

ФИЗИОЛОГИЯ

В. В. ПРАВДИЧ-НЕМИНСКИЙ

**К ВОПРОСУ О СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ В НЕРВЕ
ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

(Представлено академиком Н. Н. Анцичковым 3 III 1951)

Еще Мунк⁽¹⁾, указывая на изменения в нерве при прохождении постоянного тока, отмечал его утолщение у катода и сужение у анода. Изменения эти он объяснял передвижением жидкости в нерве к катоду под влиянием электрического тока.

Много позднее способность постоянного тока вызывать гистологические изменения у катода и анода была использована для устранения изменений, наступающих в нервах после погружения в растворы солей. Именно, Макут⁽²⁾ было доказано, что набухание нервного волокна, вызванное изотоническим раствором хлористого калия, легко может быть устранено анодом, обуславливающим сужение волокон. Сужение же нервных волокон, вызванное раствором хлористого кальция, легко может быть снято действием катода*. В связи с этими структурными изменениями, соответственно изменениям коллоидального состояния осевого цилиндра, находится (согласно Макут) также и изменение возбудимости нервов. Так, анод устраняет калийное расслабление, а катод, вызывающий их набухание, снимает расслабление, вызванное кальцием. Таким образом, противоположное действие катода и анода на нервы получило в этих опытах новое подтверждение и применение.

Однако на представленных этим автором фотоснимках нервы изображены только в продольном разрезе. При этом на его фотографиях (1 и 2; 5 и 6) можно отметить лишь изменение толщины нервных волокон. Судьба же осевых цилиндров из этих иллюстраций неясна. Ввиду этого нами были приготовлены и изучены серии поперечных и продольных срезов из нервов, подвергнутых действию постоянного тока**.

Методические указания. Седалищные нервы, взятые у *Rana temporaria* или *R. ridibunda*, подвергались поляризации в двухкамерном приборе, описанном в наших предшествующих сообщениях⁽³⁾. Расстояние между платиновыми пластинками в данных опытах было равно 13 мм (размеры каждой пластинки 8 × 21 мм). Длина нервов укорачивалась до ~29 мм. Из этой длины 13 мм ложилось на расстояние между электродами, противоположные же концы нервов (8 мм) ложились по краю пластинок, обращенных друг к другу. Расположенный таким образом нерв принимал форму буквы П со значительно удлинен-

* Был применен ток в 0,3 ма при пропускании его через нерв в течение 1 часа.

** В изготовлении препаратов принимала участие Н. С. Мирзоянц.

ной промежуточной частью. Такое расположение нервов обеспечивало (лучше, чем продольное) равномерное внедрение тока в нерв на его отогнутых концах. Сила так называемого «холостого» тока (т. е. тока, проходящего через цепь до включения нерва) была равна ~ 2 ма при 6,6 в. Сила тока в цепи после включения нерва падала до $\sim 0,1$ ма. Продолжительность поляризации была около 45—60 мин.

После размыкания цепи нерв переносился на несколько минут в водный раствор оранжевого гематоксилина, под влиянием которого катодный конец нерва принимал красно-фиолетовую окраску, а анодный — желтую. Это контрольное окрашивание подтверждало успешность выполнения поляризации и указывало на длину поляризованных участков. Затем нерв фиксировался в смеси Шаффера в течение 24—48 час. После заключения в парафин нерв с помощью санного микротома разлагался на срезы толщиной в 5—10 μ . Число срезов для седалищного нерва *Rana temporaria* доходило до 2400. Для окраски и исследования отбирались срезы наибольшего диаметра для катодной части нерва, и наименьшего — для анодной части нерва. Производилось также обследование промежуточных срезов. Окраска осуществлялась гематоксилином Ганзена при докрасивании эозином. Срезы фотографировались с применением иммерсионного объектива Рейхерта (100:1; $A = 1,25$) и окуляра 10 \times .

Срезы из нормальных нервов. На поперечных срезах нерва видно большое число поперечно перерезанных нервных волокон. Контуры нервных волокон овальные или слегка сжаты; диаметр их весьма различен.

Обращаясь к аксонам, мы видим, что расположение их далеко неодинаково в нервных волокнах периферической и центральной части нерва; в более периферических слоях седалищного нерва лягушки они занимают внутреннее боковое положение, устанавливаясь так, что выпуклая часть их серповидного профиля занимает более внутреннее положение, а вогнутая обращена наружу. Наоборот, в центральной части нерва аксоны обычно занимают срединное положение в нервных волокнах и представляются развернутыми на большей части его поперечного разреза. Особенно характерно для нормальных аксонов их закрепление в центральном положении с помощью поддерживающего «подвесного» аппарата, состоящего из нитей, идущих от периферической оболочки неврилеммы к ее внутренней, примыкающей к аксону. Эти нити на поперечных разрезах придают аксонам вид своеобразных «звездчатых» образований (см. рис. 1 на вклейке к стр. 397).

Срезы из катодной части нервов. На рис. 2 видны в поперечном разрезе увеличенные, набухшие нервные волокна, плотно прилегающие друг к другу. Внутри их находятся поперечно разрезанные аксоны, обычно смещенные из своего центрального положения. Поддерживающие нити здесь в большинстве случаев незаметны вследствие набухания и возможного разрыва. Отсутствие их особенно характерно для катодного отрезка поляризованного нерва. Лишь на мало измененных препаратах, в отдельных поперечных разрезах аксонов, можно заметить остатки этих поддерживающих систем (см. рис. 2, а, нижняя левая часть снимка).

Аксоны выглядят бесструктурными гомогенными образованиями. В зависимости от степени и равномерности набухания они принимают все более овальную форму и гладкую поверхность.

Таким образом, на катодных отрезках возможно установить не только изменения их диаметра, но и изменение структуры аксонов.

Срезы из анодной части нервов. Диаметр поперечных разрезов нервных волокон (рис. 2, б) здесь меньше, чем у нормальных волокон. Иногда поперечные разрезы нервных волокон — особенно в суженных частях нерва — кажутся хаотически нагроможденными

друг на друга. Осевые цилиндры сильно сжаты, компактны, поверхность их обладает неровностями, иногда небольшими выступами, в противоположность тому, что наблюдается в аксонах катодной части нерва, где поверхность аксонов гладкая.

Местами на поляризованном нерве замечаются характерные перегибы, образовавшиеся вследствие усиленного оттока отсюда жидкости по направлению к катодному концу нерва. Поперечные разрезы этих частей нерва имеют неправильные смятые края (вместо округленных или овальных).

Таковы те изменения, которые были замечены нами на поперечных сечениях нервов после поляризации их постоянным током.

Для объяснения описанных выше поляризационных изменений структурного характера возможно допустить (согласно с общепризнанными взглядами) перенос воды к катоду, как это отмечалось уже выше. Но возможно допустить также и локальное действие аммиака, образующегося у катода под влиянием постоянного тока. Генерация NH_3 здесь давно доказана⁽³⁾, но не всегда учитывается, хотя образовавшийся аммиак способствует притоку воды к местам своего возникновения. Что гидрат окиси аммония действительно может вызвать изменения в нерве, показали специальные опыты с нервами, погруженными в этот раствор (применялись разные концентрации NH_4OH и др.).

При этом происходило набухание (отекание) как аксонов, так и всего погруженного нерва в целом, сходное с тем, которое наблюдалось после длительного пропуска постоянного тока.

Однако всем этим действие аммиака на нервную ткань не исчерпывается. Аммиак, образовавшийся у катода, может действовать на животную ткань (а также и растительную), образуя с магнием и кальцием в присутствии фосфорного аниона соединения типа $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4$ ⁽³⁾. Такая химическая реакция сопровождается изменением состава электролитов и живой ткани и может быть признана за одну из причин изменений у катода.

Таким образом, при изучении воздействия постоянного тока на организм и ткани животных и человека необходимо учитывать не меньше трех факторов воздействия. Особенно это необходимо при изучении действия электрического тока, применяемого при электроанаркозе у животных и у человека, к чему мы имеем в виду перейти в ближайших опытах.

Считаю своим долгом высказать искреннюю благодарность Министру здравоохранения СССР действительному члену Академии медицинских наук СССР Е. И. Смирнову за помощь в организации работ по электроцеребрографии и исследований о действии электрического тока на нервную ткань.

Академия медицинских наук СССР

Поступило
1 III 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Милк, Reichert Du Bois Archiv, 1, 798 (1860); 2, 425 (1861); 3, 1 (1862); 369 (1866); Untersuchungen über das Wesen der Nervenerregung, 1, Leipzig, 1868. ² E. Mаckuth, Pflüg. Arch., 214, 5—6 (1926). ³ В. В. Правдич-Неминский, Тр. 3-го Съезда физиологов, 281, 1928; Физиол. журн. СССР, 15, № 1—2, 81 (1932); Zs. f. Biologie, 92, 465 (1932); Арх. биол. наук, 33, в. 1—2, № 21 (1933); Киевский Медицинский сборник, № 2 (1925); Biochem. Zs., 152, 388 (1924).