен в тончайших операциях.

Я не оставил без внимания и физиологическую сторону электрических органов, если позволительно так называть физиологические эксперименты, которые может проделать каждый, у кого имеется в распоряжении маленький индукторный электрогенератор и пара неполяризуемых электродов, а кроме того, бедро лягушки и не одно. Мой индукторный электрогенератор позволяет, однако, тончайшую регулировку силы тока. Вместо лягушек прибегнул я к помощи жаб.<sup>1</sup> К счастью, обнаружил я, что седалище жабы довольно чувствительно; только препарировать его противно из-за выпрыскивания молочного вида секрета кожных желез и труднее, чем у лягушки, из-за сильно развитой соединительной ткани на бедре. Ток электрического органа подводился к седалищу посредством неполяризуемых электродов,

---

<sup>1</sup> По-арабски называются они Dodoff. Этим словом называют арабы всех животных, которые похожи на лягушку. Настоящих лягушек в местности, где я работал, не мог я найти ни одной. (Г-ну Sachs в Венесуэле тоже пришлось обходиться жабами [B. agua]. См. выше С. 77, 88. – E.d.B.-R.)

или же я просто прикладывал нерв бедра жабы к тому или иному месту на поверхности электрического органа, как это делается, чтобы получить вторичную конвульсию. Бедро всегда было изолировано большим предметным стеклом, к которому сургучом была приклеена стеклянная палочка. В общем, я убедился, что эксперименты с органами электрического сома требуют очень большой осторожности, ибо при раздражении самого мельчайшего из видимых нервных ответвлений возбуждается электрический ток не только на всей той половине электрического органа, над которой проводится эксперимент, но переходит и на другую половину, если обе они не разделены полностью друг с другом. Если не предполагается возбуждать рефлекторные электрические удары, то лучше всего электрический орган извлечь и разложить на большой стеклянной пластине, для чего при известном навыке требуется не более пары минут. И тогда получается препарат, с которым можно работать в продолжение двух часов несмотря на абсолютную сухость воздуха и чрезвычайную жару.

1) Я обнаружил, что электрическое ствольное волокно довольно мало чувствительно к электрическому раздражению. Электротоки, которые при раздражении седалища вызывают в бедре полный тетанус, не действуют на ствольное волокно. Но было бы весьма опрометчиво так сразу делать из этого вывод, что осевой цилиндр электрического ствола менее возбудим, чем осевые цилиндры седалища, и что меньшая возбудимость зависит от некоего особого свойства возбудимой субстанции. Между прочим, это явление, по-видимому, зависит от того, что электрический осевой цилиндр обволакивается чрезвычайно толстым периневрием, чем и обусловлена известная толщина ствольного волокна, тогда как у *Malopterurus* толщина самого осевого цилиндра не сильно отличается от толщины некоторых двигательных волокон. В самом заднем двигательном корешке обнаружил я осевой цилиндр, который лишь ненамного тоньше электрического ствольного осевого цилиндра. В общем и целом, у зрелого электрического сома ствольное волокно, быть может, в десять раз толще, чем у жабы в седалище. Электротоки, которые не оказывают никакого действия на ствольное волокно, могут возбуждать латеральные ответвления. Чем тоньше ответвление, тем слабее токи, необходимые и достаточные для его возбуждения. Чем меньше рыба, тем, значит, тоньше ствольное волокно, тем более слабые возбуждающие токи приводят электрический орган в действие. Все двигательные нервы электрического сома возбуждаются более слабыми электротоками, чем электрический нерв. Примечательно, что электротоки, которые непосредственным раздражением вызывают у мышц лягушачьей или жабьей голени четко выраженный тетанус, не в состоянии сразу же возбудить электрическое ствольное волокно.

2) К механическому раздражению электрические нервы и все их разветвления, напротив, очень чувствительны. Перерезание ствольного волокна, как и его ответвлений самыми острыми ножницами, прижатием, уколом стержня или острого вытянутого конца стеклянной трубки всегда дает ре-

зультат даже в случаях, когда при последующем микроскопическом исследовании обнаруживается, что осевой цилиндр был затронут лишь частично. Если электрический сом еще не утомлен, то можно вызвать довольно сильные электрические удары надрезами электрического органа даже в местах, где невооруженным глазом не различить нервных волоконцев на его обращенной внутрь поверхности. Следовательно, в экспериментах с этим органом электрического сома в случаях, когда использованный для возбуждения электроток не дал бы результата, то тогда механическое возбуждение было бы весьма целесообразно, если не имеется в виду вызвать тетанию органа. Тетаническое возбуждение нервного волокна вызывает ряд электрических разрядов, которые в зависимости от жизнеспособности органа следуют друг за другом в течение более длительного или более короткого времени. Электрические удары чувствительны для пальцев, и складывается впечатление, как будто бы пальцы прикоснулись к самому индуктору. Бедро жабы приходит в состояние глубокого тетануса.<sup>1</sup> Если после более или менее продолжительного возбуждения тетанус в бедре жабы окончательно ослабнет, достаточно приблизительно на полсекунды прервать индукционные токи, чтобы при возобновленном наложении электродов вызвать новые электрические разряды. Я убедился, что в большинстве случаев (но не всегда) электрический орган утомляется раньше, чем бедро жабы. Когда с развитием тетании электрических нервов бедро (как индикатор тока) выходит из состояния тетануса, то перерезание электрического нерва еще очень часто вызывает сильную конвульсию. Значит, электрический нерв стал нечувствительным к дальнейшему электрическому возбуждению, но не к механическому раздражению.

3) Из литературы об электрических органах известно, что при единичном возбуждении электрического нерва можно получить два быстро друг за другом следующих электрических разряда.<sup>2</sup> Я обнаружил, что иной раз при быстром и ловком перерезании электрического нерва бедро жабы (как индикатор тока) приходит в состояние тетануса, которое очень часто длится две – три секунды. Но это явление наблюдается только на утомленных органах. У жизнестойких органов я никогда ничего подобного не замечал и полагаю, что тетаническое состояние зависит не от естественного свойства электрического нерва или других составных частей органа, но от изменившейся возбудимости этого самого нерва. Если перерезание электрического нерва вызывает тетаническое сокращение в бедре (как индикаторе тока), то перерезание непосредственно седалищного нерва возбуждает лишь одну единственную конвульсию.

4) *Если отпрепарировать от электрического органа, например, третью часть длины электрического нерва с его заднего конца вместе с латеральными ответвлениями или без них и потом оставить на стеклянной подложке, то каждый разрез на заднем, свободном конце стилового*

---

<sup>1</sup> Сравните *Gesammelte Abhandlungen* и т. д. Том II, С. 645. E.d.V.-R.

<sup>2</sup> Я не могу указать, откуда это взято. E.d.V.-R.

волокна или на его ответвлениях вызывает электрические удары все равно, как если бы возбуждался передний конец. Тем самым представлено наиболее убедительное и прямое доказательство двойственного характера проводимости возбуждения в осевом цилиндре. Опыт в высшей степени элегантный, и его легко можно было бы показать большой аудитории, если бы у нас были электрические сомы. Препарат портняжной мышцы по Kühne<sup>1</sup> не дает таких поразительных и убедительных результатов и, кроме того, будет малополезен при дальнейшем обсуждении вопроса. Итак, я нашел, что электрический орган или часть его всегда приводится в действие все равно, один ли, другой ли конец ствольного волокна возбуждается. Однако сказывается разница в силе электрического удара в зависимости от толщины осевого цилиндра в месте воздействия на него. Чем тоньше становится осевой цилиндр, тем слабее бывают удары. При возбуждении мелких ответвлений удары самые слабые. Но если задний сегмент ствольного волокна сразу вместе с ближайшими латеральными ответвлениями раздражать, то сила удара значительно возрастает. При возбуждении передней трети ствольного волокна можно получить удары одинаковой силы все равно, передний ли, задний ли конец этого сегмента раздражается. Суждение о силе удара в отсутствие всех измерительных приборов, конечно же, только приблизительное. Но было бы очень интересно увидеть, что произойдет, если две навстречу друг другу бегущие волны возбуждения встретятся в той точке, где берет свое начало латеральный осевой цилиндр. Такой опыт едва ли выполним, тем более что латеральные осевые цилиндры, ответвляясь, не сразу отходят в сторону от главного осевого цилиндра, а сначала какой-то отрезок пути проходят рядом с ним в общей оболочке. Но этот опыт, рассчитывая только на терпение и удачу, я все же поставил и затратил на него лишь то время, когда от утомления больше был не способен к другой работе. Я работал с передней третью ствольного волокна, где осевой цилиндр на всем протяжении почти одинаковой толщины. Выбрал я боковое ответвление, которое отходит от середины вышеуказанного отрезка ствольного волокна, и затем отпрепарировал из электрического органа оба конца ствольного волокна до самого начала ответвления выбранного мною латерального волокна. Затем положил оба конца рядом друг с другом на влажную деревянную дощечку и перерезал острым скальпелем сначала один конец, потом другой, чтобы увидеть силу сокращения бедра как индикатора тока. После того как я вполне убедился в том, что перерезание каждого нервного конца по отдельности возбуждает почти одинаково минимальные сокращения, перерезал я оба конца по возможности одновременно. Конечно, было бы удобнее возбуждать индукционным током, но по вышеуказанной причине я отказался от этого. Для двух рядом друг с другом лежащих нервов пришлось бы усиливать ток, из-за чего мог бы возникнуть униполярный эффект. Кроме того, не было бы уверенности в одинаковом действии тока на оба конца

---

<sup>1</sup> Monatsberichte der Berliner Akademie, 1849, С. 400. – Этот же Archiv, 1859, стр. 595. (E.d.B.-R.)

стволового волокна. Однако механическое возбуждение сопряжено с другими неудобствами. В частности, электрический ток рыбы может быть такой силы, что под его воздействием возбуждаются максимальные сокращения в бедре (как индикаторе тока). Чтобы преодолеть это затруднение, постарался я электрический ток рыбы по известным правилам так ослабить, чтобы возбуждение только одного конца нерва приводило лишь к минимальным сокращениям. В большинстве случаев при одновременном возбуждении обоих нервных окончаний я не заметил ни одного существенного изменения в силе сокращения по сравнению с возбуждением одного нервного окончания. Очень часто я замечал легко объяснимое увеличение продолжительности сокращения. Но пару раз наблюдал я значительное усиление сокращения. Если отпрепарировать электрический нерв на одной стороне еще связанного с ним органа, то даже сильнейшее возбуждение его периферического конца не приводит в действие другую половину электрического органа. Если мозг отсечен, то обе половины электрического органа ни в какой прямой связи друг с другом более не состоят, что во всяком случае благодаря бесчисленным отросткам электрических нервных клеток вполне могло бы быть.

Возникает множество важных вопросов, относящихся к общей физиологии и к физиологии электрических органов, на которые могли бы быть найдены ответы у электрического сома; но для этого нужно иметь необходимые приборы и не работать в Верхнем Египте, где даже в очень посещаемых местах, как, например, Луксор, еще господствует каменный век или, вернее сказать, вернулся вновь. Однажды не мог я ни в Луксоре, ни в соседних городах достать железную проволоку.

5) Что касается отравления, вызываемого кураре, то еще в 1875 г. задавался я вопросом, справедливо ли г-н Voll утверждал, что рыбы совершенно не чувствительны к кураре, и действительно ли рыбы переносят такие большие дозы кураре, как это некоторыми установлено. Иммунитет рыб к кураре может зависеть от различных побочных обстоятельств и, прежде всего, от того, что впрыснутый кураре у них не так быстро всасывается, как у других животных, и лишь медленно, мелкими порциями переходит в кровь. Во-вторых, иммунитет может еще и от того зависеть, что самые кончики двигательных нервов менее подвержены действию кураре, чем у других животных, так как обволакивающая те кончики субстанция способна лишь на очень медленный эндосмотический процесс. Например, электрические пластинки у *Torpedo* через капилляры освобождаются от слизи. Первый вопрос разрешил я таким образом, что нескольким особям *Torpedo* в разные места и в разных дозах впрыснул кураре и нашел, что взрослому экземпляру *Torpedo* для полного паралича двигательных нервов за 15 или 20 мин. нужно впрыснуть под кожу 3 см<sup>3</sup> двухпроцентного раствора кураре (2 г на 100 см<sup>3</sup> воды). Если же я этот раствор впрыскивал прямо в кровоток (что с *Torpedo* очень легко выполнимо), то уже 1 см<sup>3</sup> его оказывал действие. Опыт проводился в венецианском аквариуме в присутствии директора та-

мошного зоологического музея. В результате иммунитет электрических рыб к кураре оказался как будто бы на треть ниже. По сравнению с *Torpedo* электрическому сому гораздо труднее делать впрыскивание непосредственно в кровоток. Впрочем, у того и другого окончания двигательных нервов обнаруживают одинаково низкую сопротивляемость кураре. Один электрический сом уже через 7 минут был полностью парализован, когда я впрыснул ему по 1 см<sup>3</sup> вышеуказанного раствора кураре под электрические органы и (случайно) один раз в стенку кишки. После сильного механического раздражения поверхности тела в разных местах получил я сильные электрические удары. Тогда я отпрепарировал одну половину электрического органа и, когда убедился, что обнаруживаются те же явления, что и у неотравленных органов, захотелось мне посмотреть, действительно ли двигательные нервы полностью парализованы, и непосредственно их возбудить. Однако по известным причинам добиться этого у рыб с удлиненной формой тела намного труднее, чем вообще у скатов обыкновенных, у которых двигательные нервы на значительном протяжении могут быть обнажены. К счастью, электрический сом для физиологических опытов такой же удобный объект, как и лягушка. Крупные экземпляры, у которых удалены электрические органы, могут жить еще четыре часа. Поэтому я надеялся, что если обнажить мозг и часть спинного мозга, то после такого жестокого обращения рыба еще поживет. В то же время мог я возбуждать двигательные корешки на голове и у позвоночных нервов. Для этого использовал я такой силы индукционные токи, которые в бедре жабы вызывают минимальные сокращения. Неосторожно прикоснулись при этом мои электроды к *Medulla oblongata*; и вдруг получил я такой сильный удар от той единственной оставшейся у рыбы половины электрического органа, что несколько минут не мог прийти в сознание. При возбуждении сенсорных нервов головы снова вызвал я очень сильные электрические удары. При возбуждении же двигательных нервов головы и позвоночных нервов не наблюдал я сколько-нибудь заметного сокращения мышц. Так что с рефлекторными разрядами все, как у *Torpedo*. И у него легчайшее прикосновение к переднему краю тела, особенно в области головы, а значит, и возбуждение окончаний тройничного нерва, вызывает рефлекторные электрические удары, тогда как сильное механическое раздражение других частей тела часто остается без последствий. Этот опыт с электрическим сомом много раз повторен с тем же самым результатом.

В этом опыте, хотя был я настороже во избежание обмена электрическими ударами, все же видел, что мышцы у рыбы сильно сокращаются, но тело остается неподвижным, совсем как это бывает у человека, когда он, например, сильно напрягает сразу все мышцы груди и живота. Но иногда тело рыбы изгибалось в ту сторону, где оставалась нетронутой половина электрического органа. Напряжение всех мышц можно наблюдать и у неотравленного электрического сома, если его прикрепить к доске, прибив к ней гвоздем его нижнюю челюсть. Сначала лежит он спокойно, т.е. не делает

никаких резких, беспорядочных движений, чтобы освободиться; наблюдаются только вздрагивания и подергивания, например *Mm. branchiales*. Брюшко при этом становится круглее, и потому все выглядит почти что так, как будто бы рыба слегка подпрыгивает, но не для того, чтобы покинуть свое место. Если в это время чаще прикладывать палец к электрическому органу, то можно заметить, что почти каждая конвульсия сопровождается электрическими ударами; но иногда и нет.

Что касается способов защиты, то много раз замечал я, что если мелкий электрический сом на другого, более крупного сома собирается накинуться сбоку и укусить его (см. выше примечание 3), то он сразу же отскакивает далеко назад, и опущенный в воду палец ощущает при этом электрический удар. Большая же рыбина остается совершенно спокойной. И вообще, электрический сом большой поклонник Будды. Если ему хватает воды, то он может целыми днями неподвижно лежать в нильской воде, не делая ни малейшего движения, даже не показывая виду, что дышит. Если же мелкий *Malopterurus* не показывает никакого злого умысла, то он может совершенно спокойно плавать вокруг большой рыбины и даже располагаться у нее под брюхом. Я не любитель объяснять такие явления; слишком легко ошибиться в толковании аффектов и устремлений, особенно у глубоководных рыб. Я могу только, опираясь на вышеупомянутые опыты, утверждать, что сильные электрические удары электрического сома не остаются без воздействия на его собственные мышцы. Что тело рыбы, не исключено, что и спинной мозг, при электрическом ударе образует замыкающую цепь для электрического органа, в этом можно убедиться посредством такого индикатора тока, как бедро жабы.

Мне удалось исследовать шесть видов *Mormyrus*, и я окончательно убедился, что у них *электрические* органы тоже происходят от мышц и, полностью сформировавшись, частично сохраняют их характерные черты, по моим наблюдениям, подобно тому, как у скатов обыкновенных<sup>1</sup>, однако все же с одним существенным отличием. Предшествующие наблюдатели уже видели, что у *Mormyrus* электрические пластинки с меандрическим рисунком, и в том нашли сходство с поперечными полосами мышц. Без дальнейших исследований это, конечно, было лишь недостаточно обоснованным предположением. Кроме того, меандрический рисунок обычно встречается в тканях, которые никоим образом нельзя назвать мышцами. В качестве доступного объекта такого рода рекомендую маленького, прозрачного паучка, который становится вредителем наших комнатных растений. Снаружи у него на скелете очень красивый меандрический рисунок, который очень мешает наблюдать лежащие ниже мышцы.

Я убедился, что у *Mormyrus* так называемые электрические пластинки состоят из трех листков, которые при соответствующей обработке могут быть отделены друг от друга (рис.5). Оба наружных листка почти одинако-

---

<sup>1</sup> Этот же Archiv, 1876, С. 530 и следующие.

вого строения, они бесструктурные, с внутренней стороны выстилаются слоем зернистой субстанции и содержат бесчисленное множество круглых ядер. Один из этих листков является непосредственным продолжением оболочки бесцветных нервных волокон, которые, как известно, очень толстые. Средний листок состоит исключительно из плоских, очень тонких мышечных волокон или мышечных связок, которые рядом друг с другом в тесноте и беспорядке лежат (рис.6). На каждом отдельном волокне четкие поперечные полосы, все вместе взятые, волокна эти образуют мускулистый листок, который к краю электрической пластинки становится толще, чем в середине и никаким меандрическим рисунком не отмечен. Такой рисунок появляется только тогда, когда через те или другие наружные пластинки просматривается мышечный слой.

Спрашивается, способен ли сокращаться этот мышечный листок? При возбуждении непосредственно самого электрического органа не обнаружил я у него никаких изменений со стороны общего вида и формы. Обычно мышечный листок ведет себя по отношению к различным реагентам, почти как обыкновенное волокно. Как известно, если от живой мышцы отделить мышечные волокна, то они претерпевают разного рода изменения; поперечные полосы очень часто исчезают. Если у *Mormyrus* отпрепарировать электрическую пластинку и рассматривать ее под микроскопом, то видно, что поперечные полосы за две-три секунды целиком и полностью исчезают. Вместо мышечных связок появляются утолщенные веретенообразные тела, которые так расположены по отношению друг к другу, что образуют редкую, нерегулярную сеть. Мышечные же волокна в этом случае сжимаются; полагаю, они уплотняются. Процесс уплотнения при этом, соответственно, должен бы протекать за немногие секунды, быть может, за еще более короткое время. Чтобы лучше были видны поперечные полосы на обычных мышцах, не следует отпрепарированную *живую* мышцу выдерживать в разных жидкостях. Лучше всего видны поперечные полосы лишь тогда, когда мышца уже неживая. И при этом, чтобы целиком и полностью увидеть меандрический рисунок на пластинке во всей его красе, желателно ничего не изымать из живой рыбы, а дожидаться, пока она не умрет сама. В то же время другие составные части каждого электрического элемента претерпевают много изменений и т.д. Все реагенты, которые проявляют поперечные полосы на волокне, еще сохраняющемся в прижизненном состоянии, действуют таким же образом и на мускулистый листок (тоже в прижизненном состоянии, но не живой) электрической пластинки, только при этом приходится проявлять бóльшую осторожность, чем с обычным мышечным волокном и т.д.

Бесцветные нервные волокна состоят из осевой и периферической части. Последняя представляет собою оболочку из соединительной ткани с круглыми, у ювенильных эмбрионов еще и с веретенообразными телами (рис.7). В поляризованном свете ведет себя она, как волокнистая соединительная ткань. Центральная часть представляет собою пучок чрезвычайно тонких фибрилл, соразмерный их среднему числу. Каждая фибрилла равно-



мерно обсыпана мельчайшими зернышками. Иногда эти зернышки так насыпаны по всему пучку, что кажется, будто он покрыт поперечными полосами. Пучок неплотно заполняет все пространство внутри оболочки, иногда же может из нее выступать. Однако у некоторых зрелых экземпляров *Mormyrus oxurhynchus* видел я, что фибриллы тесно прижимаются к оболочке (рис.8). Тогда как вокруг оси пучка можно различить незаполненное фибриллами цилиндрическое пространство. Сами же фибриллы при этом толще, чем у других видов *Mormyrus*. В бесцветных волокнах некоторые из них вплотную склеены друг с другом; один раз мне все же удалось изолировать отдельные фибриллы (*Morm. labiatus*). Если пучок фибрилл формируется только вокруг оси, а между ним и наружными контурами оболочки, кроме ядер, никаких других гистологических элементов не видно, то это не зависит от того, что оболочка толще, чем обычно, ибо после извлечения пучка фибрилл не остается центрального канала в оболочке, и она уже представляет собою как бы сарколемму. Так что следует предположить, что периферическая часть бесцветных нервных волокон заполнена жидкой или полужидкой субстанцией. Чем более разветвляются бесцветные нервы, тем более зернистая центральная часть прижимается к оболочке, что происходит оттого, что отдельные фибриллы все более и более друг от друга отдаляются. Самые кончики нервного волокна имеют такой вид, как будто они целиком заполнены зернышками, и в таком состоянии проникают на электрическую пластинку, в то время как в ее передний листок переходит соединительнотканная оболочка. Нервные фибриллы с их зернышками распространяются по внутренней стороне этого листка. Здесь этих зернышек так много, что отдельные фибриллы лишь очень редко и только при большом старании можно различить.

То же самое наблюдается и на электрических пластинках, которые пронизаны бесцветными нервными волокнами. Это пронизывание не представляет собою ничего особенно важного и идентично прониканию пучка двигательных нервных волокон сквозь обычные мышцы.

Из истории развития электрических органов у *Mormyrus*, насколько я мог ее изучить, следует, что у них электрическая пластинка не представляет собой, как у *Torpedo* или скатов обыкновенных, одно-единственное, претерпевшее метаморфоз волокно, но целый пучок из коротких мышечных волокон, какие формируют боковые мышцы тела рыбы. Вышеназванные зернышки идентичны описанным г-ном Voll'ем точечкам у *Torpedo*. Я не могу им приписывать такой важной роли, как этот исследователь. Принимать эти зернышки за палочки или рассматривать их как самые кончики электрических нервных волокон – это, как мне кажется, полный произвол. Из многих возражений против такого истолкования упомяну только, что зернышки по отношению к надосмиевой кислоте ведут себя, как жироподобные вещества. Г-н Voll увидел эти зернышки потому только, что они окрашиваются осмиевой кислотой легче и гораздо интенсивнее, чем нервные терминальные окончания, с которыми зернышки, по мнению г-на Voll'я, в

органической связи состоят. Вышеназванное свойство зернышек и привело г-на Boll'я к повторному открытию псевдосети Schultze, помешав ему увидеть свободные нервные окончания, которые он теперь признал.

Если теперь обратимся мы к центральному концу бесцветных нервных волокон, то заметим, что к каждой электрической пластинке подходит свой отдельный пучок миелинсодержащих нервных волокон, ответвляющийся от состоящего из этих волокон главного нервного ствола, который лежит вплотную к отросткам позвонков, то есть почти вдоль средней линии всего позвоночника, и формируется последовательным присоединением нервных стволов вплоть до полного их слияния с ним. На пластинке пучок разветвляется двояким образом: либо по всей электрической пластинке выпускает многочисленные ответвления (*Morm. oxyrhynchus*, рис.9.А), либо всегда выпускает лишь по две очень коротких ветви, которые соединяются тоже с двумя концевыми ветвями бесцветных волокон (*Morm. suprioides*, рис.9.В). Если проследить обе пары ветвей под микроскопом до того места, где они соединяются, то обнаружится, что каждая из концевых ветвей бесцветных волокон далеко проникает в пучок миелинсодержащих волокон; другими словами, центральные концы бесцветных волокон со всех сторон и на довольно большом протяжении окружены миелинсодержащими волокнами, которые, так сказать, как наперсток сидят на их конце. Миелинсодержащие волокна легко отделяются от центральных концов, которые теперь уже иначе выглядят, не как бесцветная концевая ветвь: иногда такой конец разбухает, принимая веретенообразную форму. При этом его круглые ядра расположены очень тесно рядом друг с другом, и не видно никаких признаков соединительнотканной оболочки. В зависимости от использованных реагентов выглядит он то, как воскообразные, дегенеративные мышечные волокна, то сплошь зернистым. После отделения миелинсодержащего нервного волокна не увидел я у него никаких следов осевого цилиндра, который выступал бы из его конца, разве что только осевые цилиндры еще в пучке превращаются в рассмотренные выше нервные фибриллы. Хотя вовсе не трудно заметить, как осевые цилиндры выступают из самых кончиков миелинсодержащих нервных волокон. Очень часто отделяется от пучка миелинсодержащих волокон (главным образом у *Morm. oxyrhynchus*) единственное волокно и на очень значительном протяжении сопровождает снаружи бесцветную концевую ветвь, неоднократно разветвляясь при этом. У *Morm. oxyrhynchus* можно, если повезет, разглядеть, как миелиновая субстанция вдруг кончается, и голый, очень короткий осевой цилиндр объединяется с нервными фибриллами, которые у крупных экземпляров *Morm. oxyrhynchus* вплотную прижимаются к тонкой соединительнотканной оболочке. То обстоятельство, что из миелинсодержащего волокна, после его отделения от центрального конца бесцветного волокна, никаких голых осевых цилиндров не выступает, дало мне повод долгое время сомневаться в нервной природе миелинсодержащего волокна, тем более что при другом типе разветвления миелинсодержащего пучка, то есть только на две конце-

вые ветви (*Morm. suprinoïdes*), оба центральных конца раздвоившегося бесцветного волокна имеют необычный вид. Хотя именно эти центральные концы далеко проникают в миелинсодержащую ветвь, но там они не оканчиваются, как в предыдущем случае, а срastaются друг с другом, так что образуют единое и неделимое целое. Другими словами, бесцветные волокна, в сущности, никаких центральных концов не имеют. Миелинсодержащие волокна, как паутиной, опутывают место их срастания, которое обычно имеет такой же внешний вид, что и центральные концы при разветвлении первого типа, то есть оно зернистое или воскообразное, с многочисленными ядрами. Иногда от места срастания обеих концевых ветвей отходит короткий отросток, который проникает в миелинсодержащий ствол, а тот разделяется на две концевые ветви и всю электрическую пластинку оплетает нервами. Полагаю, все вышеописанное Вам станет понятнее из прилагаемого схематического рисунка (рис.10. А, В).

Не буду больше утомлять Вас описанием разных подробностей, которые не представляют никакого интереса с точки зрения физиологии. Что касается так называемых *двигательных концевых пластинок* у *Mormyrus* и электрического сома, упомяну только, что у последнего они не имеют ничего общего с его электрическим телом. Просто разветвляется двигательный нерв, после того как он утратил миелиновую субстанцию. Сходство двигательных и электрических пластинок состоит лишь в том, что в миелинсодержащем волокне еще до утраты им миелиновой субстанции уже присутствуют характерные круглые ядра, которые можно обнаружить и у ставших бесцветными волокон. В терминальных ответвлениях тоже можно найти круглые ядра. Нечто подобное наблюдается на терминальных разветвлениях двигательных нервов и у *Mormyrus*.

Полагаю немаловажным для физиологии, *что теперь я вполне убедился, что в случае Mormyrus у псевдоэлектрических органов электрические явления так же хорошо выражены, как и у настоящих электрических органов.* В общем и целом, проводить физиологические опыты с *Mormyrus* на псевдоэлектрических органах несравненно труднее, чем с *Torpedo* или *Malopterurus*. У *Mormyrus*, особенно у *Morm. suprinoïdes*, органы быстро начинают отмирать. Нервы только исчезающе малой длины и трудно доступны. Так что приходится ограничиваться явлениями, которые на живой рыбе сами собой возникают.

Когда я в первый раз получил в свое распоряжение крупный экземпляр *Morm. oxuhyunchus*, сразу же стал проводить опыт с бедром жабы как индикатором электрического тока. Чтобы не терять времени, без промедления приложил я седалище жабы к той части тела рыбы, где находятся электрические органы, и с удовлетворением наблюдал, как бедро моей жабы в течение пяти минут непрерывно содрогалось. Рыба при этом не шевелилась. Когда прикладывал я седалище жабы к другим частям тела, которые соответствуют мышцам, содрогания прекращались. Примечательно, что электрический ток не так далеко распространяется по телу *Mormyrus*, как это

имеет место у *Malopterurus*. Если то же самое седалище приложить к хвостовому плавнику, то можно еще вызвать содрогания. Если же приподнять его от электрического органа, но не более чем на 1 см, то содрогания прекращаются. Если к рыбе в области электрического органа вновь приложить седалище жабы, то у него возобновляются конвульсивные сокращения, хотя и несколько ослабленные. Если обнажить электрические органы, что по моему методу выполняется почти мгновенно, и приложить вдоль них седалище жабы, то конвульсивные сокращения снова усиливаются. После того как они прекратились, отделил я электрический орган – двумя быстрыми, ловкими движениями отсек его сначала от позвоночного столба, а затем от отростков позвонков. И снова добился двух, хотя и слабых конвульсий. Если вместо непосредственного контакта с электрическим органом ток от него отводить к седалищу жабы посредством неполяризуемых электродов, точно так же наблюдаются все только что описанные явления. Если в то время, когда бедро жабы находится в состоянии конвульсивных сокращений, большими ножницами перерезать позвоночный столб вместе со спинным мозгом на уровне переднего конца электрического органа, то конвульсии необратимо прекращаются. Я сказал, что бедро в этих опытах конвульсивно сокращалось; под этим я буду подразумевать, что оно никогда тетанически не сокращалось. Между каждыми двумя отдельными конвульсиями всегда был промежуток времени самое малое четверть секунды или более. Опыты были много раз повторены с разными видами *Mormyrus*. Только с *Morm. sурginoïdes* не повезло потому, как я думаю, что электрические органы у него очень короткие и узкие, так что одна-единственная электрическая призма зрелого экземпляра *Torpedo* размером превосходит электрическую колонну у *Morm. сурginoïdes*. Но остается под вопросом, в состоянии ли четыре призмы у *Torpedo* возбуждать седалище жабы.<sup>1</sup> И вполне возможно, что отсутствие электрических явлений у *Morm. сурginoïdes* обусловлено тем, что эта рыба, у которой, как уже сказано, очень быстро начинается процесс омертвления, попала мне в руки в слишком ослабленном состоянии. И вообще, электрические токи у *Mormyrus* значительно слабее, чем у электрического сома. К сожалению, не было у меня приборов, чтобы определить направление электрического тока у *Mormyrus*, что было бы очень важно. Но в Верхнем Египте нечего было и думать, чтобы каким-либо способом получить в свое распоряжение самое необходимое. Когда теперь вспоминаю, как однажды во Франции, приложив седалище лягушки к хвосту очень крупного ската обыкновенного, наблюдал я, правда слабые, конвульсивные сокращения,<sup>2</sup> то имею я, как полагаю, полное право сказать: *Не существует*

---

<sup>1</sup> Седалище лягушки возбуждается уже очень малым фрагментом одной призмы от *Torpedo*. Matteucci, *Philosophical Transactions*, 1847, С. 239 и многие другие. [E.d.B.-R.]

<sup>2</sup> Я молчал до сих пор об этом, потому что тогда не принял всех мер предосторожности, а именно не удалил с хвоста оставшуюся на нем морскую воду. К тому же проделал я всего лишь один-единственный опыт, так как живых крупных скатов, вообще-то, очень трудно

никаких псевдоэлектрических органов. Есть только крупные и сильные или мелкие и слабые электрические органы. Все они одинакового происхождения, строение их, в общем и целом, одно и то же несмотря на различия в деталях, которые несущественны.

Тем самым поиск генерирующих ток гистологических элементов весьма облегчается. Еще одно посещение Египта, и я, возможно, был бы в состоянии с уверенностью назвать эти элементы. Вместо новой поездки мне лучше было бы теперь остаться здесь еще на несколько недель, но Вам не легко было бы составить себе представление о тех трудностях, с которыми мне приходится бороться. В моей от пыли наглухо закрытой рабочей комнате термометр показывает  $31^{\circ}\text{R}$ , во дворе моего жилища он часто поднимается до  $42^{\circ}\text{R}$ . К тому же еще налетают шквалистые порывы ветра, которые такие горячие, как будто бы вырвались из печи. Все говорит за то, что уже пришло такое ужасное для чувствительных натур время хамсина, которое приносит с собой полное бессилие, так что я в состоянии работать только рано утром от 7 до 10 часов. Сама эта работа довольно бесполезная. Реагенты действуют на животные ткани совсем не так, как ожидаешь. Например, препарат осмия уже на другой день становится совершенно непригодным. Свежий препарат высыхает почти мгновенно. Если лежит препарат с жидкостью под микроскопом, и хочешь обнаруженное при слабом увеличении интересное место рассмотреть с иммерсионной линзой, то пока меняешь линзы, жидкость под покровным стеклом усыхает на одну треть. Бессмысленно было бы в таких условиях далее сопротивляться, и я намерен через несколько дней отправиться в обратный путь. Но я возьму с собой много образцов электрических органов, законсервированных в различных жидкостях, которые только через шесть недель в полной мере оказывают свое действие на животные ткани.

#### **Пояснения к рисункам (приложение табл. VI)**

##### **I. *Malopterurus***

Рис. 1. Оптический разрез черешка электрического тела. Нервное волокно унизано многочисленными круглыми ядрами и окрашено в черный цвет миелиновой субстанцией. И только у последнего ядра, что ближе всех к черешку, этой субстанции уже немного. (Электрический сом длиной 19 см.)

Рис. 2. «Волосатые» клетки (или ядра), которые лежат ближе к гладкой, без черешков стороне электрической пластинки.

Рис. 3. Оптический разрез пузырькового вздутия с гладкой, без черешков стороны. (Электрический сом длиной 22 см.)

Рис. 4. Звездчатые тельца (бугорки), которые лежат ближе к стороне, пронизанной черешками.

##### **II. *Mormyrus***

---

заполучить. Все же не думаю, чтобы морская вода могла мгновенно подействовать на седалище.

Рис. 5. Переход бесцветных волокон в электрическую пластинку (*Mormyrus oxuhyunchus*). Препарат так изолирован из пластинки, что видны все три листка одновременно: а) нервный, б) мускулистый, с) третий листок.

Рис. 6. Средний листок электрической пластинки от *Mormyrus*, состоящий из плоских мышечных волокон.

Рис. 7. Бесцветное нервное волокно средней толщины от *Mormyrus suprioides*.

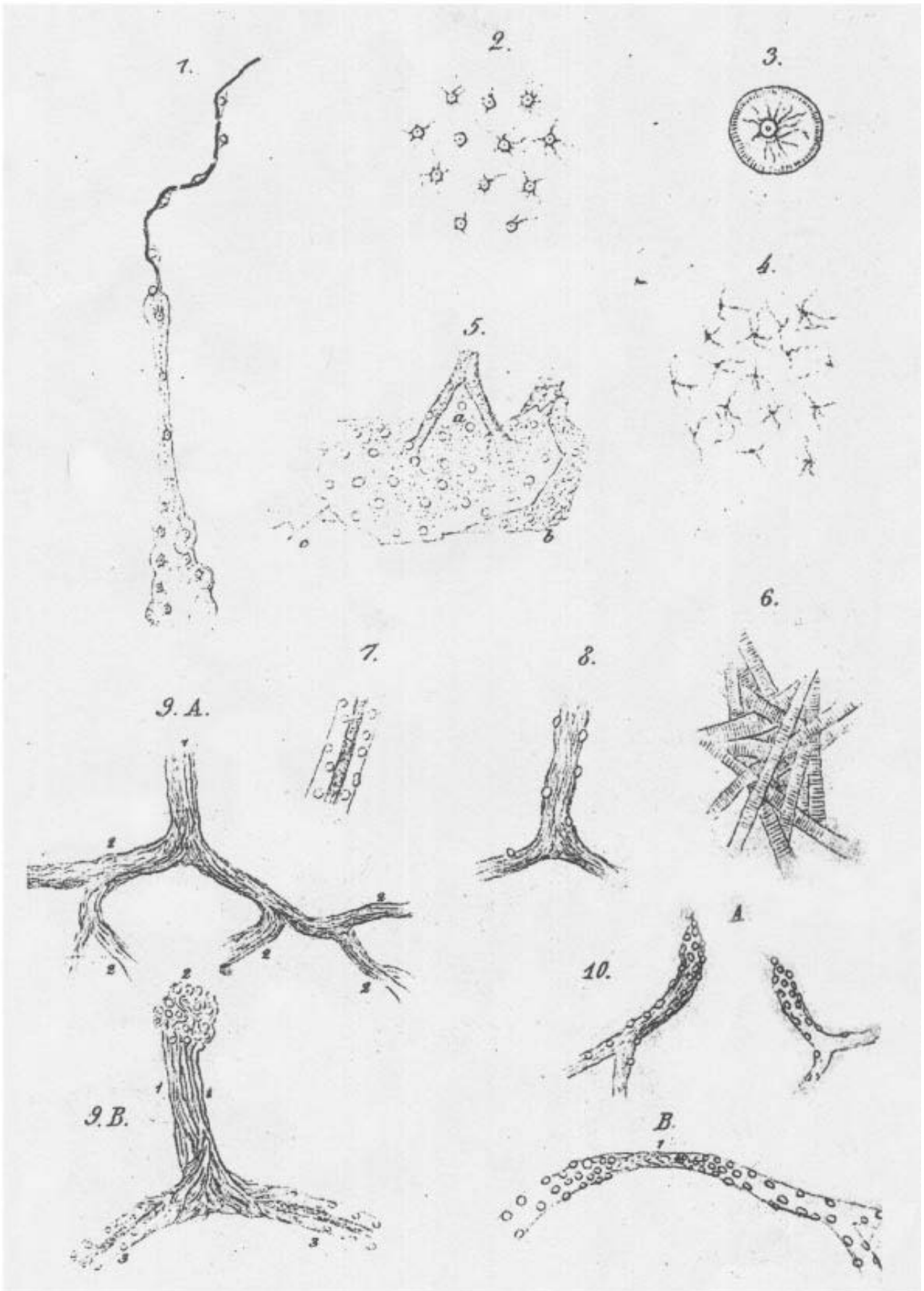
Рис. 8. То же самое от *Morm. oxuhyunchus*.

Рис. 9. А. Первый тип разветвления миелинсодержащего нервного стволика у *Morm. oxuhyunchus*. 1) Миелинсодержащий стволик электрических нервов; 2) его разветвления.

Рис. 9. В. Второй тип у *Morm. suprioides*. 1) Стволик; 2) его поперечный срез; 3) два концевых ответвления, переходящие в бесцветные волокна.

Рис. 10. А. Первый тип (*Morm. oxuhyunchus*). Аксиальные концы бесцветного нервного волокна, освободившиеся от миелинсодержащих волокон.

Рис. 10. В. Второй тип (*Morm. suprioides*). Аксиальный конец бесцветного нервного волокна, сросшийся в точке 1 и освободившийся от миелинсодержащих волокон.



## ЧИСЛО НЕРВНЫХ ПУЧКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОРГАНЕ У TORPEDO MARMORATA

А. Бабухин (Москва)

В № 16 настоящего издания за текущий год господин Weyl (W.) направил статью с возражениями против моих данных, которые лишь предварительно, но с величайшей настойчивостью, как сказано господином W., были предложены на рассмотрение с точки зрения физиологии. В ходе моих гистогенетических исследований электрических органов пришел я к выводу: *раз образовался электрический орган, то никаких новых электрических элементов больше не образуется, так что у самых крупных и самых мелких экземпляров рыб число этих элементов одно и то же.*

Господин W. пытается эти данные оспорить, сравнивая число нервных пучков у мелких и крупных экземпляров Torpedo. Он обследовал 19 особей, результаты свел в таблицу и пришел к заключению, что мой вывод неверен. Для неосведомленных у господина W., действительно, все в полном порядке. Представлена статистическая таблица, на основании которой статистическим путем сделаны логические выводы. Однако при более внимательном рассмотрении все это оказывается неверным.

1) Число нервных пучков у одинаковых по величине особей рыб обнаруживает склонность к значительным индивидуальным колебаниям, однако господин W. обследовал слишком мало экземпляров для разрешения этого вопроса.

2) Вследствие этого он видит всегда исключения из правил. Он находит среди нескольких (6) мелких экземпляров рыб три с 400 и более нервными пучками и считает их исключениями, даже называет их карликами. Затем он находит среди крупных экземпляров рыб один с 400 нервными пучками и тоже считает его исключением (почему не называет он эту рыбу, в противоположность карликам, детенышем-гигантом?). Почему он не считает минимальное число 317 и максимальное число 476 исключениями? Эти числа встречаются в его таблице тоже только один-единственный раз.

3) Обнаруженные им колебания числа нервных пучков между крупными и мелкими экземплярами рыб вовсе не превышают индивидуальные колебания у зрелых экземпляров рыб.

4) Представленные данные о том, что со стороны спины и брюшка число нервных пучков разное, служат самым очевидным доказательством, что подсчеты господина W. неверны. И если он при подсчете нервных пучков у крупных экземпляров рыб мог ошибаться, то такое тем более могло быть и в случае мелких экземпляров.



Это побудило меня, может быть даже слишком, проверить сравнительными подсчетами и свой собственный вывод. Я скоро убедился, что метод окрашивания в крапинку для мелких экземпляров рыб вряд ли годится, ибо часто концы нервных пучков, т.е. поля, так малы, что их легко можно не заметить. Нередко концы нервных пучков вследствие слабо развитой промежуточной соединительной ткани так плотно прижаты друг к другу, что их можно принять за одно поле. Короче говоря, по числу полей рискованно судить о числе нервных пучков. Трудность, собственно, состоит не в самом по себе подсчете, а в распознавании нервных пучков. Следовательно, было бы лучше всего отдельные нервные пучки во всю их длину отщеплять от органа и таким образом пересчитывать. При этом нужно было найти средство, которое придает прочность нервным пучкам, но оболочку более или менее разрыхляет. В качестве такого средства, между прочим, я использовал концентрированный раствор пикриновой кислоты. Срезы органов под влиянием этого раствора бывают готовы уже через 24 часа. (Через неделю они уже менее пригодны.) Нервные пучки при этом приобретают прочность. И тогда больше ничего не нужно, кроме как заостренной иглой отщеплять нервные пучки друг за другом по всей их длине и пересчитывать их; при этом промежуточная соединительная ткань вряд ли вызывает достойные упоминания трудности. После некоторой практики этот способ покажется легкой забавой.

Я смог обследовать таким образом лишь 46 экземпляров *Torpedo marmorata*. У всех подсчитал нервные пучки только на органе справа, а тот, что на левой стороне, использовал для гистогенетических исследований. В моей таблице пол даже не указан; ибо среди 70 экземпляров рыб, которых в этот раз я имел в своем распоряжении, был только один-единственный самец. Ради экономии места из всех результатов привожу только максимальные и минимальные числа.

Длина рыб (см)	Число нервных пучков		Длина рыб (см)	Число нервных пучков	
	макс.	мин.		макс.	мин.
10	542	467	20-30	552	464
11	426	401	30-40	542	429
12-20	547	363	40-44	471	452

Из этой таблицы, следуя строгой логике, можно сделать только один-единственный вывод: *число нервных пучков у Torpedo marmorata, по видимому, не зависит от длины рыбы.*

Кроме того, мы видим, что максимальные и минимальные числа встречаются как у мелких, так и у крупных экземпляров рыб. Экземпляры длиной 35 см насчитывают 429 нервных пучков, а длиной 26 см – 552 пучка, из чего, очевидно, следует, что индивидуальные колебания могут доходить до 123 пучков. Но утверждение о полной доказанности того, что у ры-

бы после рождения уже не возрастает число нервных пучков, во всяком случае, было бы спорным. Смотри по настроению некоторые, как господин W., всюду будут видеть карликов и гигантских молодых особей, другие же все приписывать случайности. Это указывает только на то, что подсчет нервных пучков не является ни коротким, ни верным путем к решению нашего вопроса. На самом деле все зависит от случая, с каким числом нервных пучков попадут рыбы к нам в руки. Чему другому, как не случайности, можно приписать то, что мне, например, на 70 самок достался только один самец, а господину W. из 19 экземпляров рыб 10 самцов? Мне также удалось сравнить число нервных пучков у почти готовых к рождению эмбрионов с их числом у матери. У матери длиной 42 см было нервных пучков 471, у одного эмбриона 472, у другого 466, у третьего 448. Это доказывает, что уже у эмбрионов число нервных пучков может доходить до числа их у матери. Но никто не решится утверждать, что у эмбрионов после рождения будет или не будет увеличиваться число нервных пучков.

Но есть еще один верный, хотя и более трудный путь решения нашего вопроса. Это непосредственно искать, не образовались ли где-либо в растущем органе новые нервные пучки. Если нервные пучки узкие, то это еще не признак их ювенильного состояния, как того хочется господину W. Главный признак состоит в том, что вновь образовавшиеся нервные пучки должны иметь вид мышечных пучков; ибо каждый электрический элемент – из мышечного волокна и каждый электрический нервный пучок – из мышечного пучка. Это общеобязательно не только для *Torpedo*, но и для *Mormyrus*, скатов обыкновенных и весьма вероятно, что и для *Gymnotus*. Провел я, как уже выше упомянуто, и гистогенетическое исследование 46 экземпляров рыб указанной в таблице длины. Ответ краткий, ясный и, по мнению Weyl'я, неубедительный: «Мне не удалось обнаружить какие-либо признаки увеличения числа нервных пучков после рождения рыбы. И никакого намека на деление электрической пластинки я тоже не наблюдал».

Итак, заключение господина W., что с возрастом (ростом) особей число нервных пучков увеличивается, не выдерживает критики. Узкие нервные пучки по краям, которые, как считает W., он открыл, не вновь образовались. Впрочем, я охотно предоставляю господину W. оставаться, как он выражается, в приятном согласии с наблюдениями великого Hunter'а, которые, однако, не имеют никакого научного значения для решения нашего вопроса.

\* \* \*

## О ПРЕФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЫБ И КРИТИЧЕСКОМ ВЫСТУПЛЕНИИ ГОСПОДИНА WEYL'Я<sup>1</sup>

*Проф. Бабухин*  
Москва

Письмо редактору издания

Cannes, 13 июня 1882.

Недавно мне попала в руки статья господина д-ра Weyl'a (Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1882. № 16), в которой он, подсчитывая призмы электрических органов у Torpedo, думает неопровержимо доказать, что во время роста у Torpedo постоянно формируются новые электрические элементы. Я не знаю, что Вы думаете об этой статье. Не понимая, на какие трудности наталкиваются и к каким ошибкам приводят исследования такого рода, какими господин Weyl их себе представляет, несведущие люди будут склонны и в самом деле считать его статью вполне доказательной, а в действительности она содержит статистическую таблицу и рассуждения на ее основе, которые могут и подкупать на первый взгляд. Но, к сожалению, все это лишь иллюзии.

1. Прежде всего, главный тезис, который господин Weyl считает безошибочным, – абсолютно ложный. Вот что он говорит: чем крупнее рыба, тем она должна быть старше по возрасту. Значит, двадцатилетний пони должен быть молодым по сравнению с шестилетним нормандским гигантом-конем! Судя по моему опыту, число призм варьирует не только между видами рыб, но и внутри этих видов между особями разной величины. Вообще-то, встречаются очень разные вариации, во всяком случае, у Torpedo. Как ни различны, например, у *T. marmorata* разновидности пятен, их контуры и т.д., но то те различия, которые, быть может, возникают после многократных скрещиваний разных видов.

2. Статистическая таблица не содержит, в сущности, никакой настоящей статистики; главный её недостаток в том, что господин Weyl исследовал только по одному экземпляру рыб, какой бы длины они не были. Возможно, он должен был бы исследовать много особей одинаковой длины и тогда уже вывести средний результат. Как же он может ручаться, что у эк-

---

<sup>1</sup> Сравните выше С. 397.

земпляра № 9 с его 400 призмами не окажется их по-прежнему столько же, когда он достигнет предельной величины своих окончательных размеров. Как ничтожен их прирост, если сравнить экземпляры № 2 длиной 13 см с 400 призмами № 17 длиной 40 см с 427 призмами! Прирост, который определенно лежит в пределах ошибки. Гораздо вернее было бы, если вместо того, чтобы подсчитывать призмы у 19 экземпляров рыб разной величины, он взял бы только крайности, например по 10 экземпляров длиной 13 и 43 см.

3. Его выводы из таблицы поспешны и произвольны, чтобы не сказать легкомысленны. То, что он решился из своей таблицы, из которой решительно ничего достоверного не следует, и из нескольких стародавних подсчетов делать такие выводы, оказалось делом преждевременным. Если бы он обратил внимание, как варьирует число призм в каждой из трех его групп (молодых, средних и старых особей рыб), как среди них у более крупных, по его мнению, более старых, часто бывает меньше призм, чем у более мелких, по его мнению, более молодых, как например у № 4 по сравнению с № 2, у № 18 по сравнению с № 14, тогда, конечно, он не сделал бы таких поверхностных выводов, но действительно вступил бы на стезю статистики, т.е. исследовал бы больше рыб приблизительно одинаковой величины. При таком методе, я уверен, ему попадалось бы все больше и больше молодых особей, у которых столько же призм, что и у зрелых, и наоборот, если только все они относятся к одному виду.

4. Произвольность его выводов видна из того, что если он среди крупных особей, например у № 15, находит очень мало призм, то считает это исключением, а если среди мелких экземпляров, например у № 3, находит их больше, чем ему нужно, то эту рыбу считает карликом. Итак, согласно господину Weyl'ю, все органы таких карликовых Torpedo к определенному времени прекращают рост, только электрические органы продолжают, словно подгоняемые неодолимой силой, вырабатывать новые призмы. Из этого можно было бы сделать прямо противоположный вывод о некоем predetermined числе электрических элементов. К сожалению, все это, возможно, лишь доказывает, что в данном случае он лучше сосчитал.

5. Его упоминание о подсчетах Hunter'а лишь показывает, что он так же мало знал, как и Hunter, что у Torpedo от вида к виду число призм варьирует.

6. Его вывод, что более узкие периферические призмы – это те, которые образовались уже у взрослого животного, так же верен, как если бы кто-нибудь сказал, что широкие центральные пальмовые листья более старые, чем периферические, которые поменьше. Впрочем, он прав в том, что периферические, узкие призмы моложе, но: 1. я уверен, что это было давным-давно известно; 2. они уже более узкие по сравнению с другими призмами еще до рождения рыб, так что лишь ненамного моложе центральных, никак не на годы; 3. не только периферические призмы более узкие, но и вся передняя часть органа состоит из таких же узких призм. Господин Weyl не представил никаких доказательств, что с ростом животного эти призмы

становятся толще и что вновь появляются другие узкие. Неизбежным следствием его предположения было бы, что на периферии у рыбы любых размеров всегда найдутся призмы, которые, например, меньше 1 мм в диаметре. Но я готов поручиться, что ни одному опытному исследователю не удастся у рыбы длиной 30 см найти такие призмы, даже если он любопытства ради приложит все старания к тому, чтобы найти нечто подобное.

Все мои предыдущие замечания сделаны в надежде, что господин Weyl считает лучше, чем делает выводы, но это еще вопрос. Он не упоминает о чрезвычайных трудностях, которые препятствуют подсчету призм у мелких экземпляров рыб, и не говорит ни слова о том, каким образом ему удалось обойти эти трудности. Его метод термической обработки, как я знаю по собственному опыту, только увеличивает эти трудности, но не уменьшает их, так что невольно приходишь к мысли, что малочисленность найденных им призм у мелких экземпляров рыб, по крайней мере, отчасти обусловлена возросшими трудностями подсчета. Истинное число призм можно определить тогда только, если после отслаивания оболочки изъять орган целиком, иначе у мелких особей, наверняка, очень многие периферические призмы окажутся неучтенными. Эта операция сопряжена с очень большими трудностями, так что уже при длине 10 см у рыб периферические призмы так необыкновенно узки, а по переднему краю органа так коротки, что при удалении соединительной ткани весь периферический ряд может быть утрачен. Одно это уже приводит к утрате нескольких дюжин призм, что совсем не мало.

7. Если, наконец, господин Weil с такой уверенностью говорит, что ювенальные призмы появляются по краям, почему же он не дал себе труда эти ювенальные призмы исследовать под микроскопом, чтобы узнать действительно ли они находятся на какой-либо более ранней стадии развития? Это было бы ближе к науке, чем без всяких на то оснований высказывать предположение, что эти призмы продолжают возникать из эмбриональной призмы (какой?) или даже электрической ткани!

Из всего до сих пор сказанного следует, что господин Weyl был недостаточно готов для решения своей задачи и не только не оспорил, но даже не поставил под сомнение мои высказывания в кратких сообщениях об электрических органах рыб, в частности о том, что после их окончательного формирования никаких новых электрических элементов больше не образуется, и как у молодых, так и у зрелых особей сохраняется одно и то же число элементов. В своем сообщении я не до конца сказал, на чем основаны мои утверждения, и чувствую себя обязанным хотя бы теперь сообщить Вам эти основания. Я сделал свои выводы не только, как Вы знаете, из тщательнейших микроскопических исследований, но и из результатов подсчета призм. Когда я решил начать исследовать развитие электрических органов, мне в руки случайно самой первой попала самка Torpedo, у которой были уже такие зрелые эмбрионы, что они были покрыты пигментными пятнами характерной формы. От желточного мешка уже и следа не осталось, мальки

могли уже плавать в воде, хотя через несколько часов они погибли. Моей первой мыслью было, что я, может быть, где-нибудь у этих эмбрионов обнаружу призмы, которые еще находятся в стадии развития, но я искал, как позднее Sachs у *Gymnotus*, тщетно. Хотя я встречал призмы, тонкие как волокно, везде я находил уже вполне развитые электрические элементы. Тогда я пришел к мысли при первой же возможности сравнить число призм у зрелых эмбрионов и у матери и к своему изумлению нашел у матери 405, у малька 408 призм. У другого плода той же матери нашел я только 395 призм (с той же, левой стороны). Выше я уже упоминал, с какими досадными трудностями приходится сталкиваться при подсчете призм у таких мальков; но никто не может составить себе правильное представление об этих трудностях, кто сам не испытал их. Эти трудности обусловлены не только тем, что призмы в передней части очень узкие, но в еще большей степени тем, что очень часто две или даже три призмы так плотно прижаты друг к другу, что их концы сливаются в одно поле. Только после различных ухищрений и при более сильном увеличении смог я убедиться, что имею дело с более, чем одной призмой. В этом слиянии, быть может, и заключена причина того, что другие нашли меньше призм, чем я. После нескольких проб остановился я на следующем способе: для уплотнения мальков использовал растворы хромовой кислоты. После отслаивания очень тонкой оболочки освобождал от нее орган чрезвычайно осторожно под сильной лупой и под водой, в которой еще некоторое время вымачивал препарат, с тем чтобы, пропитавшись водой, концы призм сильнее отгибались и более четко разделялись между собой. После этой операции втыкал я в каждую призму по тончайшей иголке (но не иголки для насекомых, которые для этой деликатной операции все-таки недостаточно тонкие и только раздавят призмы); если при этом некоторые периферические призмы случайно отваливались, то я учитывал такие иголки с насаженными на них призмами. После того, как все призмы проколоты, иголки оказываются так тесно прижаты друг к другу, что в целом имеют вид густой проволочной щетки. Теперь еще остается только вынуть иголки вместе с теми, которые втыкали в отвалившиеся призмы, вместе подсчитать и проверять их число сколь угодно раз. У матери можно было много раз втыкать иголки в призмы, но с эмбрионами был не тот случай, так как у них всегда этой операцией повреждалось много призм. После того, как я убедился, что у *Torpedo* электрические пластинки развиваются из мышечных волокон, я опять исследовал зрелых мальков, не сохраняется ли у них где-либо на периферии или в середине пучок мышечных волокон, но я снова тщетно искал, как и у более или менее зрелых особей.

После моих исследований вполне развитых и недоразвитых электрических органов у многих видов скатов, почти у всех видов *Mormyrus* и у *Torpedo* твердо установлено: ни одна электрическая пластинка не может развиваться, не пройдя прежде стадию мышечного волокна, которое может рассматриваться как личиночное состояние электрической пластинки. Но

господин Weyl имеет в виду, не знаю уж какие, эмбриональные ткани или же вовсе часть электрической пластинки, но вместо электрических пластинок, которые действительно являются электрическими элементами, старательно подсчитывает призмы, о числе которых я ранее во всех своих сообщениях не сказал ни слова, потому что это было безразлично для физиологии органа, которую я считал наиболее важной.

Кроме подсчета всех без исключения призм, старался я также определить число самых крайних из них, окружающих орган со всех сторон. Если бы было верным предположение господина Weyl'я, что по мере роста у рыбы образуются новые периферические призмы, то тогда и число самых крайних периферических призм у зрелых рыб по сравнению с молодыми особями было бы гораздо больше; но по прежнему опыту я знаю, что это число остается почти одно и то же. В частности, у разных особей рыб я находил: у одной длиной 10 см – 84 призмы, у другой длиной 22 см – 88, у третьей длиной 38 см – 84.

Теперь можете судить, имел ли я право сказать, что число электрических элементов у мелких и крупных экземпляров рыб остается одно и то же. Но вместе с тем я вовсе не отрицаю, что число призм, то есть, собственно говоря, полей, у зрелых рыб может оказаться заметно больше, чем у молодых экземпляров. При тщательном исследовании электрического органа местами можно обнаружить вполне развитые, но неполноценные призмы, которые, например, своими обращенными к брюшку концами выходят наружу, но дорсальной поверхности не достигают, и наоборот. Мы полагаем теперь, что со временем по мере роста органа неполноценные брюшные и дорсальные призмы другим концом тоже выступают наружу, соответственно, на дорсальной и брюшной поверхности органа, тем самым увеличивая, конечно, число полей на обеих поверхностях. Но, к сожалению, из-за недостаточного опыта не могу утверждать, что такие неполноценные призмы можно обнаружить у всех рыб и в большом количестве; но что их часто можно встретить у эмбрионов в передней части органа, так это верно. Однако и у них возможное удлинение призм не сопровождается формированием новых электрических пластинок, так что еще раз повторяю, что после окончательного формирования электрических органов у *Torpedo* никаких новых электрических элементов не образуется.

Но спрашивается, когда заканчивается образование новых электрических элементов и какими признаками отмечается его завершение. Предельный срок для процесса новообразования я отношу к моменту нормального рождения малька. Я говорю нормального, ибо *Torpedo* весьма склонны метать даже еще незрелые эмбрионы. К внешним признакам у них я отношу полное исчезновение желточного мешка, явно выраженные пигментные пятна у малька; вслед затем – окончательная форма органа в целом, напоминающая человеческое ухо. Величина мальков не может служить определяющим признаком. К внутреннему и важнейшему признаку я отношу то,

что каждый электрический элемент уже *en miniature* содержит все составные части, которые обнаруживаются у взрослой особи.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

канд. мед. наук, с.н.с., доц. *Белоусова Т.А.* – **научный редактор**  
акад. РАЕН, д-р мед. наук, проф. *Ноздрин В.И.* – **гл. редактор**

Компьютерный набор – *Нестерина Т.В.*

Печать – *Прибылов С.В.*

ISBN – 978-5-93118-029-8

Издательско-редакционная подготовка и печать текста  
выполнены в ЗАО “Ретиноиды”  
111123, Москва, ул. Плеханова, д. 2/46, стр. 5;  
тел.: (495) 234-61-17; 788-50-14

Сдано в набор 10.01.03 г. Подписано в печать 12.03.07 г.

Формат 60 x 90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Гарнитура Times New Roman. Бумага тип. Печать ризограф.  
Печ. л. 5,5. Тираж 250 экз.