

УДК 612.821.6:612.821.7

ФИЗИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР Л. Г. ВОРОНИН, В. Ф. КОНОВАЛОВ,
Р. Я. СЕНИНА

**ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ СНА
НА КОНСОЛИДАЦИЮ СЛЕДОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Результаты современных исследований сна привели некоторых авторов к гипотезе, что сон представляет собой не пассивное, а активное состояние мозга, во время которого происходит «доработка» информации, воспринятой в период бодрствования (^{7, 15}). Однако влияние сна на процессы формирования и закрепления усвоенной информации в памяти изучаются главным образом при помощи психологических тестов (^{8, 10–12, 16}). Поэтому представляет интерес исследовать данный вопрос физиологически, в частности, выяснить, возможна ли во время сна дополнительная консолидация следов возбуждений, сформированных в бодром состоянии испытуемых и выраженных в следующих электрофизиологических реакциях: кожно-гальванической (к.г.р.), электроэнцефалографической (э.э.г.), электрокардиографической (э.к.г.).

Работа выполнена на 30 испытуемых в возрасте от 18 до 30 лет. С каждым испытуемым проводилось два исследования. Во время первого исследования вырабатывались следовые реакции на свет частотой 50 гц и длительностью 3 сек. Интенсивность раздражителя составляла 0,3 дж. Формирование следов достигалось тем, что вначале 10 раз применялся этот стимул (каждые 15 сек.). Затем его отключали и регистрировали проявление следов возбуждения в последующие 15-секундные интервалы. Наконец испытуемого просили воспроизвести этот интервал времени: нажимать на кнопку в том случае, если он считает, что 15 секунд прошло. Второе исследование проводилось через 7 час. после первого в виде трех серий: I серия — после бодрствования в дневное время, II серия — после естественного сна и III серия — после вынужденного бодрствования в ночное время. Во всех трех сериях опытов регистрировалась длительность сохранения сформированных следовых эффектов, репродуцируемых при однократном действии стимула, применявшегося 10 раз в первом исследовании. Затем испытуемых просили оценить паузу, через которую включались стимулы за 7 час. до этой серии опытов. Во время эксперимента испытуемый находился в затемненной звукоизолированной камере с хорошей вентиляцией, где были созданы удовлетворительные условия для спокойного нормального сна. Во время лишения испытуемых сна им разрешалось заниматься обычной деятельностью (играть в шахматы, шашки, читать, слушать музыку), не применяя при этом каких-либо возбуждающих средств, например кофеина.

Всех испытуемых расспрашивали о том, не было ли у них переутомления из-за чрезмерной загруженности в течение рабочего дня. Испытуемых II группы расспрашивали, хорошо ли они спали. Ответы исследуемых протоколировались. В ходе опытов осуществлялась регистрация э.э.г., к.г.р., э.к.г. Э.э.г. анализировалась по пяти ритмам: δ, θ, α, β_λ, β_ν. Регистрация указанных реакций осуществлялась 8-канальным электроэнцефалографическим комплексом «Медикор», включающим электроэнцефалограф, анализатор, интегратор и фотофоностимулятор.

Анализ результатов экспериментов показал, что восприятие испытуемым светового раздражителя через постоянный 15-секундный интервал

способствует появлению электрографических изменений не только в момент стимуляции, но и непосредственно перед ее началом. Кроме того, следовые эффекты в ритме ранее действующих агентов могли репродуцироваться при первом исследовании после отключения десятого стимула, а при втором — первого, который был в то же время единственным. Далее было установлено, что следы возбуждения, проявляемые в первом опыте в к.г.р., у испытуемых всех серий могли репродуцироваться с вероятностью 40—50% (рис. 1). При втором исследовании у всех испытуемых вероятность воспроизведения следов уменьшалась. Особенно отчетливо снижение следовых эффектов отмечено во II серии, когда опыт производился после 7-часового сна (рис. 1). Статистически достоверное уменьшение следовых эффектов в к.г.р. проявилось не только по вероятности их репродукции, но и по длительности сохранения. Так, например, во втором опыте I и III серий уменьшение времени хранения следов возбуждений составило по 18 секунд. Во втором же опыте II серии эта величина достигала 36 секунд.

По данным э.к.г., второе исследование во всех сериях опытов также отличалось от первого и выражалось это замедлением сердцебиений. При этом замедление сердцебиений, как и в случаях снижения появления к.г.р., было более выраженным у испытуемых II серии экспериментов по сравнению с исследуемыми из I и III серий (рис. 2).

Таким образом, из данных выполненной работы прежде всего следует, что во втором исследовании во всех трех сериях экспериментов отмечалось в к.г.р. снижение общей вероятности выявляемых следов и их длительности, сопровождаемое уменьшением частоты сердцебиений. Однако это снижение следовых эффектов и замедление э.к.г. наиболее отчетливо были выражены у испытуемых, участвовавших во II серии опытов (рис. 1, 2).

В э.э.г. следовые реакции отражались значительно слабее, чем в к.г.р. и э.к.г., и проявлялись они в основном в α -ритме, будучи слабо выраженным или почти отсутствуя в других ритмах. Кроме того, мы не отметили различий в проявлении следов возбуждений по группам испытуемых. Эти статистически недостоверные изменения э.э.г. в данном сообщении не приводятся.

Далее, нами был вычислен коэффициент сознательной оценки времени, равный отношению оценки интервала между раздражителями, производимой испытуемым, к истинному значению интервала, т. е. к 15 сек. Установлено, что во втором исследовании у испытуемых, принимавших участие во всех трех сериях экспериментов, коэффициент сознательной оценки времени увеличивался. Это происходило как за счет усиления степени переоценки во втором исследовании (рис. 3а), так и за счет возрастания общего количества переоценок (рис. 3б). И в данном случае, судя по рис. 3, этот прирост также был более отчетливо выражен у испытуемых II серии экспериментов.

Следовательно, основываясь на сравнении фактического материала, полученного в разных условиях эксперимента, можно сказать, что наиболее четкие изменения как непроизвольных реакций (репродукция следовых эффектов в к.г.р.), так и произвольных (оценка испытуемым длительности межстимульной паузы) отмечены во втором опыте, по сравнению с первым, только у группы испытуемых с нормальным естественным сном. При этом существенно то, что репродукция непроизвольных следовых реакций после сна значительно уменьшалась, а сознательное реагирование испытуемых в этой серии, наоборот, характеризовалось наибольшим запаздыванием.

Как можно объяснить установленные факты? Ранее, в результате опытов на практически здоровых испытуемых разного возраста и на больных атеросклерозом и хроническим алкоголизмом, жаловавшихся на плохую память, было показано, что следовые процессы, выраженные в электро-

физиологических реакциях, находится в обратных отношениях с памятью. Оказалось, что чем больше был объем памяти, определяемый максимальным количеством карточек с изображением различных рисунков или цифр, которые запоминал испытуемый, тем хуже проявлялись у него следовые эффекты. Оказалось также, что со временем следовые эффекты становятся слабее и даже полностью исчезают при сохранении информации в памяти.

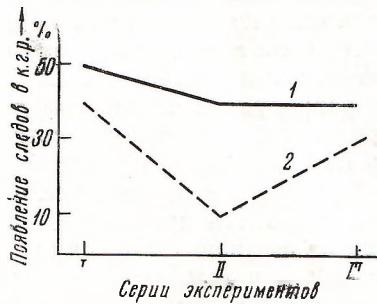


Рис. 1

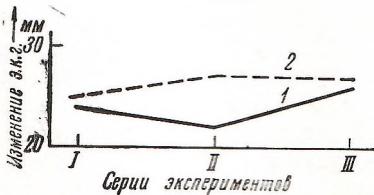


Рис. 2

Рис. 1. Динамика воспроизведения следов в к.г.р. в 1-м (1) и 2-м (2) исследований в зависимости от серии экспериментов

Рис. 2. Изменения э.к.г. в 1-м (1) и 2-м (2) исследованиях в зависимости от серии экспериментов. Скорость движения ленты энцефалографа 7,5 мм/сек

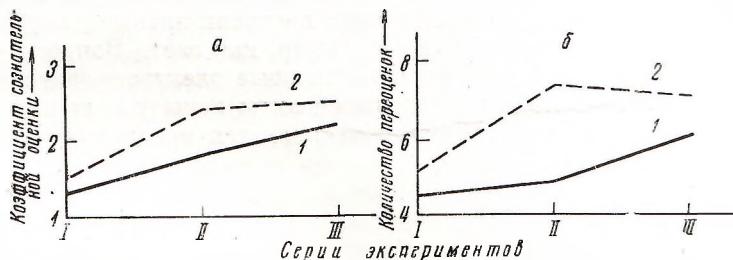


Рис. 3. Динамика сознательной оценки межстимульного интервала в зависимости от серии экспериментов. а — коэффициент сознательной оценки, б — количество переоценок из 10 проб. 1, 2 — 1-е, 2-е исследование

На основании этих фактов возникло предположение, что такие закономерности изменений следов возбуждений в электрофизиологическом выражении обусловлены процессами перехода информации из кратковременного хранения в долговременное. При этом предполагалось, что долговременное хранение информации осуществляется на морфо-биохимическом уровне, вследствие чего исчезают или ослабевают э.э.г. — э.к.г. реакции и к.г.р. (1, 3, 4, 6).

Из литературных данных также известно, что на переход информации с кратковременного уровня хранения на долговременный в период бодрствования могут влиять посторонние интерферирующие агенты, затрудняющие процесс консолидации следа раздражения (9, 13, 14). Сон же, характеризующийся пониженным притоком информации в мозг, может в значительной степени устранять эти внешние влияния. Поэтому не исключена возможность, что не только фактор времени сам по себе, но и сон, как своеобразное состояние организма, совместно будут способствовать более быстрой консолидации следовых процессов, запечатленных в памяти во время бодрствования, по сравнению с консолидацией аналогичных следов возбуждений у исследуемых, лишаемых сна днем или ночью. Вполне ве-

роятно, что в тесной связи с этими двумя факторами мы и наблюдали наибольшее уменьшение количества следовых реакций, отражающих закрепление информации в долговременной памяти.

Таким образом, на основании результатов собственных экспериментов мы можем сказать, что угашение следа возбуждения, связываемое нами с упрочнением и хранением воспринятых впечатлений в долговременной памяти, происходит при активном участии центральных тормозных механизмов. Участие тормозных процессов обусловливает, по-видимому, и то, что у испытуемых под влиянием сна увеличивается количество переоценок длительности межстимульного интервала и соответственно с этим возрастает коэффициент сознательной оценки этого же интервала. Необходимо также отметить, что формирование и репродукция следов возбуждений, выражаемых в электрографических реакциях, у взрослых испытуемых, так же как и у детей, осуществлялись главным образом неосознанно, на уровне первой сигнальной системы (2, 5). Однако и данным исследованием было обнаружено, что характер неосознанного проявления следовых реакций оказывал существенное влияние на осознанную оценку величины межстимульного интервала. Выражалось это в том, что при повторном воспроизведении испытуемыми длительности межстимульного интервала после сна, когда следовые эффекты исчезали до минимума, зарегистрирована наибольшая переоценка истинного времени, равного 15 сек., т. е. в этой серии опытов отмечалось явно выраженное запаздывание произвольных реакций исследуемых.

В заключение следует отметить, что описанные закономерности изменений электрографических следовых процессов и основанных на них сознательных действий испытуемого под влиянием сна характерны только для тех случаев, когда в мозг поступают первосигнальные раздражения от индифферентных агентов, таких, например, как свет. Вопрос о том, как будут изменяться под влиянием сна следовые электрографические реакции (э.э.г., к.г.р., э.к.г.) и произвольные акты испытуемых при восприятии ими второсигнальной информации, является предметом наших дальнейших экспериментов.

Институт биологической физики
Академии наук СССР
Пущино-на-Оке

Поступило
26 XII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Г. Воронин, Журн. высш. нерв. деятельности, № 4, 669 (1972). ² Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов, там же, № 5, 899 (1970). ³ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов, ДАН, т. 201, № 2, 503 (1971). ⁴ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов и др., ДАН, т. 201, № 1, 253 (1971). ⁵ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов, И. С. Сериков, ДАН, т. 195, № 5, 1237 (1970). ⁶ Л. Г. Воронин, В. Ф. Коновалов, И. С. Сериков, ДАН, т. 195, № 6, 1468 (1970). ⁷ Л. П. Латаш, Сборн. I Респ. и летняя школа по нейробионике, 1971, стр. 52. ⁸ Г. А. Манов, Сборн. Механизмы сна, 1971, стр. 87. ⁹ S. H. Barondes, H. D. Cohen, Science, v. 160, № 3827, 556 (1968). ¹⁰ J. A. C. Empson, P. R. F. Clarke, Nature, v. 227, № 5255, 287 (1970). ¹¹ R. Ekstrand Bruce, J. Sullivan Michael et al., J. Exp. Psychol., v. 88, № 1, 142 (1971). ¹² R. Goodenough Donald, Sapan Jerry et al., Psychophysiol., v. 8, № 6, 749 (1971). ¹³ J. L. McGaugh, Science, v. 153, № 3742, 1351 (1966). ¹⁴ A. M. Schneider, W. Sherman, Science, v. 159, № 3811, 219 (1968). ¹⁵ Arthur Shapiro, Exp. Neurol., № 4, 56 (1967). ¹⁶ M. Vojtechovsky, V. Safrafova et al., Activ. Nerv. Super., v. 13, № 2, 143 (1971).