

УДК 612.821.6.001.5

ФИЗИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР, л. Г. ВОРОНИН, В. Ф. КОНОВАЛОВ, Г. И. ЖУРАВЛЕВ

## О КОНСОЛИДАЦИИ ОСОЗНАЕМЫХ РЕАКЦИЙ

Многие считают, что следы возбуждений, отражающие процесс запечатления информации мозгом, претерпевают изменения во времени. Эти изменения изучаются главным образом на животных. Исследование же данной функции мозга человека по существу еще не началось. Описанная нами динамика развития во времени неосознаваемых следовых реакций говорит в пользу теоретической и практической важности сведений о судьбе следов возбуждения в нервной системе людей разного возраста (<sup>1</sup>).

Представляет интерес проследить закономерности изменений осознаваемых реакций у взрослого человека в течение длительного времени после их формирования. Обследовано 130 испытуемых в возрасте 17–35 лет. В первом опыте все испытуемые решали одну и ту же задачу: из 10 тумблеров выбирали и запоминали 5 тумблеров, включение которых вызывало освещение на специальном табло цифр 1, 2, 3, 4, 5. Задача считалась решенной, когда исследуемый освещал цифры 1, 2, 3, 4 и, наконец 5, а затем повторял эту процедуру в том же порядке еще два раза. Второй опыт для одних испытуемых начинался через 1 мин. после первого, а для других – соответственно через 5, 15, 30 и 60 мин., 1, 5, 15 и 30 дней. При этом на четырехканальном электроэнцефалографе регистрировались время решения задачи, число, порядок и длительность нажима на тумблер, а также реакции: электроэнцефалограмма (э.э.г.), кардиограмма (э.к.г.), кожногальваническая реакция (к.г.р.) и электромиограмма (э.м.г.). Обследование заканчивалось расспросом испытуемых о том, как они решали задачу, помнят ли первую задачу и чем она отличается от второй.

Оказалось, что предварительная инструкция вызывает у испытуемых ряд электрофизиологических реакций: депрессию альфа-активности затылочной области, появление к.г.р. и замедление, сменяемое учащением ритма сердца. В ходе опыта эти изменения усиливались и сохранялись до тех пор, пока исследуемый не сообщал об окончании решения задачи.

Повторное решение задачи теми же испытуемыми через разное время показало, что к.г.р., э.к.г. претерпевали закономерные изменения во времени. На рис. 1, I видно, что в течение 15 мин. после окончания первого опыта число волн к.г.р. у испытуемых постепенно нарастает. К 30 мин. данная реакция уменьшается и достигает величины, зарегистрированной через 1 мин. после окончания эксперимента. Дальнейшее отставление второго опыта от первого способствует усилению выраженности к.г.р. Эта же закономерность обнаружена по коэффициенту возникновения волн к.г.р., вычисленному по отношению числа волн к.г.р., появившихся во втором опыте, к числу зарегистрированных в первом (рис. 1). Обнаружено также, что динамика изменений э.к.г. имеет аналогичный характер.

Интересные закономерности развития во времени запечатленной в мозге информации были обнаружены и при анализе времени повторного решения задачи. На рис. 2 видно, что явное увеличение времени решения задачи у испытуемых наступает через 15 мин. после обучения. К 30–60 мин. отмечается улучшение использования прошлого опыта, после чего происходит постепенное забывание усвоенных навыков (рис. 2). Аналогичные изменения претерпевали и другие показатели кратковременного и долговременного хранения запечатленной информации: коэффициент нажатия тумблеров (отношение числа тумблеров, включаемых испытуемым во втором опыте, к числу тумблеров, нажатых в первом) и коэффициент

количества ошибок (отношение числа ошибок, зарегистрированных во втором опыте, к числу ошибок в первом опыте).

В этом же плане представляются и результаты опроса испытуемых после повторного решения задачи. Оказалось, что та группа исследуемых, которая участвовала в опытах повторно, через 15 мин. после их обучения

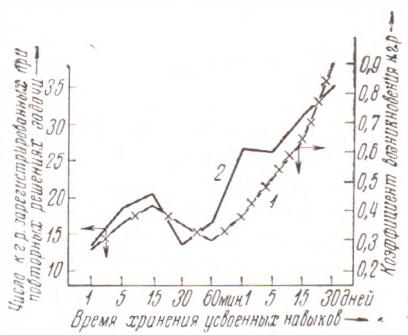


Рис. 1. Изменения выраженности к.г.р. при повторных решениях задачи (1) и коэффициент возникновения волн к.г.р. (2) в зависимости от времени хранения усвоенных навыков

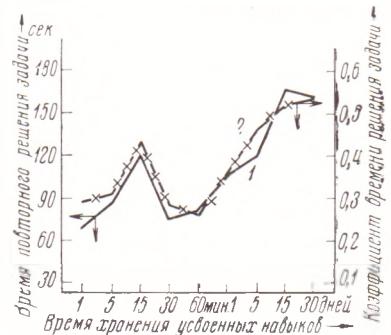


Рис. 2. Изменения времени повторных решений задачи (1) и коэффициента времени решения задачи (2) в зависимости от длительности хранения усвоенных навыков

затруднялась ответить, какая задача предъявлялась им в первый раз — та же или другая. К 1 часу после первого решения задачи воспоминание у испытуемых существенно улучшалось и достигало уровня, отмеченного у них в первые 5 мин. после образования навыка. Далее, в течение 1 мес. наблюдалось постепенное уменьшение процента правильных ответов. Таким образом, воспринятые мозгом раздражения претерпевают во времени значительные изменения. Ранее, исследуя неосознаваемые следовые реакции, мы предположили, что угашение электрографических реакций отражает процесс закрепления информации в долговременной памяти и что в основе памяти лежит взаимодействие двух процессов — воспоминания и забывания, в результате которого возникает условно ориентированное или даже эмоциональное возбуждение и, как следствие этого, — к.г.р. (1). Подтверждением этой гипотезы служит фактический материал, описанный в данной работе и изображенный в виде кривых сохранения заученных навыков решения логической задачи, а также динамики электрографических реакций, который сопутствовали воспоминанию этой же самой задачи через разное время после ее усвоения (рис. 3). Характер этих кривых показывает, что информация, запечатленная в памяти с участием второй сигнальной системы, претерпевает более сложные изменения по сравнению с изменением во времени следовых реакций, осознаваемых в меньшей степени. Основываясь на динамике коэффициента времени решения задачи и словесном отчете испытуемых, а также на закономерных изменениях Э.К.Г. и к.г.р. в первом и во втором опытах, можно выделить три стадии памяти: кратковременную, промежуточную и долговременную. Промежуточная память описана и у животных (2-4).

На стадии кратковременной памяти, длившейся около 3–5 мин., испытуемые без труда воспроизводили ход решения задачи. При этом электрографические реакции незначительно менялись.

В промежуточной стадии, равнявшейся от 5 до 30–60 мин., значительно увеличивалось время повторного решения задачи, а испытуемые затруднялись ответить, какая задача предъявлялась им в первый раз. Особенно отчетливо эта закономерность наблюдалась через 15 мин. после окончания первого опыта, сопровождаясь усилением выраженности к.г.р. и Э.К.Г. Такая картина наблюдалась в течение 15 мин. после первого ре-

шения задачи, затем стабильность данных реакций начинала уменьшаться, достигая минимальных значений к 30—60 мин.

Стадия долговременной памяти прослежена нами от 1 часа до 30 дней. Для нее характерно постепенное забывание испытуемым правила решения задачи, сопровождающееся усилением и стабилизацией электрофизиологических реакций (к.г.р., э.к.г.). Обращает на себя внимание также факт, что число ошибок увеличивалось, если период между нажимами на тумблеры был больше, чем 10 сек., и становилось максимальным при периоде в 20—25 сек. После 25 сек. количество ошибок постепенно уменьшалось к 50—60 сек. и в последующие 3—5 мин. было минимальным. При повторных решениях задачи число ошибок также зависело от времени, прошедшего между нажимами на тумблеры. При этом наблюдался сдвиг максимума ошибок к интервалам в 5—10 сек. Было отмечено и более значительное увеличение и уменьшение ошибок, чем в первом опыте.

Приведенные данные указывают на некоторую фазность кратковременной памяти, что подтверждается также и литературными данными<sup>(3)</sup>. По-видимому, имеется отрезок времени в 30—50 сек., в течение которого идет перекодирование воспринятой информации из наикратчайшего ее хранения (5—10 сек.) в кратковременное (3—5 мин.). Вероятно, только после этих трех фаз возможен перевод следов возбуждений в долговременную память. Вполне вероятно, что первая и вторая фазы переработки информации осуществляются с участием не только процесса возбуждения, когда испытуемые легко репродуцируют воспринятые впечатления, но и торможения, выражением которого является затруднение воспроизведения усвоенных навыков. Важная роль механизмов торможения в формировании следов памяти подчеркивается и другими авторами<sup>(4, 5)</sup>.

На основании проведенного исследования можно сказать, что следы возбуждений, сформированные в мозге при активном участии второй сигнальной системы, отражают три стадии памяти: кратковременную, длительностью до 5 мин., промежуточную, начинающуюся после 5-й мин. и заканчивающуюся у взрослых испытуемых к 30—60 мин., и долговременную, прослеженную нами в течение 30 дней. В кратковременной памяти возможно выделить фазу, равную 30—50 сек., когда, вероятно, идет перекодирование воспринятой информации из наикратчайшего ее хранения, длительностью до 5—10 сек., в кратковременное — до 3—5 мин. Консолидация следов возбуждений осуществляется, по-видимому, в стадии промежуточной памяти. Всякое нарушение воспроизведения воспринятой информации, связанное с процессом консолидации или с распадом следов в долговременной памяти, всегда сопровождается усилением выраженности электроэнцефалографических реакций. Это усиление, по-видимому, обусловлено иррадиацией эмоционального и ориентировочного возбуждений, вызванных «столкновением» процессов запоминания и забывания.

Институт биологической физики  
Академии наук СССР  
Пущино-на-Оке

Поступило  
20 IX 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов и др., ДАН, 210, № 2, 483 (1973). <sup>2</sup> J. B. Messenger, Nature, 232, № 5307, 202 (1971). <sup>3</sup> C. D. Sanders, I. J. Barglow, Nature, 232, № 5307, 203 (1971). <sup>4</sup> Р. И. Кругликов, В. кн. Гагарские беседы, Тбилиси, 6, 1972, стр. 195. <sup>5</sup> Н. Н. Трауготт, Д. А. Каuffman, Журн. высш. деят., 21, № 2, 552 (1971). <sup>6</sup> Л. П. Латаш, Л. И. Тихомирова, И. Г. Куман, В. кн. Память и следовые процессы, Пущино-на-Оке, 1970, стр. 103. <sup>7</sup> J. Z. Young, Brit. Med. J., № 5697, 647 (1970).

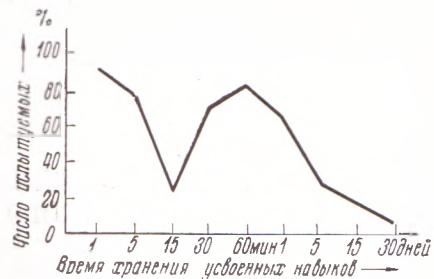


Рис. 3. Число испытуемых, правильно воспроизводивших задачу при разном времени хранения навыков, связанных с ее решением