Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 1

ФИЗИОЛОГИЯ

В. С. ШЕВЕЛЕВА

СОСТОЯНИЕ ТОРМОЖЕНИЯ ПРИ МЕЖНЕЙРОННОЙ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕ НЕРВНЫХ ИМПУЛЬСОВ

(Представлено академиком К. М. Быковым 9 II 1955)

В процессе жизнедеятельности организма в синаптические аппараты центральной нервной системы поступают по афферентным нервам с различной частотой и силой импульсы с экстерорецепторов, которые сочетаются в этих аппаратах с импульсами, приходящими с интерорецепторов.

От скорости формирования импульсов в клетках коры в ответ на раздражение и соответственное сопоставление их во времени с вновь приходящими импульсами будет зависеть деятельность того или иного органа на периферии, к которому поступают импульсы от этих клеток по эфферентным путям. По характеру деятельности органа можно судить о состоянии возбуждения или торможения в синаптических аппаратах центральной нервной системы.

Электрофизиологический анализ межнейронной передачи нервных импульсов, проведенный в условиях элементарного синаптического аппарата — верхнего шейного симпатического ганглия кошки, при раздражении преганглионарного ствола стимулами прямоугольного тока, различными по частоте, силе и длительности, позволил выяснить соотношение электрических и гуморальных факторов в межнейронной передаче нервных импульсов ([1]) и наглядно проследить переход нервного процесса от состояния возбуждения к состоянию торможения.

При регистрации механического сокращения 3-го века кошки на фоне непрерывного раздражения шейного преганглионарного симпатического ствола было установлено, что при увеличении частоты раздражения, при постоянной силе и длительности раздражающих стимулов (0,1—0,5 δ) вначале имеет место повышение амплитуды сокращения мышцы 3-го века. Однако после того как частота раздражения достигла известного предела (60—80 в секунду), дальнейшее ее увеличение ведет уже к снижению уровня сокращения 3-го века. При возвращении к более низкой частоте раздражения (5—10 в секунду) при той же силе раздражения снова имеет место увеличение амплитуды сокращения 3-го века (см. рис. 1). Вторичное снижение сокращения 3-го века наступает, как видно из рисунка, уже при меньшей частоте раздражения, чем в первый раз. Такого же характера изменения в сокращении 3-го века наблюдались при изменении силы, а также длительности раздражающих стимулов при постоянстве других параметров.

Записывая одновременно с механическим сокращением 3-го века потенциалы действия преганглионарного ствола, ганглия и постганглионарного ствола, мы смогли установить, что во всех случаях уменьшению амплитуды сокращения 3-го века предшествует изменение, в первую очередь, потенциалов действия ганглия (см. рис. 2). Увеличение частоты, силы, а также длительности раздражающих стимулов сказывается в

уменьшении второго компонента потенциалов действия ганглия, соответствующего, как было ранее показано ([1]), возбуждению нервных клеток (см. рис. 3).

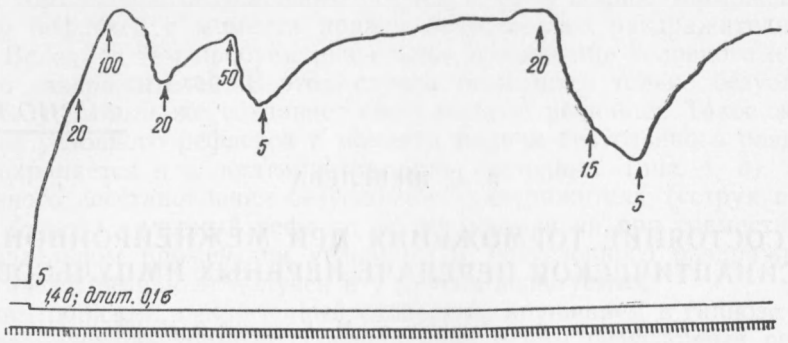


Рис. 1. Сокращение 3-го века при непрерывном раздражении преганглионарного ствола при постоянной силе (1,4 в) и длительности раздражающих стимулов (0,1 σ). Стрелками указаны моменты смены в частоте раздражения, цифры обозначают частоту раздражения. Отметка времени 5 сек.

Изменения в амплитуде первого компонента потенциалов действия ганглия при увеличении частоты, силы и длительности раздражающих стимулов наступают значительно позднее и не являются, следовательно, в данных условиях ответственными за прекращение синаптической передачи нервных импульсов.

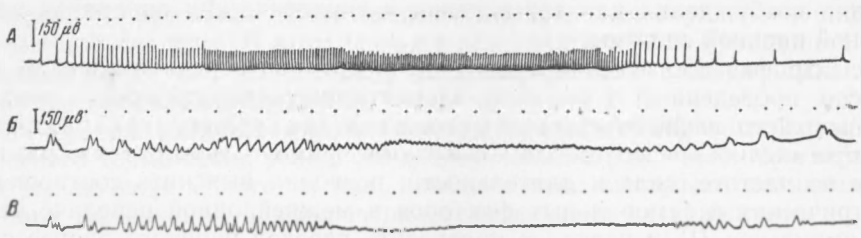


Рис. 2. Изменение потенциалов действия преганглионарного ствола (*А*), ганглия (*Б*) и постганглионарного ствола (*В*) при увеличении частоты раздражения преганглионарного ствола до 160 стимулов в секунду при постоянной их силе и длительности. Отметка времени $^1/_{20}$ сек.

Таким образом, состояние торможения, возникающее в межнейронных синапсах при увеличении частоты, силы и длительности раздражающих стимулов, связано с пессимальным состоянием нервных клеток, имеющих определенный ритм возбуждения. Переход от состояния возбуждения к состоянию торможения в синапсах ганглия, при ритмическом раздражении преганглионарного ствола обнаруживает ту же зависимость от частоты и силы стимулов, которая была впервые открыта Н. Е. Введенским ([2]) на нервно-мышечном препарате, исследована также на вегетативной нервной системе ([3]) и в общей форме показана Н. Е. Введенским ([4]) при рефлекторных реакциях для центральной нервной системы.

Изучая значение гуморальных факторов в синаптической передаче нервных импульсов, мы смогли наряду с этим установить, что переход в развитии нервного процесса от состояния возбуждения к состоянию торможения в синапсах ганглия, определяясь частотой, силой и длительностью раздражающих стимулов, происходит в то же время в соответствии с определенными изменениями биохимической динамики в синапсах под влиянием химически активных веществ, освобождающихся при раздра-

жении нервных волокон и влияющих на уровень лабильности нервных клеток.

Состояние торможения в синапсах ганглия, возникающее при увеличении частоты и силы раздражающих преганглионарный ствол стимулов, связано с изменениями функционального состояния нервных клеток, снижением их лабильности по ходу реакции в ответ на раздражение преганглионарного ствола.

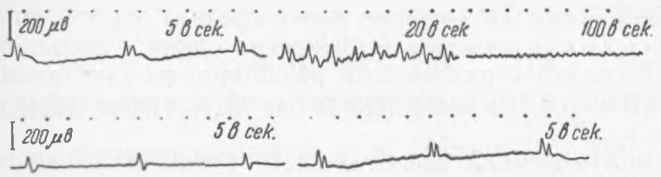


Рис. 3. Изменение амплитуды потенциалов действия ганглия при увеличении частот раздражения преганглионарного ствола при постоянной силе и длительности раздражающих стимулов (порог 0,5 в, раздражение 1,4 в, длительность стимулов 0,1 σ). Цифры на кадрах указывают число раздражений в секунду. Отметка времени $^1/_{20}$ сек.

Повышая уровень функционального состояния нервных клеток при помощи адреналина (вводимого в ганглий при его перфузии), влияющего на окислительные и гликолитические процессы, оказалось возможным наблюдать переход от состояния торможения, вызванного длительным раздражением преганглионарного ствола при увеличении частоты, в состояние возбуждения без каких-либо изменений в условиях раздражения (см. рис. 4). Частота, ставшая при длительном раздражении пессимальной, при новом функциональном состоянии нервных клеток под влиянием адреналина оказалась уже оптимальной — появился второй компонент потенциалов действия ганглия, отражающий состояние возбуждения нервных клеток. Вслед за этим увеличилось и сокращение 3-го века, до этого уменьшавшееся.

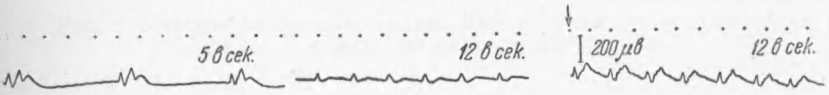


Рис. 4. Влияние адреналина при введении его в ганглий (1,0 γ) на синаптическую передачу нервных импульсов при длительном раздражении преганглионарного ствола (порог 0,5 в, раздражение 1,2 в, длительность стимулов 0,1 σ). Цифры на кадрах указывают число раздражений в секунду. Отметка времени $^1/_{20}$ сек.

Как видно из данного наблюдения, оценка количественного параметра в отношении вызванной им реакции находится в зависимости от качественной характеристики определенного гуморального фактора.

Изменяя уровень функционального состояния нервных клеток и нервных окончаний, химически активные вещества (ацетилхолин и адреналиподобное вещество, ионы) определяют различную степень адекватности реакции нервных клеток к ритму внешней импульсации.

Следовательно, принимая представления Н. Е. Введенского, указавшего генезис тормозных и экзальтационных реакций в количественных сочетаниях между текущими интервалами возбуждения в субстрате и интервалами приходящих извне импульсов, необходимо учитывать роль специфических медиаторов, в частности, ацетилхолина и адреналиподобного вещества, освобождающихся в области нервных окончаний при возбуждении нервных волокон. Эти химически активные вещества являются

связующим звеном между текущей по афферентным проводникам нервной импульсацией и характером реакции нервных клеток (центров).

Наряду с количественной характеристикой процесса возбуждения становится возможным учесть его определенные качественные особенности на основе исследования физико-химических процессов, тесно связанных с процессами обмена веществ, обусловливающими жизнедеятельность организма в целом.

На основании полученых экспериментальных данных видно, что нет необходимости искать объяснения для состояния торможения в межнейронных синапсах вне процесса возбуждения одних и тех же нервных клеток и связывать его с различными рецепторными субстанциями клетки, либо рассматривать его как результат возбуждения особых тормозящих волокон и т. п. ([5–7]).

Анализ межнейронной синаптической передачи нервного процесса, проведенный в элементарном синаптическом аппарате ганглия с учетом гуморальных и электрических компонентов и отнесенный к определенным структурам — нервным волокнам, нервным окончаниям и нервным клеткам, дает материальную основу для понимания сложных координационных взаимоотношений процессов возбуждения и торможения, возникающих одновременно во многих структурах центральной нервной системы в процессе жизнедеятельности организма во внешней среде.

Институт экспериментальной медицины
Академии медицинских наук СССР

Поступило
30 XII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. С. Шевелева, ДАН, **101**, № 6 (1955). [2] Н. Е. Введенский, О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе, СПб, 1886. [3] Н. Е. Введенский, Медицинск. обозрение, **40**, № 20, 754 (1895). [4] Н. Е. Введенский, Тр. СПб общ. естествоисп., **3**½ (1906). [5] Langley, J. Physiol., **31**, 244 (1904). [6] G. Kato, The Microphysiology of Nerve (цит. по [7]). [7] J. C. Eccles, J. Physiol., **85**, 207 (1935).