

А. Л. МИКЕЛАДЗЕ, член-корреспондент АН СССР А. И. РОЙТБАК,  
Э. И. ДЗАМОЕВАО КОНТАКТАХ АКСОННЫХ ТЕРМИНАЛЕЙ  
С ОЛИГОДЕНДРОЦИТАМИ В КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

В опытах с регистрацией трансмембранного потенциала глиальных клеток коры больших полушарий головного мозга было установлено, что прямое раздражение поверхности коры, раздражение специфических и неспецифических ядер таламуса, периферические раздражения при их значительной интенсивности приводят к длительной деполяризации макроглиальных клеток в соответствующем участке коры (<sup>11, 7</sup>). Вопрос о механизме этой деполяризации остается невыясненным; предполагают, что она происходит под действием ионов  $K^+$  (<sup>15</sup>), но не исключается и то, что она происходит под действием медиаторов (<sup>5, 14</sup>). Этот вопрос приобретает большой интерес в связи с тем, что деполяризация глиальных клеток рассматривается как сигнал к их трофической деятельности (<sup>15</sup>) и к образованию ими миелиновых оболочек центральных нервных волокон (<sup>6</sup>).

На основании специальных исследований с помощью светового микроскопа было сделано заключение о том, что на глиальных клетках имеются такие же аксонные окончания — в виде пуговок (бутонов), кольцевидных структур и пр., как и на нервных клетках; так, были показаны контакты с окончаниями аксонных разветвлений клеток типа Гольджи II с олигодендроцитами (<sup>17</sup>). Электронномикроскопические исследования показали, что глиальные клетки действительно могут находиться в прямом контакте с бутонами пресинаптических терминалей, однако в области контакта не видны характерные для синапсов уплотнения цитоплазматических мембран (<sup>8, 10, 13, 1</sup>). На этом основании делается вывод об отсутствии истинных синапсов на глиальных клетках, в частности на олигодендроцитах. В этой статье излагаются результаты электронномикроскопического изучения вопроса о контактах олигодендроцитов с бутонами аксонных терминалей в коре больших полушарий головного мозга кошки.

После перфузии мозга взрослых кошек (8 случаев) 2,5% раствором глутальдегида на фосфатном буфере брались кусочки коры больших полушарий с последующей фиксацией 1% раствором осмиевой кислоты на том же буфере (<sup>13</sup>). Материал заключался в эпон 812 и аралдит. Срезы толщиной 300—800 Å просматривались в электронном микроскопе JEM-6с.

В коре мозга кошки олигодендроциты или являются сателлитами нейронов, или расположены свободно в нейропиле. Среди структур, непосредственно окружающих тело олигодендрокита, весьма часто находятся бутоны аксонных терминалей, содержащие синаптические везикулы (рис. 1, *пре<sub>2</sub>*). В участках такого контакта противостоящие мембраны и межклеточная щель не отличаются какими-либо особенностями, т. е. не отличаются от обычных цитоплазматических мембран и межклеточных щелей. Бутоны аксонов на олигодендроцитах или единичные, или 2—3 бутона располагаются в ряд на перекарионе. Величина бутонов обычная (0,3—2,5  $\mu$ ), т. е. такая же, как и у бутонов, образующих синаптические контакты с нервными клетками (рис. 1, *пре<sub>1</sub>*). Бутоны, расположенные на теле олигодендроцитов, не образуя с ними синаптических контактов, образуют нередко синаптические контакты с рядом лежащим дендритным отростком (рис. 2).

Непосредственные контакты бутонов аксонных терминалей с цитоплазматической мембраной олигодендрокита можно обнаружить только при больших увеличениях, так как цитоплазма астроцитов часто прони-



Рис. 1. Кошка, зрительная кора, поле 17 (<sup>2</sup>); ас — астроцит, цит — цитоплазма астроцита, одной стрелкой обозначены ее узкие прослойки между бутонами аксонных терминалей (внизу) и между бутоном и цитоплазматической мембраной олигодендроцита (в верхнем левом углу), ол — олигодендроцит, пре<sub>1</sub> — бутон, участвующий в образовании синапса на дендрите (δ), пре<sub>2</sub> — бутон, образующий непосредственный контакт с цитоплазматической мембраной олигодендроцита (две стрелки), содержащий полиморфные пузырьки. 25 000×

*К статье Л. Ф. Никифоровской, В. В. Виноградова и др., стр. 986*

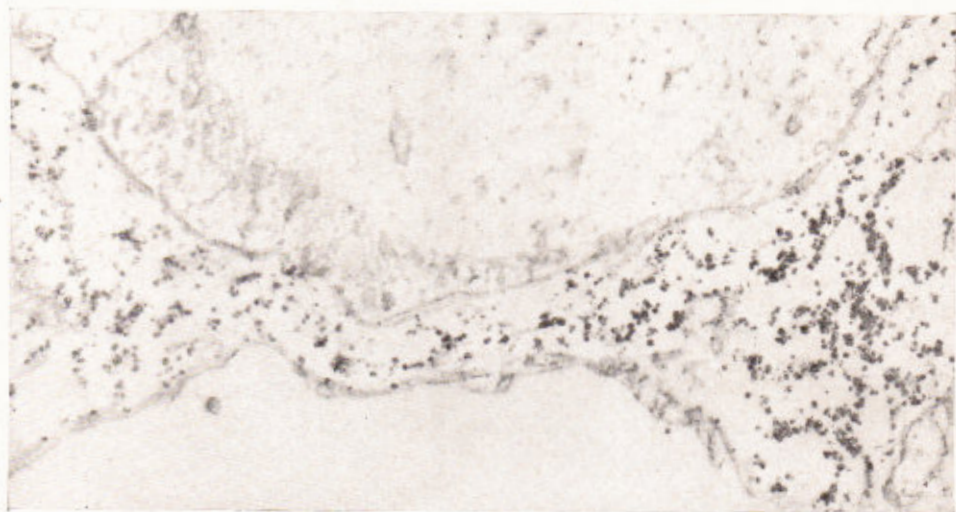


Рис. 4. Отложения частиц берлинской лазури в интерстициальной ткани сосочка почки крысы в зоне локализации кислых мукополисахаридов. 12 000×



Рис. 2

Рис. 2. Та же кошка, моторная область, поле 4. Бутон аксонной терминали, содержащий синаптические пузырьки круглой формы (*pre*), контактирует с цитоплазматической мембраной олигодендроцита (*ol*) и образует синаптический контакт с дендритом (*d*), 40 000 $\times$

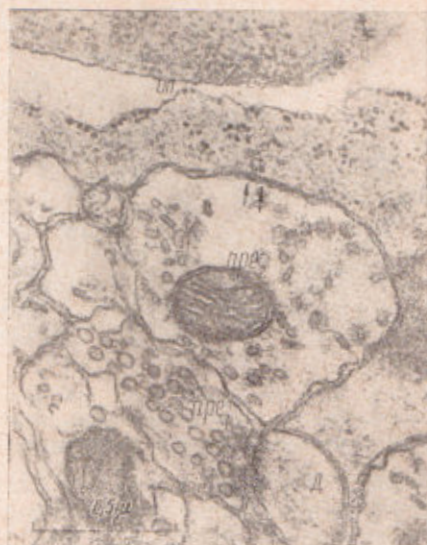


Рис. 3

Рис. 3. Та же кошка, зрительная кора, поле 17; *pre*<sub>1</sub> — бутон аксонной терминали, содержащий синаптические пузырьки круглой формы, образует синаптический контакт с дендритом (*d*), *pre*<sub>2</sub> — бутон аксонной терминали, содержащий уплощенные пузырьки, находится в непосредственном контакте (две стрелки) с цитоплазматической мембраной олигодендроцита (*ol*). 55 000 $\times$

кает в виде узкой прослойки (200 Å и больше) между мембранами бутона и олигодендроцита (рис. 1). На рис. 1 видно, что бутоны аксонных терминалей могут вступать в непосредственный контакт и с цитоплазматической мембраной астроцита, что отмечалось в <sup>(16, 4)</sup>.

Из 26 сфотографированных и изученных бутонов аксонных терминалей, контактирующих с цитоплазматической мембраной олигодендроцитов, 15 располагались на соме в области узкой каймы цитоплазмы (рис. 1), 9 — на соме в области основной массы цитоплазмы (рис. 3), 2 — в области начального участка отростка. Из этих бутонов 20 содержали круглые синаптические пузырьки (рис. 2), 4 содержали уплощенные синаптические пузырьки (рис. 3) и 2 — пузырьки полиморфные (рис. 1); в них обнаруживались и большие круглые синаптические везикулы в сетчатой многоугольной оболочке (рис. 4), описанные впервые как везикулы в сферической корзине, составленной из пяти- и шестиугольных ячеек <sup>(12)</sup>, или как сложные везикулы с шелухой <sup>(10)</sup>. В срезах коры одного животного встречались бутоны и с круглыми, и с уплощенными пузырьками (рис. 2 и 3); с другой стороны, в одном срезе может быть бутон, например, с уплощенными пузырьками в контакте с олигодендроцитом и рядом бутонов с круглыми пузырьками в синаптическом контакте с дендритом (рис. 3). Количество синаптических пузырьков в срезе бутона варьировало от 10 до 150; бутоны с уплощенными и полиморфными пузырьками имели большую величину и содержали большее число синаптических пузырьков, чем бутоны с круглыми пузырьками.

Описываемые бутоны, контактируя в каком-либо участке с мембраной олигодендроцита, в другом участке могли вступать в контакт с сомой нейрона, дендритом, участвуя в образовании обычных

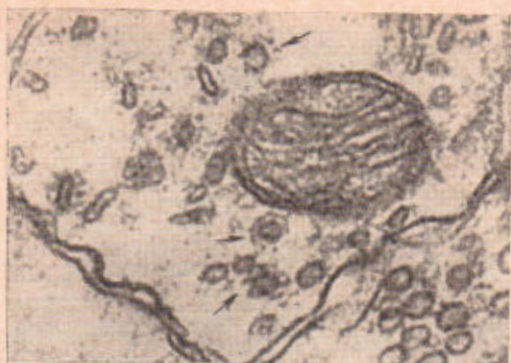


Рис. 4. Тот же бутон аксонной терминали, что на рис. 3. Стрелками указаны синаптические пузырьки в сетчатой ободочке. 150 000X

лоты к мембране глиальной клетки в коре больших полушарий, в обоих случаях происходит деполяризация ее мембраны (<sup>14</sup>); видимо, вся поверхность цитоплазматической мембраны глиальной клетки обладает хемочувствительностью.

В бутонах аксонных терминалей, контактирующих с олигодендроцитами, содержатся или круглые, или уплощенные синаптические пузырьки; есть основания считать, что первые содержат возбуждающий медиатор, вторые — тормозящий (<sup>9</sup>). Можно предположить, что при приходе возбуждения по аксонной терминали к бутону, который контактирует с мембраной олигодендрона, содержимое синаптических пузырьков попадает в щель между ними и независимо от того, является ли этот медиатор тормозящим или возбуждающим для нейрона, он вызывает деполяризацию мембраны олигодендрона. Может быть, при диффузном расположении синаптических пузырьков медиатор выделяется во все стороны в окружающие межклеточные щели. Но, во-первых, неизвестно, происходит ли выделение медиатора из бутонов, которые не образуют истинных синаптических контактов. Во-вторых, положим, бутон образует непосредственный контакт с мембраной олигодендрона, а в другом своем участке участвует в образовании истинного синапса с дендритом (см. рис. 2); тогда может ли медиатор, выделившийся в синаптическую щель, достигнуть путем диффузии в межклеточные щели области расположения мембраны олигодендрона в таком количестве, чтобы вызвать ее деполяризацию?

Институт физиологии  
Академии наук ГрузССР  
Тбилиси

Поступило  
7 V 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Н. Боголенов, В кн. Длительные электрические потенциалы нервной системы, Тбилиси, 1964, стр. 113. <sup>2</sup> М. О. Гуревич, А. Л. Хачатурян, А. Хачатуров, В кн. Высшая нервная деятельность, М., 1929, стр. 159. <sup>3</sup> А. Л. Микеладзе, В кн. Длительные электрические потенциалы нервной системы, Тбилиси, 1969, стр. 124. <sup>4</sup> В. С. Петров, Арх. анат., гистол. и эмбриол., 48, № 1, 22 (1965). <sup>5</sup> А. И. Ройтбак, В кн. Современные проблемы физиологии и патологии нервной системы, М., 1965, стр. 68. <sup>6</sup> А. И. Ройтбак, ДАН, 187, № 5, 1205 (1969). <sup>7</sup> V. F. Castellucci, S. Soldring, Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 28, № 2, 109 (1970). <sup>8</sup> E. G. Gray, J. Anat. (London), 93, № 4, 420 (1959). <sup>9</sup> E. G. Gray, Progr. in Brain Res., 13, 153 (1969). <sup>10</sup> E. G. Gray, R. A. Willis, Brain Res., 24, № 1, 149 (1970). <sup>11</sup> R. G. Grossman, T. L. Hampton, Brain Res., 14, № 2, 316 (1968). <sup>12</sup> T. Kanaseki, K. Kadota, J. Cell Biol., 42, № 1, 202 (1969). <sup>13</sup> U. Karlsson, R. L. Schultz, J. Ultrastruct. Res., 12, № 2, 160 (1965). <sup>14</sup> K. Krnjevic, S. Schwartz, Exp. Brain Res., 3, № 4, 306 (1967). <sup>15</sup> S. W. Kuffler, J. G. Nicholls, Erg. Physiol., 51, 1 (1966). <sup>16</sup> E. Mugnaini, F. Walberg, Erg. Anat. Entwicklungsgesch., 37, 193 (1964). <sup>17</sup> M. E. Scheibel, B. Scheibel, In: Biology of Neuroglia, 1958, p. 5.