

А. А. ВЕЛУМЯН, А. И. ШАПОВАЛОВ

**НЕОДИНАКОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ
СИНАПТИЧЕСКИХ ВХОДОВ МОТОНЕЙРОНОВ АМФИБИЙ
К НЕДОСТАТКУ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ И ИОНАМ МАГНИЯ**

(Представлено академиком Е. М. Крепом 18 VI 1975)

Ввиду того что процесс освобождения медиатора пресинаптическими нервными окончаниями требует присутствия ионов кальция⁽¹⁾, недостаток этих ионов или добавление ионов магния к экстраклеточной среде блокирует синапсы с химическим механизмом передачи^(2, 3). Это позволяет дифференцировать химические и электрические синапсы^(2, 3). В межнейронных контактах позвоночных структура пресинаптических окончаний обычно не позволяет прямо определить наличие или отсутствие электрической связи между пре- и постсинаптической мембранами, и поэтому модифика-

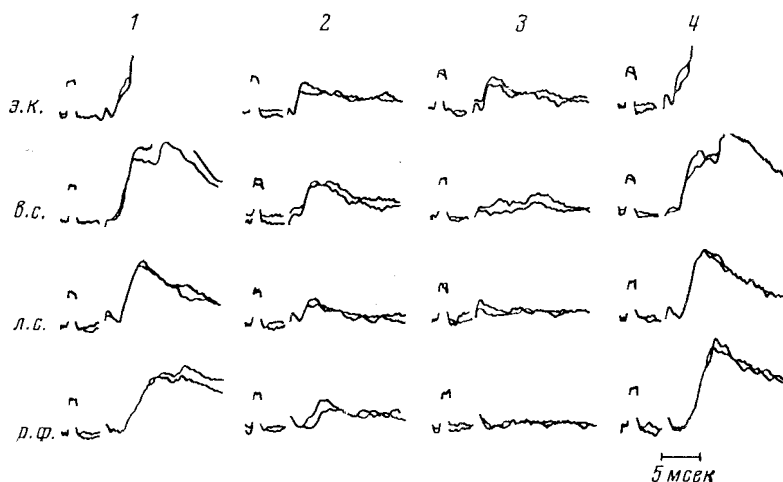


Рис. 1. Влияние удаления ионов кальция на экстраклеточной среде и добавления ионов магния на синаптические входы. 1 — раствор Рингера с 1,8 мМ кальцием, 2 — через 18 мин. после начала перфузии бескальциевым раствором с добавлением 5 мМ магния, 3 — через 25 мин. перфузии бескальциевым раствором, 4 — после 35 мин. отмывания в растворе с 1,8 мМ кальцием, остальные обозначения см. в тексте. Калибровочный импульс 2 мВ

ция ионного состава среды может служить в качестве одного из основных приемов для исследования механизмов транссинаптической передачи. Наличие нескольких прямых возбуждающих входов, идентифицируемых в мотонейронах амфибий, дает возможность для сравнения особенностей

функционирования различных синаптических контактов одной и той же нервной клетки.

Опыты проводили на изолированных препаратах спинного — продолговатого мозга лягушки *Rana ridibunda* при комнатной температуре. С помощью внутриклеточных микроэлектродов отводили постсинаптические потенциалы, возникающие в мотонейронах 9–10-го сегментов при раздражении ретикулярной формации продолговатого мозга (р.ф.), вентральных и латеральных столбов (в.с. и л.с.), задних корешков (з.к.), а также поясничного сплетения и мышечных нервов задней конечности. Рассматривались главным образом возбуждающие постсинаптические потенциалы (в.п.с.п.), возникающие с моносинаптическим латентным периодом. В.п.с.п. регистрировали на экране осциллографа путем повторного пазже-

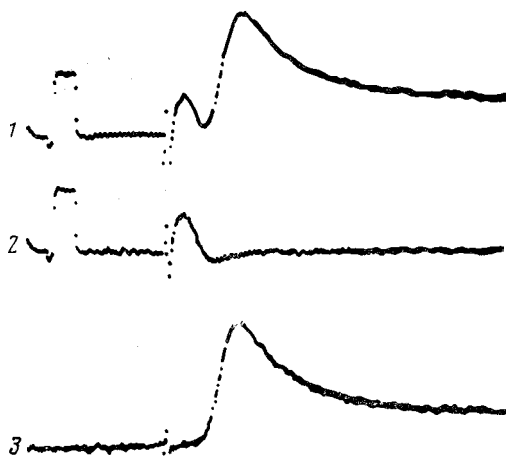


Рис. 2. Усредненные на ЭВМ ответы мотонейрона на раздражение заднего корешка через 102 мин. после начала перфузии бескальциевым раствором с 5 мМ магнием. 1 — внутриклеточный в.п.с.п., 2 — экстраклеточное поле, 3 — результат вычитания 2 из 1. Калибровочный импульс 1 мсек., 2 мВ.



Рис. 3. Ответы мотонейрона на ритмическое раздражение заднего корешка после 30 мин. перфузии бескальциевым раствором с 5 мМ магнием

ния однократных пробегов луча или усредняли с помощью цифрового компьютера «Didac» 4000 («Intertechnique»), обеспечивающего возможность проводить вычитание или суммирование исследуемых потенциалов.

Замена обычного перфузирующего раствора (114 мМ Na; 2,0 мМ K; 1,8 мМ Ca; 119,6 мМ Cl; 5,5 мМ глюкозы) на раствор, не содержащий ионов кальция, с добавлением 3–5 мМ ЭГТА или 5–10 мМ магния, приводила к обратимому угнетению всех полисинаптических реакций и моносинаптических ответов, вызываемых с р.ф., в.с. и л.с. Часть моносинапти-

ческих з.к. в.с.п.с. при этом не угнеталась. Рис. 1 демонстрирует неодинаковое влияние бескальциевого раствора на моносинаптические в.п.с.п. различного происхождения и восстановление реакций после возвращения к нормальному раствору. Полный блок чувствительных к недостатку ионов кальция синаптических входов развивался обычно через 20–30 мин. после начала перфузии бескальциевым раствором. Резистентные к недостатку кальция и добавлению ионов магния моносинаптические з.к. в.п.с.п. сохранялись в течение 6–8 час. пребывания мозга в бескальциевом растворе.

Амплитуда резистентных к недостатку кальция в.п.с.п. достигала 2–3 мв. Они характеризуются быстрым временным течением: длительность восходящей фазы в.п.с.п. составляет всего 0,8–1,5 мсек., постоянная времени спада 2–4 мсек., что практически совпадает с собственной постоянной времени мембраны, измеренной с помощью прямоугольных толчков тока. Временное течение этих в.п.с.п. существенно не искажалось экстраклеточным полем, что видно из опытов с вычитанием последнего из регистрируемого внутриклеточного ответа (рис. 2).

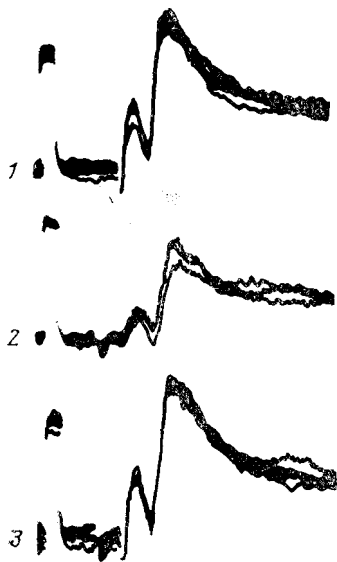


Рис. 4. Окклюзия ответов, вызываемых с з.к. и с пояснично-крестцового сплетения на препарате, пробывшем 33 мин. в бескальциевой среде с 5 мМ магнием. Калибровочный толчок 1 мсек., 2 мв. 1 — з.к. в.п.с.п., 2 — ответ на раздражение пояснично-крестцового сплетения, 3 — совмещение обеих реакций

Резистентные к недостатку кальция в.п.с.п. воспроизводят высокие ритмы раздражения (до 100 в 1 сек.), не обнаруживая уменьшения амплитуды последующих ответов (рис. 3). Они возникают не только при раздражении з.к., но и при раздражении пояснично-крестцового сплетения и мышечных нервов задней конечности, причем при параллельном раздражении нервов и корешков наблюдалась полная окклюзия (рис. 4). Это свидетельствует об участии одних и тех же афферентных волокон в генерации регистрируемых постсинаптических ответов. Скорость проведения, определяемая по разности латентных периодов окклюзируемых в.п.с.п., вызываемых из разных точек афферентного пути, оказалась равной 20–25 м/сек.

Полученные результаты позволяют предположить, что по крайней мере часть заднекорешковых волокон, устанавливающих моносинаптические контакты с пояс-

ничными мотонейронами, образуют синапсы с электрическим механизмом передачи. Такое предположение согласуется как с функциональными характеристиками соответствующих резистентных к недостатку кальция в.п.с.п. (способность воспроизводить без потенциации и депрессии высокие ритмы раздражения, быстрое временное течение, целиком определяемое постоянной времени мембраны, малая чувствительность к охлаждению), так и с результатами электронно-микроскопических исследований, выявивших в спинном мозге лягушки аксо-дендритные синапсы с тесным соприкосновением пре- и постсинаптической мембраны (⁴, ⁵).

Можно также предположить, что электрические связи между афферентами заднего корешка и мотонейронами могут принимать участие в генерации антидромных в.п.с.п., наблюдаемых в мотонейронах спинного мозга лягушки при раздражении передних корешков соседних сегментов (⁶), и потенциалов задних корешков, возникающих при раздражении передних корешков (⁷).

Синапсы, образуемые на мотонейронах нисходящими волокнами как супраспинального, так и интраспинального путей, очевидно, характеризуются химическим механизмом передачи.

Институт эволюционной физиологии
и биохимии им. И. М. Сеченова
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
5 VI 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ B. Katz, R. Miledi, J. Physiol., v. 207, 789 (1970). ² M. V. L. Bennet. In: Structure and Functions of Synapses, 1972, p. 221. ³ K. J. Muller, J. G. Nicholls. J. Physiol., v. 238, 357 (1974). ⁴ B. T. Charlton, E. G. Gray, J. Physiol., v. 179, 2P (1965). ⁵ C. Sotello, J. Taxi, Brain Res., v. 17, 137 (1970). ⁶ A. D. Grinnell, J. Physiol., v. 182, 612 (1966). ⁷ A. D. Grinnell, J. Physiol., v. 210, 17 (1970).