

УДК 612.821.6.001.5

ФИЗИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР Л. Г. ВОРОНИН, В. Ф. КОНОВАЛОВ,
А. Т. БОНДАРЬ, Н. М. ГРОМЫКО, А. И. ФЕДОТЧЕВ

О КОНСОЛИДАЦИИ НЕОСОЗНАВАЕМЫХ СЛЕДОВ РАЗДРАЖЕНИЙ У ЧЕЛОВЕКА В ОНТОГЕНЕЗЕ

В данное время почти все исследователи согласны с тем, что следы, остающиеся в мозгу после прекращения раздражения, имеют отношение к памяти. Также общепринято выделять два вида памяти: кратковременную и долговременную. Многие полагают, что основу кратковременной памяти составляют нейродинамические процессы (¹⁻⁷), в то время как долговременной — структурно-биохимические изменения, берущие свое начало в активированных нейронах на стадии кратковременного хранения следов (^{2, 8-11}).

В связи с выделением двух видов памяти представляет интерес вопрос об их временных параметрах, на который нет четкого ответа, особенно когда речь идет о человеке. Целью данной работы и явилось исследование процесса консолидации следов раздражений у человека в период значительного отрезка его онтогенеза.

Под наблюдением находилось 210 испытуемых в возрасте от 4 до 18 лет. Во время эксперимента они спокойно с закрытыми глазами сидели в кресле. Опыт на детях 4—5 лет проводился в затемненной камере, где экспериментатор с аппаратурой и исследуемый были разделены пирмой. Испытуемые более старшего возраста во время исследования находились в темной полувзвуконепроницаемой камере. Каждый исследуемый участвовал в двух опытах. В течение первого опыта вырабатывался след от светового раздражителя, включаемого на 3 сек. каждые 15 сек. Во время одного опыта предъявлялось 10 раздражений, при этом испытуемый должен был открывать глаза на включение света, а на выключение — закрывать их.

Биоэлектрические корреляты формирования и воспроизведения следов раздражений определялись по кожно-гальванической реакции (к.г.р.) по Тарханову, хотя регистрировались и менее показательные электрографические реакции: электрическая активность зрительной зоны коры головного мозга (э.з.г.), сердца (э.к.г.) и мышц (э.м.г.). Все записи осуществлялись на 4- или 8-канальном электроэнцефалографах. После отмены последнего, десятого раздражителя, запись этих показателей продолжалась еще в течение 2—3 мин., что позволяло проследить длительность хранения и динамику репродукции сформированного следа.

По окончании первого опыта исследуемые всех возрастов были разделены на семь групп по 10 человек в каждой. Затем с каждой группой проведен второй эксперимент через какой-либо из следующих интервалов времени после первого опыта: 1, 15, 30, 60 мин., 1, 15 и 30 дней, а в некоторых случаях через 4 мес.

Второй опыт начинали с однократного включения света с целью активизирования следовых реакций. Запись «фоновых» реакций продолжалась до тех пор, пока обнаруживались ранее сформированные и репродуцировавшиеся следы под влиянием «пускового» раздражителя.

В процессе опыта учитывалась вероятность появления к.г.р. в ответ на включение светового раздражителя и ее латентный период, который у взрослых испытуемых в среднем был 1,73 сек., а у детей 1,35 сек. Это

различие, возможно, обусловлено у детей большей возбудимостью нервной системы и прохождением нервных импульсов по более коротким путям. О формировании следов раздражений можно было судить, во-первых, по к.г.р., опережающим включение очередного стимула, и, во-вторых, в случае отмены раздражителя, по периодически повторяющейся к.г.р. с интервалом, равным межстимульной паузе и длительности включения светового агента.

Во втором опыте также регистрировались следы от раздражителя, ранее сформированные у исследуемых. Факт такого длительного хра-

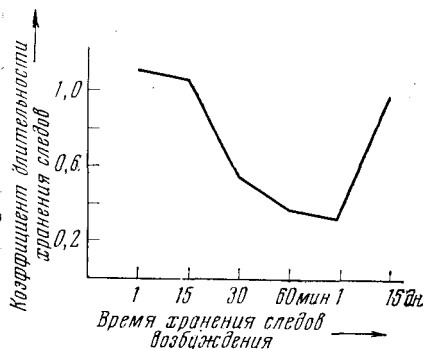


Рис. 1. Динамика изменения коэффициента длительности хранения следов возбуждения в зависимости от фактора времени у 4—5-летних детей

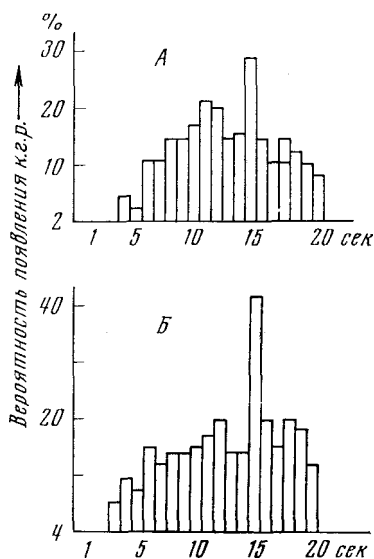


Рис. 2. Пред- (А) и постстимульные (Б) гистограммы появления к.г.р. при сознательной оценке межстимульной паузы 16—18-летними испытуемыми

нения следов полностью подтвердился автокорреляционным анализом⁽¹²⁾, проведенным в 7 серии опытов, которая выполнялась на испытуемых в возрасте 16—18 лет через 30 дней после образования следа.

По характеру активации следов раздражений в период повторного обследования исследуемые разделились на три группы: 1) лица, у которых следы раздражений появлялись как до включения света, так и до восприятия инструкции; 2) лица, у которых следы активировались однократным действием «пускового» раздражителя; 3) лица, у которых следы возникали в ответ на инструкцию — вспомнить интервал времени между световыми стимулами во время предыдущего опыта. Следует иметь в виду, что во втором опыте следы в к.г.р. возникали в основном только у тех исследуемых, у которых они наблюдались в первом эксперименте. При этом в первом опыте было отмечено, что длительность хранения следов зависит от индивидуальных особенностей обследуемых, а во втором опыте — преимущественно от фактора времени, т. е. от величины интервала, через который проводилась повторная проверка наличия следов в нервной системе. Для характеристики динамики изменения следов раздражений в зависимости от паузы между первым и вторым экспериментами нами был применен коэффициент длительности хранения следа. Этот коэффициент равнялся отношению времени воспроизведения следа после однократного действия раздражителя во втором опыте ко времени репродукции его после отмены стимуляции в первом. У всех возрастных групп он претерпевал закономерные изменения от серии к серии опытов.

Оказалось, что коэффициент длительности хранения следа у детей в возрасте 4—5 лет постепенно уменьшался в течение одного дня, после чего его величина резко возрастала (рис. 1). У детей, посещающих детский сад, возраст которых ко дню исследования составил 6—7 лет, отмечена

приблизительно такая же динамика этого коэффициента, т. е. в течение суток он снижался, а затем к 15 дню увеличивался.

В связи с тем, что среди взрослых исследуемых в возрасте 16—18 лет не все воспроизводили сформированный след, а только 40—50% и при этом время репродукции следа было меньше, чем у детей, нельзя было определить коэффициент длительности хранения следа. Тем не менее оказалось, что следы в к.г.р. достаточно ярко проявлялись при сознательной оценке межстимульного интервала, когда испытуемый сильно недооценивал или переоценивал его длительность. При этом были обнаружены следы раздражений трех типов: во-первых, возникающие в паузе между включениями света испытуемыми, которые обычно не связывали их с непосредственным восприятием самого раздражителя; во-вторых, появляющиеся через 15 сек. после выключения исследуемым светового стимула и, в-третьих, возникающие за 15 сек. до включения этого стимула.

Динамика второго и третьего типа следов раздражений, зарегистрированных при сознательной оценке межстимульной паузы, изображена на рис. 2 в виде пред- и постстимульных гистограмм к.г.р. Из рисунка видно, что наибольшее число к.г.р. появляется за 15 сек. до включения раздражителя испытуемым (рис. 2а) и через 15 сек. после выключения стимула (рис. 2б).

Эти три вида следов закономерно изменялись в связи с величиной интервала времени, через который их испытывали после первоначального формирования. Так, при сознательной оценке межстимульной паузы через 1 мин. после образования следа у взрослых испытуемых вероятность появления к.г.р. в интервалах между включениями света, а также за 15 сек. до и через 15 сек. после выключения его была максимальной. В последующих сериях опытов с увеличением интервала времени, через который след испытывался, эта вероятность уменьшалась и достигла минимума при паузе в 1 час. Однако при сознательной оценке через один день вероятность появления ранее сформированных следов снова была большой, оставаясь примерно на этом же уровне и при сознательной оценке через 15, 30 и 120 дней после образования следов (рис. 3).

Аналогичные следовые процессы регистрировались и у детей в возрасте 4—7 лет. При этом выраженность следов у них достигала 70—90% от общего числа попыток сознательно репродуцировать 15-секундную паузу, в то время как у 16—18-летних испытуемых это наблюдалось не более чем в 16—18% (рис. 3).

Таким образом, из данной работы, так же как и из более ранних наших публикаций (^{13, 14}), следует, что наиболее стабильные наличные и следовые электрографические реакции регистрируются у детей. Ранее мы предположили, что динамика угашения реакций через некоторое время после их формирования обусловлена переходом следов раздражений с кратковременного уровня хранения на долговременный. Сохраняя это предположение и в случае объяснения результатов данного исследования, можно сказать, что процесс закрепления неосознаваемых следов раздражений в долговременной памяти 4—7-летних детей осуществляется в течение 24 час. Консолидация же аналогичных следов у взрослых людей заканчивается к часу.

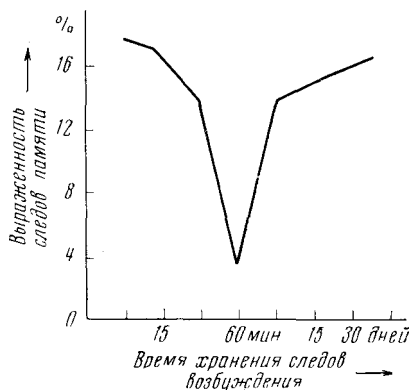


Рис. 3. Динамика репродукции неосознаваемых следов возбуждения в зависимости от длительности их хранения у 16—18-летних испытуемых

По-видимому, правы упоминавшиеся в начале нашего сообщения авторы, которые считают, что процесс консолидации следов раздражений обуславливает переход кратковременной памяти с нейродинамического уровня на молекулярный уровень, являющийся основой долговременной памяти. Очевидно, в это время условно-ориентировочные, эмоциональные и другие виды возбуждения, вызывающие к.г.р., уступают место процессу консолидации «памятного» следа.

Почему же следовая к.г.р. после предполагаемого периода консолидации восстанавливается до прежнего уровня? Вполне вероятно, это происходит потому, что сохранению следов сопутствует их распад. Иными словами, память основана на взаимодействии двух процессов, которые обычно называются воспоминание и забывание. При условии столкновения этих двух противоречивых процессов возникает условно-ориентировочное или даже эмоциональное возбуждение и как следствие этого — к.г.р. Обе гипотезы мы проверяем экспериментально.

Институт биологической физики
Академии наук СССР
Пуцдино-на-Оке

Поступило
2 XII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. E. Muller, A. Pilzecker, *Zs. Psychol.*, 1, 1 (1900). ² D. O. Hebb, *The Organization of Behavior. A Neurophysiological Theory*, N. Y., 1949. ³ R. W. Gerard, In: *Handbook of Physiology*, Washington, Sec. 1, 3, 1960, p. 1919. ⁴ A. Fessard, T. Szabo, In: *Brain Mechanisms and Learning*, 1961, p. 353. ⁵ F. Morrell, In: *Information Storage and Neural Control*, 1963, p. 189. ⁶ В. С. Русинов, В сб. *Проблемы современной нейрофизиологии*, М.—Л., 1965, стр. 73. ⁷ Е. Н. Соколов, *Журн. высш. нервн. деят.*, 13, 5, 816 (1963). ⁸ J. Z. Young, *Doubt and Certainty in Science. A Biologist's Reflection on the Brain*, Oxford, 1950. ⁹ J. Konorski, In: *Brain Mechanisms and Learning*, 1961, p. 115. ¹⁰ К. Н. Pribram, In: *EEG and Behavior*, N. Y.—London, 1963, p. 149. ¹¹ И. С. Бериташвили, В кн. *Наука и человечество*, 1968. *Международный ежегодник*, М., 1969, стр. 25. ¹² Б. Бернс, В кн. *Неопределенность в нервной системе*, М., 1969. ¹³ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов, И. С. Сериков, *ДАН*, 195, № 6, 1468 (1970). ¹⁴ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов и др. *ДАН*, 201, № 1, 253 (1971).