

П. Г. КОСТЮК

ОСОБЕННОСТИ НЕРВНОГО ПРОЦЕССА В МОТОНЕЙРОНАХ СПИННОГО МОЗГА

(Представлено академиком К. М. Быковым 6 V 1952)

Н. Е. Введенский⁽²⁾ указывал, что «основным различием между нервным волокном, концевой пластинкой и нервной клеткой, определяющим как их различное отношение к прямым раздражениям, так и их взаимное отношение друг к другу, следует признать их большую или меньшую функциональную подвижность. Наиболее подвижным элементом нервной системы является нервное волокно, за ним следует концевая пластинка и ниже всего стоит нервная клетка». Особенности элементарных нервных процессов в нервном волокне, от которых и зависит его функциональная подвижность, изучены подробно; что же касается особенностей этих процессов в нервных клетках и окончаниях (особенно в центральной нервной системе), то этот вопрос до сих пор не выяснен. Между тем для понимания механизма деятельности центральной нервной системы необходимо знать эти особенности течения нервного процесса в различных ее элементах.

В настоящей работе было изучено течение нервного процесса в телах мотонейронов спинного мозга. Опыты были проведены на децеребрированных и спинальных кошках. Мотонейроны возбуждались по двухнейронной рефлекторной дуге (посредством одиночных раздражений соответствующих мышечных нервов). Если по такой дуге послать сначала одну волну возбуждения, а затем через различные интервалы другую, то изменение реакции на вторую из них будет указывать на те изменения в состоянии центральных образований, которые возникают в связи с первой волной возбуждения. Эти изменения выявлялись в токах действия соответствующего переднего корешка. Возможные изменения в чувствительном нерве контролировались путем одновременной регистрации также и токов действия задних корешков.

После первого афферентного импульса в рефлекторной дуге сначала возникает состояние повышенной возбудимости, которое через 7—10 сигм сменяется угнетением: теперь на второй импульс получается более слабый эффект. Это торможение продолжается до нескольких сотен сигм. Подобные результаты были получены и другими исследователями⁽⁴⁾. Надо полагать, что эти изменения отчасти обуславливаются развитием нервного процесса в мотонейронах. Но кроме процессов в мотонейронах, известную роль играют также процессы возбуждения в синапсах и влияние тормозящих афферентных волокон, которые, вероятно, содержатся в мышечном нерве и раздражаются одновременно с возбуждающими волокнами.

Для того чтобы устранить эти осложняющие обстоятельства и иметь возможность проследить течение одиночной волны возбуждения именно

в мотонейронах, можно первое раздражение приложить не к чувствительному нерву, а к центральной части перерезанного переднего корешка. Нервные импульсы от такого раздражения, распространяясь антидромно, войдут в тела мотонейрона, но дальше через синапсы пройти не смогут. Второй импульс, вызванный в мышечном нерве, будет тогда обнаруживать изменения возбудимости, связанные с развитием нервного процесса именно в мотонейронах. Надо полагать, что примерно так же процесс возбуждения в мотонейронах будет развиваться и тогда, когда он вызывается здесь ортодромными импульсами.

Наши опыты показали, что если ортодромный импульс поступает в мотонейроны сразу же после прихода туда антидромного, то рефлекторная реакция оказывается резко уменьшенной. При больших интервалах (2—4 сигмы) реакция восстанавливается или даже усиливается, после чего начинается второй период пониженной возбудимости, который

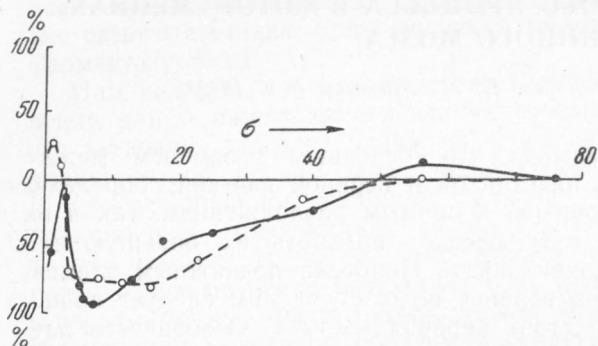


Рис. 1. Изменения рефлекторной реакции по двухнейронной дуге под влиянием антидромных импульсов. Раздражались: нерв икроножной мышцы и VII передний поясничный корешок. Сплошная линия — рефлекс через антидромно возбуждаемые, прерывистая — через соседние мотонейроны. По оси абсцисс — интервал между приходом в мотонейроны антидромного и ортодромного импульсов; по оси ординат — увеличение (вверх) или уменьшение (вниз) рефлекторной реакции

длится 30—40 сигм. В некоторых случаях затем возникает еще один период небольшого повышения возбудимости. Общая длительность развития нервного процесса в среднем достигает 50 сигм. Подобного рода изменения возбудимости можно обнаружить и в мотонейронах, расположенных по соседству с антидромно возбуждаемыми; однако в этом случае первоначальное подавление реакции отсутствует — сразу возникает повышение возбудимости, сменяющееся затем торможением. Механизм воздействия на соседние мотонейроны не

ясен. Вероятнее всего, оно объясняется влиянием сильных электрических потенциалов, возникающих в телах мотонейронов.

Изменения рефлекторной реакции в антидромно возбуждаемых и соседних мотонейронах, наблюдавшиеся в одном из опытов, графически показаны на рис. 1.

Некоторые исследователи, наблюдавшие подобные изменения рефлекторной реакции после антидромного импульса (5), считают первоначальное подавление реакции проявлением рефрактерности мотонейронов после антидромной активации, а последующие изменения — проявлением следовых потенциалов. Такая точка зрения приводит к совершенно неправильному выводу, что рефрактерность в аксоне и теле нервной клетки совершенно одинакова. Первоначальное подавление реакции связано с рефрактерностью не тел, а аксонов мотонейронов после прохождения антидромного импульса. Об этом говорит отсутствие этой фазы (при наличии всех остальных) в соседних мотонейронах, которые не возбуждались через аксоны, а также ряд других фактов. Выражением развития возбуждения в телах мотонейронов служили первоначальное повышение возбудимости к ортодромному импульсу (которое значительно маскируется рефрактерностью аксонов), сменяющееся затем длительным снижением возбудимости. Из этого следует, что понятие абсолютной рефрактерности вообще неприменимо к телам мотонейронов; возбуждение мотонейронов в первый период своего раз-

вития не только не затрудняет, но даже облегчает переход возбуждения с окончаний чувствительных клеток на мотонейрон. Это первоначальное повышение возбудимости, начинающееся сразу после прихода возбуждения в тело клетки, особенно отчетливо выступает в соседних мотонейронах, где эта фаза не маскируется рефрактерностью аксонов. Лишь во второй фазе развития нервного процесса переход затрудняется, развивается торможение, причем без всякого воздействия специальных тормозящих импульсов, а лишь как результат развития процесса возбуждения в мотонейронах.

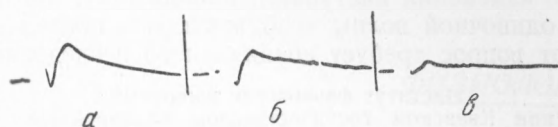


Рис. 2. Электротоническая реакция VII переднего поясничного корешка при антидромном возбуждении. Расстояние от отводящих электродов до мозга: а — 1 мм, б — 3 мм, в — 7 мм

Это торможение не имеет ничего общего с анэлектротоническим действием на мотонейроны так называемого нейропиля или каких-либо других элементов спинного мозга.

В этом легко убедиться, если расположить отводящие электроды на переднем корешке у самого мозга так, чтобы регистрировалась электротоническая (э-т) реакция. При таком отведении отчетливо видно, что сразу же после прихода в мозг антидромного импульса возникает довольно значительная катэлектротоническая реакция (рис. 2, а). О ее э-т характере говорит ее быстрое уменьшение при отодвигании электродов от мозга (рис. 2, б, в).

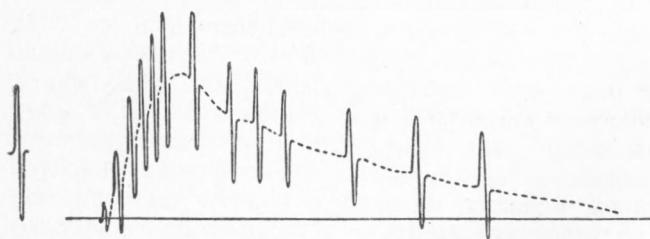


Рис. 3. Изменения рефлекса от единичного раздражения нерва икроножной мышцы в различные фазы э-т реакции, вызванной антидромным импульсом. Осциллограммы, полученные при отдельных измерениях, для наглядности наложены на одну кривую э-т реакции (пунктирная линия). Сначала показан рефлекс на один ортодромный импульс, в последующих случаях ортодромный импульс приходил в мотонейроны после антидромного через, соответственно: 0,6, 1,2, 1,8, 2,4, 3,0, 3,6, 4,7, 6,0, 8,0, 10,2, 12,4, 14,6 сигмы

начальный период развития э-т реакции, рефлекторная реакция резко подавляется. При большем интервале рефлекс полностью восстанавливается, а затем вновь начинает уменьшаться, причем это уменьшение не связано с какой-либо анэлектротоничностью. Оно возникает одновременно с началом нисходящего колена катэлектротонической реакции и достигает значительной степени в то время, когда катэлектротоническая реакция все еще хорошо развита. Все это хорошо видно на рис. 3. Из этих данных следует, что нет никакой необходимости связывать такое торможение с деятельностью какого-то особого субстрата, отличного от субстрата возбуждения. На такой точке зрения стоит Беритов, который утверждает, что спинно-мозговое торможение происходит исключительно через «нейропиль» (3). Торможение в приведенном случае является, вне сомнения, естественным развитием процесса возбуждения в телах мотонейронов.

Приведенные данные показывают, что течение нервного процесса в

Если при таком расположении отводящих электродов посылать вслед за антидромным ортодромный импульс, то можно установить, каким моментам э-т реакции соответствуют различные фазы изменения возбудимости мотонейронов.

При поступлении второго импульса спустя очень короткий промежуток времени после антидромного, в самый

мотонейронах значительно отличается от такового в нервном волокне, в частности длительность этого процесса, как предполагали Введенский и в свое время еще Сеченов (1), гораздо больше в клетке, чем в волокне. Кроме того, и отдельные фазы развития нервного процесса протекают неодинаково в том и другом случаях. Конечно, течение нервного процесса в теле мотонейрона не является неизменным, оно изменяется при изменении условий деятельности и состояния мотонейрона. Значительные изменения наступают, повидимому, при поступлении в мотонейроны не одиночной волны возбуждения, а последовательного ряда импульсов. Этот вопрос требует специального исследования.

Институт физиологии животных
при Киевском государственном университете
им. Т. Г. Шевченко

Поступило
26 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. М. Сеченов, Об электрическом и химическом раздражении чувствующих спинно-мозговых нервов лягушки, СПб, 1868. ² Н. Е. Введенский, Возбуждение торможение и наркоз, СПб, 1901. ³ И. С. Беритов, Физиол. журн. СССР, 24, № 1—2, 63 (1938). ⁴ J. C. Eccles, British Med. Bull., No. 6, 304 (1950). ⁵ C. Brooks, C. B. Downman and J. C. Eccles, J. Neurophysiol., 13, No. 1, 9 (1950).