

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИКИ СЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗРИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗАТОРЕ ЧЕЛОВЕКА ОТ КОЛИЧЕСТВА ПРОИЗВОЛЬНО ЗАПОМИНАЕМЫХ ВСПЫШЕК

И. В. Ермакова

В настоящее время усиливается интерес к изучению физиологических механизмов целенаправленной деятельности человека. Это изучение базируется на таких физиологических показателях активности головного мозга, как ЭЭГ-параметры [15], КГР [12], время реакции (ВР) [2, 16], нейрональные сдвиги [1, 10, 11]. Известно, что произвольное внимание, избирательное восприятие и произвольное запоминание в целенаправленной деятельности человека тесно связаны между собой. Н. И. Чуприкова [17], указывая на то, что все стороны мозговой активности и деятельности человека находятся под влиянием второсигнальных управляющих импульсов, делает предположение, что произвольное внимание, целенаправленное восприятие и запоминание можно рассматривать как разные стороны одного и того же процесса второсигнальной регуляции поведения, подчеркивая участие словесных отделов коры в распределении посредством управляющих импульсаций возбудимости в нейронных популяциях первичных проекций. С. Н. Раева [10, 11] приводит данные о возникновении под действием словесных стимулов нейрональных сдвигов в корковых и подкорковых структурах мозга человека при выполнении последним целенаправленной деятельности. Делается вывод о существовании в мозге человека специализированной системы преднастройки и реализации некоторых опосредованных речью целенаправленных форм деятельности.

Одним из путей исследования особенностей и закономерностей произвольной деятельности является сопоставление ее параметров и показателей со сходной непроизвольной деятельностью. Ряд авторов приводит данные, указывающие на отличия произвольных форм запоминания [3, 13, 20], внимания и восприятия [4, 8] от непроизвольных. Имеются исследования, показывающие неодинаковое участие разных структур головного мозга в непроизвольной и произвольной деятельности, например произвольное запоминание вербального материала обеспечивается структурами левого полушария, а непроизвольное — структурами правого [6].

В работе [7] было изучено следовое последствие в зрительном анализаторе человека световых раздражителей, подаваемых в виде вспышек маленьких электрических лампочек, без мнемической задачи на запоминание. Целью данной работы является изучение последствия световых раздражителей при произвольном запоминании количества и местоположения этих вспышек.

МЕТОДИКА

Для выявления следового последствия световых раздражителей в зрительном анализаторе человека использовался метод тестирующих реакций [2, 14, 16, 18].

В работе приводятся данные двух серий экспериментов. Первая серия состояла в следующем: перед испытуемыми находилась панель с 36 электрическими сигнальными лампочками, образующими на панели сетку из шести вертикальных и шести горизонтальных рядов. Через 2 с после звукового сигнала на панели вспыхивала одна или две лампочки (длительность вспышки 100 мс). Согласно словесной инструкции, испытуемый запоминал и через определенные промежутки времени (в разных опытах от 2 до 40 с) воспроизводил местоположение этих вспышек, нажимая на кнопки, находящиеся около сигнальных ламп на панели пульта. Через определенные интервалы времени (от 0,6 до 38 с) после первых вспышек предъявлялись вторые (тестирующие) — одна или две, которые подавались либо в те же места, что и запоминаемые, либо в другие места панели. В ответ на тестирующие вспышки часть испытуемых как можно быстрее нажимала на кнопку реактивного ключа правой рукой, если вспыхивала одна лампа, и левой, если — две; другая часть испытуемых, наоборот, правой, — если две лампы, и левой, — если одна. Тестирование проводилось через следующие интервалы времени: 0,6; 2; 4; 8; 16; 20; 30 и 38 с. Воспроизведение удержанных в памяти ламп испытуемый производил только после нажатия на реактивный ключ. Предъявляемые последовательности вспышек можно было подразделить на четыре группы: одна — одна, две — две, одна — две, две — одна (на первом месте количество запоминаемых вспышек, на втором — тестирующих). В этой работе рассмотрены только результаты, полученные в случае, когда количество тестирующих вспышек совпадало с количеством вспышек, подлежащих запоминанию (одна — одна, две — две). В экспериментах участвовало 10 человек.

Вторая серия экспериментов отличалась от первой тем, что испытуемым предъявлялись для запоминания комплексы из трех и четырех вспышек; такие же комплексы служили и тестирующими раздражителями. Причем при вспыхивании трех ламп одна группа испытуемых нажимала на ключ правой рукой, другая — левой; при предъявлении четырех вспышек, наоборот, первая группа — левой, вторая — правой. В работе представлены данные, полученные только в случае, когда количество тестирующих вспышек совпадало с количеством вспышек, подлежащих запоминанию. В этой серии участвовало 8 человек.

Самым существенным в примененной методике является факт, что тестирующие вспышки подавались либо в те же места, что и вспышки, подлежащие запоминанию, либо в другие места. Предполагалось, что при условии (предусмотренном в инструкции) постоянной фиксации испытуемым центральной точки панели повторное вспыхивание одних и тех же ламп приводило к тому, что зрительная афферентация дважды посылалась к одним и тем же структурам зрительного анализатора (от сетчатки до корковой проекции). Показателями физиологического эффекта действия световых раздражителей служили латентные периоды двигательной реакции испытуемых в ответ на тестирующие вспышки. Таким образом, тестирующие сигналы предъявлялись для выявления состояния возбудимости в проекциях запоминаемых вспышек.

О локальном повышении или понижении возбудимости в проекциях запоминаемых вспышек судили, сравнивая абсолютные значения времени реакции каждого испытуемого в ответ на тестирующие вспышки, адресованные в те же пункты зрительного анализатора, что и вспышки, подлежащие запоминанию («положительные пункты») $ВР_{пол}$ (т. е. когда тестирующие вспышки производились в том же месте панели, что и лампы, подлежащие запоминанию), с абсолютным значением времени реакции испытуемого в ответ на тестирующие вспышки, адресованные в другие пункты зрительного анализатора, чем запоминаемые («индифферентные пункты») $ВР_{инд}$ (т. е. когда местоположение на панели тестирующих вспышек было отлично от местоположения запоми-

наемых). Для количественной оценки степени изменения возбудимости в «положительных пунктах» зрительного анализатора рассматривали относительные значения времени реакции $ВР_{отн}$ в % у каждого испытуемого при разных интервалах тестирования, которые определялись по формуле

$$ВР_{отн} = \frac{ВР_{пол}}{ВР_{инд}} \cdot 100\%,$$

а также средние относительные значения времени реакции по группе в целом, определяемые по формуле: $\Sigma ВР_{отн}/k$, где k — количество испытуемых. Значения $ВР_{отн} < 100$ говорят об облегчении $ВР_{пол}$ по сравнению с $ВР_{инд}$, а значения $ВР_{отн} > 100$ — о задержке $ВР_{пол}$ по сравнению с $ВР_{инд}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ полученных результатов с использованием статистико-математического метода обработки (критерия t Стьюдента для попарного сравнения) показал следующее.

$ВР_{пол}$ в подавляющем большинстве случаев меньше, чем $ВР_{инд}$. На основании этого был сделан вывод, что в пунктах зрительного анализатора, куда поступали вспышки, подлежащие запоминанию («положительные пункты»), наблюдается повышение возбудимости по сравнению с индифферентными пунктами; такое следовое повышение возбудимости было названо положительным следовым эффектом.

Положительные следовые эффекты в последствии произвольно запоминаемых вспышек при увеличении интервалов тестирования имеют тенденцию к постепенному уменьшению (затуханию), что хорошо видно на рис. 1.

На малых интервалах тестирования (0,6—2 с) увеличение числа одновременно вспыхивающих ламп приводит к уменьшению положительного следового эффекта (рис. 2).

Статистически значимая длительность положительного следового последствия наименьшая при запоминании одной и четырех вспышек (рис. 1).

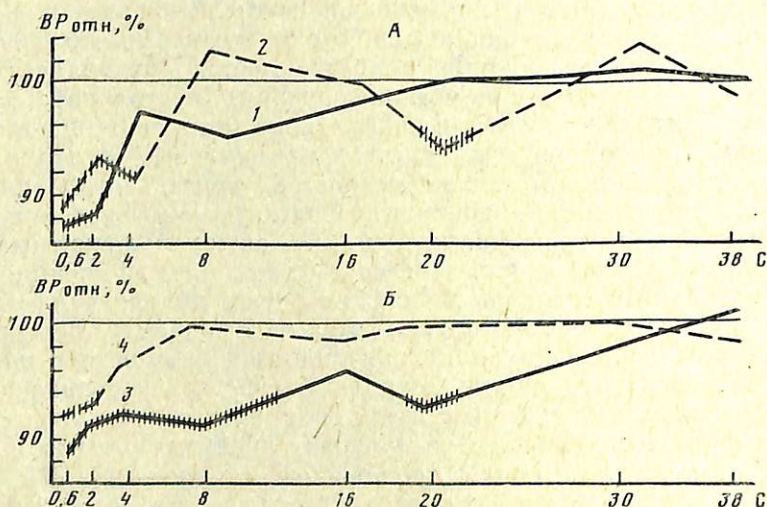


Рис. 1. Динамика положительных следовых эффектов при произвольном запоминании разного числа световых вспышек; А — запоминание одной пары вспышек (1, 2); Б — запоминание трех и четырех вспышек (3, 4). Заштрихованная часть — статистически значимая область. Графики построены на основе средних значений $ВР_{отн}$ у десяти (А) и восьми (Б) испытуемых

В последствии двух, трех и четырех вспышек следовое повышение возбудимости носит колебательный характер, особенно ярко выраженный при запоминании двух вспышек (рис. 1). При подсчете количества перепадов возбудимости в % к общему числу измерений у всех испытуемых (за перепад воз-

будимости принят переход от $\frac{BP_{пол}}{BP_{инд}} \cdot 100 < 100$ к

$\frac{BP_{пол}}{BP_{инд}} \cdot 100 < 100$ и опять к $\frac{BP_{пол}}{BP_{инд}} \cdot 100 < 100$ по-

лучили: при запоминании двух вспышек — 16% перепадов, трех и четырех — 12,5%, при запоминании одиночных вспышек — 8% перепадов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В пунктах зрительного анализатора, куда поступали вспышки, подлежащие запоминанию, по сравнению с индифферентными пунктами, наблюдается повышение возбудимости, которое уменьшается (затухает) с увеличением интервала тестирования. Так как без наличия словесной инструкции на запоминание такого повышения возбудимости не наблюдается [7], то это явление должно быть связано с воздействием положительных второсигнальных управляющих импульсов — особой формы межцентральных импульсаций, возникающей в словесных отделах коры и ответственной за изменение возбудимости в непосредственных проекциях [2, 16].

Наши исследования показали, что длительность, выраженность и характер следовых процессов в зрительном анализаторе человека при произвольном запоминании человеком световых вспышек зависят от количества этих вспышек. Увеличение числа одновременно запоминаемых сигналов приводит на малых интервалах тестирования к уменьшению следового возбуждения в «положительных пунктах» зрительного анализатора (пунктах, куда адресовались вспышки, подлежащие запоминанию). Н. И. Чуприкова [16, 17] описала подобный факт, полученный на одном интервале тестирования (0,5 с). Мы придерживаемся объяснения Н. И. Чуприковой, считающей, что уменьшение возбуждения в положительных пунктах зрительного анализатора при увеличении числа сигналов, подлежащих синтезированию в одновременный комплекс, можно объяснить наличием отрицательно-индукционного взаимодействия между возникшими очагами повышенной возбудимости в соответствующих проекциях запоминаемых световых сигналов. Распространен взгляд, что торможение в актах внимания, восприятия и запоминания способствует выделению одних объектов и подавлению других, мешающих возбуждений. Многими авторами указывается на возникновение торможения при запоминании сигналов, предъявленных одновременно или в близкой последовательности [9, 21].

Предполагая наличие индукционного торможения между одновременно возникшими очагами повышенной возбудимости, мы считаем, что природу колебательного характера следа при запоминании нескольких вспышек можно объяснить взаимодействием процессов возбуждения и торможения между этими очагами. При наименьшем количестве одновременно возникающих очагов повышенной возбудимости, равном двум, взаимная блокада процессов возбуждения и торможения должна быть менее устойчива, а колебательный характер следового возбуждения —

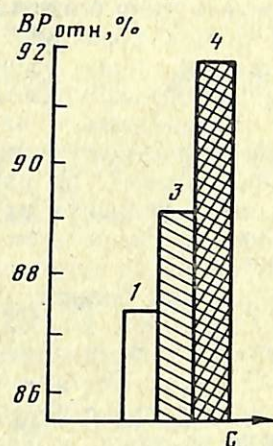


Рис. 2. Диаграмма выраженности положительных следовых эффектов при запоминании одной, трех и четырех вспышек на интервалах тестирования от 0,6 до 2 с

более выраженным, чем при большем количестве очагов повышенной возбудимости, что и было получено в наших исследованиях (рис. 1). Небольшие длительности следовых эффектов при запоминании одной и четырех вспышек, по нашему мнению, имеют разную природу: при запоминании одиночных вспышек в основном происходит затухание процессов возбуждения, в то время как при запоминании четырех вспышек сильно развито индукционное торможение между очагами повышенной возбудимости.

Выявленные в нашем исследовании особенности следового последствия существенно отличаются от последствия такого же количества вспышек, но предъявленных без мнемической задачи на запоминание в условиях их дифференцирования по количеству [7]. По этим данным, следовое возбуждение не носит колебательного характера при любом числе вспышек (от 1 до 4), а в последствии парных вспышек выражено больше, чем в последствии одиночных. Сопоставление между собой данных, полученных при наличии и без мнемической задачи на запоминание, будет сделано в специальной работе.

Полученные данные говорят о сложности процессов при произвольной деятельности человека. Работами П. К. Анохина и его учеников было показано, что целенаправленная деятельность организма осуществляется только при избирательной организации многих частных физиологических механизмов в единую функциональную систему. В. Б. Швырковым [19, с. 40] отмечено, что при восприятии зрительной информации «зрительный стимул, конечно, возбуждает в числе других и соответствующие нейроны зрительного анализатора, причем в первую очередь — зрительные рецепторы, однако субъективное ощущение должно быть пропорциональным не «количеству возбуждения» зрительных нейронов, а степени интегрирования всех нейронов, входящих в функциональную систему соответствующего перцептивного акта...».

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют об интегративном характере работы мозга в процессе произвольного запоминания человеком простейшей зрительной информации, указывая на участие словесных отделов коры в произвольном запоминании и на наличие координированной деятельности процессов возбуждения и торможения, за счет которой достигается слаженная и экономичная работа мозговых механизмов.

ВЫВОДЫ

1. В пунктах зрительного анализатора, куда поступали вспышки, подлежащие запоминанию, наблюдается повышение возбудимости по сравнению с индифферентными пунктами (положительный следовой эффект), которое связано с воздействием второсигнальных управляющих импульсов.

2. Выраженность положительных следовых эффектов на малых интервалах тестирования зависит от количества произвольно запоминаемых точечных световых сигналов: увеличение числа одновременно запоминаемых сигналов (от 1 до 4) приводит к уменьшению выраженности следового повышения возбудимости.

3. В последствии двух, трех и четырех вспышек положительный следовой эффект носит колебательный характер, особенно выраженный при запоминании двух вспышек.

4. Уменьшение выраженности положительного следового эффекта при увеличении числа одновременно запоминаемых вспышек и колебательный характер следового эффекта объясняются возникновением отрицательно-индукционного взаимодействия между очагами повышенной возбудимости в соответствующих проекциях запоминаемых световых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бехтерева Н. П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л., 1971.
2. Бойко Е. И. Время реакции человека. М., 1964.
3. Голубева Э. А. Электрофизиологическое изучение свойств нервной системы и некоторые индивидуальные особенности памяти человека. Автореф. докт. диссертации. М., 1975.
4. Демина Л. Д. О нейрофизиологических механизмах внимания.— *Вопр. психологии*, 1979, № 2, с. 79—85.
5. Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М., 1970.
6. Корсакова Н. К., Москвичте Л. И., Симерницкая Э. Г. О функциональном взаимодействии полушарий мозга в процессах памяти.— В сб.: Тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. «Память и следовые процессы». Пущино, 1979, с. 163—164.
7. Локалова Н. П., Чуприкова Н. И. О возможности выделения фазы кратковременной памяти, связанной с реверберацией возбуждений, по показателю функционального состояния нервных структур.— *Физиология человека*, 1976, т. 2, № 1, с. 91—99.
8. Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М., 1973.
9. Норман Д. Память.— В сб.: Зрительные образцы; феноменология и эксперимент, ч. 3. Душанбе, 1973, с. 97—224.
10. Раева С. Н. О роли нейронов неостриатума и неспецифического таламуса в организации целенаправленной деятельности.— *Физиология человека*, 1977, т. 3, № 6, с. 972—980.
11. Раева С. Н. Нейронный анализ процессов произвольного внимания человека.— В сб.: Физиологические и биохимические исследования памяти. Пущино, 1977, с. 29—45.
12. Симонов П. В., Валуева М. Н., Ершова П. М. Произвольная регуляция КГР.— *Вопр. психологии*, 1964, № 4, с. 45—50.
13. Смирнов А. А. Проблемы психологии памяти. М., 1966.
14. Ушакова Т. Н. Функциональные структуры второй сигнальной системы. М., 1979.
15. Хомская Е. Д. Мозг и активация. М., 1972.
16. Чуприкова Н. И. О нейрофизиологических основаниях ограниченности объема внимания и памяти.— *Вопр. психологии*, 1968, № 2, с. 23—35.
17. Чуприкова Н. И. Слово как фактор управления в высшей нервной деятельности человека. М., 1967.
18. Чуприкова Н. И. Метод выявления и некоторые закономерности локального следового повышения возбудимости в последствии дифференцируемых и запоминаемых раздражителей у человека.— В сб.: Тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. «Память и следовые процессы». Пущино, 1979, с. 157—159.
19. Швырков В. Б. Теория функциональных систем в психофизиологии.— В сб.: Теория функциональных систем в физиологии и психологии. М., 1978, с. 11—47.
20. Шлычкова А. Н. Соотношение произвольной и произвольной памяти при одинаковых способах работы с запоминаемым материалом.— *Новые исследования в психологии*, 1978, № 2, с. 9—15.
21. Walley R., Weiden T. D. Lateral inhibition and cognitive masking: a neuropsychological theory of attention.— *Psychol. Rev.*, 1973, N 4, с. 80—96.

Поступила в редакцию
4.1.1980