

01
27274
ИИТ

На правах рукописи

МАНОВ Григорий Аркадьевич

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЦЕССОВ СНА И ПАМЯТИ

№ 03.00.13 — Физиология человека и животных

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Лаборатории проблем управления функциями в организме человека и животных им. Н. И. Гращенкова АН СССР (и. о. директора — профессор Г. Н. Кассиль).

Научный руководитель — доктор медицинских наук Л. П. Латаш.

Официальные оппоненты:

Профессор доктор медицинских наук П. В. Симонов.

Кандидат медицинских наук И. В. Орлов.

Ведущее предприятие — Институт неврологии АМН СССР.

Автореферат разослан « . . . » 1973 г.

Защита диссертации состоится « . . . » 1973 г.

в . . . часов на заседании Ученого Совета I ММИ им. И. М. Сеченова (Москва, Б. Пироговская ул., д. 2/6).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.



869944

В последние годы значительно возрос интерес физиологов, психологов и исследователей, работающих в смежных областях, к проблеме сна, сновидений и их возможной биологической роли. Это связано, в значительной степени, с выявлением целого ряда новых фактов, благодаря чему были существенно дополнены и, в какой-то мере, изменены существовавшие ранее представления. Было показано, что в течение ночного сна у человека примерно каждые 90 минут наблюдаются периоды, во время которых электроэнцефалограмма (ЭЭГ) напоминает таковую при активном бодрствовании, на электроокулограмме (ЭОГ) регистрируются быстрые движения глаз (БДГ), а тонус некоторых групп мышц почти полностью исчезает. При естественном или искусственном пробуждении во время этих периодов гораздо чаще, чем в другие моменты сна, можно получить отчеты о сновидениях (Aserinski a. Kleitman, 1953; Dement a. Kleitman, 1957). Было обнаружено, что аналогичные периоды, во время которых регистрируются быстрые движения глаз, активация ЭЭГ, падение мышечного тонуса, наблюдаются во время сна у всех исследованных видов млекопитающих, начиная с сумчатых. Были выяснены определенные филогенетические закономерности структуры сна (ср. обзоры Шеповальников, 1971; Вейн с соавт., 1971). Для обозначения разных компонентов этой структуры предложено много названий. В дальнейшем изложении будет использован для описанных выше периодов сна с БДГ наиболее распространенный термин «быстрый» сон (БС), в противоположность «медленному» сну (МС), который, в свою очередь, подразделяется на 4 стадии. Было показано, что избирательное лишение человека или животного фазы БС или МС (в результате искусственных пробуждений или после введения ряда фармакологических средств) влечет за собой увеличение доли этой фазы от всего времени сна в восстановительный период после окончания депривации (Dement et al., 1960; Jouvet et al., 1964; Kales et al., 1964; Agnew et al., 1967; Oswald, 1969). В связи с этим возник вопрос о функциональном значении столь сложной организации сна. Предлагался целый ряд гипотез, согласно которым в течение фазы быстрого сна происходит дезинтоксикация продуктов метаболизма (Dement, 1965), восстановление гомеостаза в нейронной системе Ephron a. Carrington, 1966), тренировка нейронных систем мозга в условиях относительной деафферентации, особенно в раннем постнатальном онтогенезе (Roffwarg et al., 1966), совершенствование управления движениями глаз (Berger, 1969) и т. д. В последнее время значительное распространение получили гипотезы, свя-

зывают наличие специфической психической деятельности во сне с переработкой информации, полученной организмом ранее, в состоянии бодрствования (Moguzzi, 1966; Gaarder, 1966; Shapiro, 1967), в частности, с отбором и фиксацией нужной информации (Bregger, 1967) и устранением ненужной (Evans a. Newnan, 1964), с совершенствованием мозговых программ в свете нового опыта (Dewan, 1969).

С другой стороны, нейро- и психофизиологическое изучение процессов памяти дает основания полагать достаточно протяженную во времени деятельность мозга по организации и упрочению следов (ср. обзор McGaugh, 1972). В этом плане несомненный интерес представляет исследование взаимодействия мозговых процессов сна и памяти. В качестве одного из начальных этапов такого исследования представлялось целесообразным изучить влияние сна, особенно разных его фаз, на процессы памяти. Хотя сравнительно давно известно благоприятное влияние сна на сохранение заученного ранее материала (Jenkins a. Dallenbach, 1924; van Ogter, 1932), остается неясной роль в этом феномене разных видов сна, не говоря о целом ряде более частных вопросов. Выявление дифференцированного участия разных фаз сна в осуществлении указанного влияния не только способствовало бы дальнейшему пониманию функционального назначения сна, но, со своей стороны, могло бы в определенной степени прояснить некоторые проблемы психофизиологии памяти, в частности, связанные с процессами организации следов памяти в мозгу.

Было проведено три серии экспериментов, причем каждая последующая имела целью дальнейшее уточнение и детализацию полученных в предыдущей серии результатов. В первой серии сравнивалось влияние на память восьмичасового интервала между заучиванием и проверкой, заполненного соответственно ночным естественным сном или дневным бодрствованием. Во второй серии сравнивалось влияние на память интервала (в среднем приблизительно трехчасового) между заучиванием и проверкой, заполненного соответственно первыми двумя или последующими двумя циклами естественного ночного сна. Выше указывалось, что у человека в течение всего ночного сна с периодичностью приблизительно 90 мин. наблюдаются так называемые циклы сна, внутри которых происходит закономерное чередование последовательных стадий МС, завершающееся наступлением фазы БС. При этом соотношение разных стадий и фаз сна внутри цикла изменяется таким образом, что длительность наиболее глубоких по порогам пробуждения стадий медленного сна, при которых на ЭЭГ в значительном числе представлены (стадия III) или преобладают (стадия IV) высокоамплитудные волны дельта-диапазона, уменьшается с каждым последующим циклом, а длительность фазы БС — увеличивается. В связи с этим в первых циклах сна длительность «дельта-сна»

(стадий III и IV МС) обычно значительно превышает длительность БС, а в последних циклах — соотношения обратные. Благодаря этому можно было попытаться выявить различное влияние на память этих двух видов сна (дельта-сна и БС), чаще всего прогнупоставляемых по целому ряду параметров, в их естественной взаимосвязи. В третьей серии с этой же целью производилось сравнение влияния на память последовательно увеличивающихся интервалов между заучиванием и проверкой, заполненных естественным ночным сном от момента засыпания до конца дельта-сна первого цикла, от засыпания до конца всего первого цикла, т. е. включая и фазу БС, от засыпания до конца дельта-сна второго цикла, от засыпания до конца всего второго цикла. Это предоставляло дополнительные возможности анализа участия каждого из разных видов сна в отдельности, а также последствий прерывания нормального чередования обеих фаз сна.

Всего в трех сериях участвовало 44 испытуемых — молодых здоровых мужчин (156 ночей, включая адаптационные). Каждый испытуемый участвовал во всех экспериментальных ситуациях своей серии, являясь, таким образом, собственным контролем. Естественно, порядок проведения экспериментов был сбалансирован, так что в каждой серии одинаковое число раз различные экспериментальные ситуации предшествовали друг другу или следовали одна за другой.

Во всех трех экспериментальных сериях в течение всего интервала между обучением и проверкой, заполненного сном, производилась непрерывная полиграфическая регистрация (по единой методике): ЭЭГ, ЭОГ, субментальная электромиограмма (ЭМГ), электрокардиограмма, кожно-гальванический рефлекс. Фазы и стадии сна выделялись по общепринятым критериям (Dement a. Kleitman, 1957; ср. "Manual of standardized terminology...", Rechtschaffen a. Kales, eds., 1968) за одним исключением: к стадии III относились 40-секундные фрагменты записи даже при наличии лишь однократной вспышки высокоамплитудных дельта-волн. При дальнейшем анализе стадии III и IV учитывались вместе — дельта-сон.

При составлении списков предварительно были отобраны неосмысленные триграммы (далее условно именуемые — «слоги»), удовлетворявшие ряду требований. Из всех возможных русских триграмм с частотой встречаемости в печатных текстах менее $0,05 \times 10^{-5}$ были исключены все словоформы и «непроизносимые» триграммы (буквы «э» и «ё» не использовались). Затем были отобраны триграммы, которые при оценке достаточно большой группой испытуемых менее чем в трети случаев расценивались как являющиеся частью слова или вызывающие ассоциацию с каким-либо словом. Из них для первой серии экспериментов были отобра-

ны два комплекта по 72 триграммы, близкие в целом по фонетическому составу двум комплектам по 72 трехбуквенных (согласный-гласный-согласный) имен существительных в именительном падеже высокой частоты встречаемости из частотного словаря русского языка. Из этих 4 комплектов были составлены 12 списков (по 6 слов и 6 слогов в каждом). Для второй серии использовались 4, для третьей серии — 6 списков по 10 неосмысленных триграмм С Г С, в которых согласные в одном и том же списке не повторялись, а гласные повторялись лишь два раза. При подсчете результатов в первой серии учитывалось количество правильно воспроизведенных триграмм (слов и слогов отдельно). Во второй и третьей серии учитывалось количество правильно воспроизведенных букв. При этом, в первом приближении, потеря одной согласной буквы оценивалась в 4,5 условных ед., гласной — 3 ед., перестановка двух букв — 2,5 ед. Максимально возможная потеря для списка из 10 триграмм была, следовательно, 120 ед. Такой подсчет давал возможность не столько измерить истинную величину потери при воспроизведении, сколько сравнить эту величину в разных опытах.

2

В первой экспериментальной серии 14 испытуемых, возраст которых равнялся $28,6 \pm 2,4$ года, заучивали в состоянии бодрствования один из 12 списков, состоящих из 6 пар число-слово и 6 пар число-слог. Числа выбирались случайно, без повторений для одного и того же испытуемого, из набора от 21 до 99. Слова и слоги были отобраны описанным выше способом. Список предъявлялся визуально, каждая пара отдельно, с экспозицией 3 сек и прочтыванием испытуемым вслух. Порядок предъявления пар определялся по таблице случайных перестановок. После предъявления всего списка проводилась проверка, и так до первого правильного воспроизведения всего списка. При проверке через восьмичасовой интервал, заполненный в одном опыте естественным ночным сном, а в другом — дневным бодрствованием, испытуемым предлагалось: 1) написать все пары, или элементы пар, которые они помнят, в любом порядке; 2) в списке из 24 чисел подчеркнуть те (12), которые заучивались, и написать рядом соответствующее слово или слог; 3) в списке из 24 слов и слогов (12 и 12) подчеркнуть те (6 и 6), которые заучивались, и написать рядом соответствующее число; 4) снова написать все пары или элементы пар. У одной половины испытуемых изучение влияния 8-часового периода бодрствования предшествовало изучению влияния 8-часового периода сна, у другой порядок был обратным. Два опыта разделялись недельным промежутком. Экспериментальной ночи предшествовала одна адаптационная.

Выяснилось, что после 8 часов ночного сна свободное воспроизведение статистически достоверно выше, чем после аналогичного периода дневного бодрствования (11,80 и 8,99; $p < 0,01$ по критерию Стьюдента (Ст.)). При этом наиболее резко отличалось воспроизведение после ночного и дневного интервала неосмысленных слогов (5,36 и 3,85; $p < 0,01$ (Ст.); различия в воспроизведении слов были гораздо менее выражены (5,72 и 5,14; $p < 0,05$ (Ст.); $T=7$; $p < 0,01$ по парному критерию Вилкоксона (В)). Значительная потеря при воспроизведении после интервала бодрствования происходила в основном за счет забывания именно неосмысленных слогов: после 8 часов бодрствования выявилось четкое различие между воспроизведением осмысленного и неосмысленного материала (5,14 и 3,85; $p < 0,01$ (Ст.)). После ночного же сна это различие в значительной степени нивелировалось: неосмысленный материал воспроизводился почти так же хорошо, как осмысленный (5,36 и 5,72; $p > 0,1$). Эти результаты хорошо согласуются с данными Newmap (1939), показавшего, что после ночного сна воспроизведение несущественных для развития фабулы фрагментов рассказа улучшается в большей степени, чем воспроизведение существенных фрагментов.

Тест на узнавание как чисел, так и слогов (слов) не выявил существенных различий между результатами после интервалов, заполненных соответственно сном или бодрствованием. Количество правильно указанных слогов (или слов) было существенно выше при узнавании, чем при свободном воспроизведении, и после ночного, и, особенно, после дневного интервала (соответственно для слогов после сна — 5,89 и 5,36; $p < 0,05$, (В); после бодрствования — 5,69 и 3,85; $p < 0,01$ (В), для слов после сна — 6,0 и 5,72; $p < 0,05$ (Ст.); после бодрствования — 5,84 и 5,14; $p \approx 0,02$ (Ст.)). Таким образом, в обоих случаях в памяти имелся след, но после сна его извлечение было более полным.

После того, как испытуемые проделали тест на узнавание, их снова просили воспроизвести все, что они помнят. При этом для слов сохранялось различие между воспроизведением после дневных и ночных интервалов (5,67 и 6,0; $p < 0,05$ (Ст.)), и воспроизведение слов существенно улучшалось по сравнению с первоначальным свободным воспроизведением как в «ночных», так и в «дневных» экспериментах ($p < 0,05$). В то же время «слоги» воспроизводились лучше после узнавания только в «дневных» экспериментах (3,85 и 4,92; $p < 0,01$). Различие в ночных экспериментах было недостоверным. Создается, таким образом, впечатление, что ночной сон способствует оптимальному проявлению тех процессов и механизмов, которые обеспечивают наиболее полное извлечение следа. При этом «напоминание» в процессе узнавания уже почти ничего не

может добавить, особенно в случае менее осмысленного материала, к результатам воспроизведения.

Наблюдавшееся в первой экспериментальной серии лучшее воспроизведение после интервала, заполненного ночным сном, не может быть объяснено различиями в числе повторений при заучивании ($12,3 \pm 1,2$ перед ночным интервалом, $9,5 \pm 0,5$ перед дневным интервалом; $p < 0,05$ (Ст.)). По условиям эксперимента было невозможно уравнивать число повторений в обеих ситуациях, так как в этом случае проверялось бы спустя 8 часов воспроизведение материала, находящегося в момент прекращения обучения на существенно различных уровнях внутренней организации. Но если оценивать не средние данные по утреннему и вечернему заучиванию, а сопоставлять воспроизведение у испытуемых, у которых обучение до первого полного правильного воспроизведения списка характеризовалось большим числом повторений либо утром, либо вечером, то оказывается, что улучшение воспроизведения у более длительного обучавшихся вечером имело место в 100% наблюдений, а у более длительно обучавшихся утром — только в 33% наблюдений (различие достоверно, $p < 0,02$). Иными словами, различное воспроизведение после 8 часов сна и, соответственно, бодрствования обусловлено не столько разницей в числе повторений списка при обучении, сколько другими факторами.

Предположение, что различия в воспроизведении связаны с различным состоянием бодрствования при обучении и воспроизведении, оказывается также неадекватным. При обучении такие различия в значительной степени должны были компенсироваться тем, что заучивание всегда велось до одного и того же критерия — первого полного правильного воспроизведения списка. Если число повторений при заучивании отражает уровень бодрствования, то оказываемый последним эффект должен быть обратным тому, что в действительности наблюдалось. Кроме того, в ряде исследований было показано, что состояние бодрствования после утреннего пробуждения по некоторым показателям не может быть расценено как более активное, по сравнению с состоянием вечером перед сном (ср. Kleitman, 1963; Baekeland a. Hoy, 1970). Известно также, что благоприятное влияние на память оказывает сон, непосредственно следующий за обучением, но не предшествующий ему и не следующий за ним с большим интервалом (Worchel and Marks, 1951; McGaugh a. Hostetter; цит. по Hilgard, 1967). Таким образом, наблюдавшийся феномен лучшего воспроизведения заученного ранее вербального материала после 8 часов ночного сна, по сравнению с воспроизведением после 8 часов дневного бодрствования, является отражением благоприятного влияния на сохранение и извлечение следа процессов, протекающих в мозге во время сна. Судя по полученным в этой экспериментальной серии результатам, при этом обеспечивается последующее максимально полное извлечение сле-

да, в том числе и тех его элементов, значимость которых была не столь очевидна.

3

Во второй экспериментальной серии 19 испытуемых в возрасте $26,0 \pm 0,9$ года заучивали, после искусственного пробуждения из стадии II МС (через 200 сек после появления первого «сонного веретена»), один из четырех списков, состоящих из 10 неосмысленных триграмм типа СГС. Заучивание проводилось методом антиципации до критерия первого правильного воспроизведения всего списка. Списки предъявлялись визуально, каждая триграмма отдельно, с экспозицией 2 сек. Затем испытуемые спали до следующего искусственного пробуждения, также из стадии II МС и также спустя 200 сек после появления первого «сонного веретена», когда испытуемого просили написать все, что он помнит. В одну из экспериментальных ночей испытуемого будили для обучения в начале первого цикла, а для проверки воспроизведения — в начале третьего цикла. В другую ночь его будили для обучения в начале третьего цикла, а для проверки — в начале пятого цикла. Таким образом старались добиться наибольшего выравнивания состояния испытуемого при обучении и тестировании (всегда из нисходящей стадии II спустя 200 сек после ее начала). Обе экспериментальные ночи (и одна адаптационная) разделялись недельными интервалами. Порядок проведения экспериментов был сбалансирован.

При сравнении воспроизведения заученного материала каждым испытуемым после первых двух и следующих двух циклов сна статистически достоверные различия не были выявлены, хотя можно отметить некоторую тенденцию к более значительному забыванию после вторых двух циклов (у 11 из 18 испытуемых). В недавно опубликованной работе (Yarush et al., 1971), где сравнивалось воспроизведение после первых четырех и следующих четырех часов ночного сна материала, заученного до критерия 10 из 15 правильных ответов, сообщалось о большем забывании после второй половины ночи, сравнимом с забыванием после четырех часов дневного бодрствования. Однако указанное расхождение между данными этих авторов и полученными нами может быть легко объяснено, если принять во внимание характер зависимости между результатами воспроизведения и представленностью различных фаз сна, о чем будет идти речь ниже. По-видимому, первый период длительностью в 4 часа часто включал и дельта-сон третьего цикла, т. е. практически почти весь дельта-сон в течение ночи, а следующие 4 часа ночи могли включать фазу БС трех последних циклов. Выявленная (см. ниже) зависимость между результатами воспроизведения и представленностью разных стадий и фаз сна могла более резко сказываться на материале, заученном лишь до

критерия 10 из 15 правильных ответов (а не полного правильного воспроизведения, как в наших экспериментах). Вообще, методический подход, использованный авторами, страдает существенными недостатками. Ориентация на случайный по отношению к внутрисонной ритмике момент (4 часа) должна была вести к тому, что сравнивалось воспроизведение после периодов сна, не обязательно включающих законченные циклы. Выбор критерия 10 из 15 правильных ответов не учитывал того факта, что при обучении происходит определенная активная организация материала, состоящая из ряда последовательных этапов, и прерывание ее на произвольной стадии могло оказать значительное влияние на последующее сохранение и воспроизведение.

Обнаруженная в наших опытах положительная корреляция между потерями одного и того же испытуемого в каждой из двух экспериментальных ситуаций, т. е. после первых двух или следующих двух циклов сна (коэффициент ранговой корреляции по Спирмену $r = +0,51$, $p < 0,05$), дает основание полагать, что выявившиеся значительные межиндивидуальные различия величины потерь не могут быть объяснены лишь некоторыми случайными неучитываемыми факторами (например, влиянием событий в течение дня, предшествовавшего исследованию, колебаниями состояния бодрствования и т. п.). По-видимому, уровень потерь зависел прежде всего от некоторых свойств памяти испытуемых.

Сопоставление воспроизведения каждым испытуемым заученного материала с представленностью у него в соответствующих двух циклах сна разных стадий и фаз последнего выявило ряд закономерностей.

Для первых двух циклов сна существует отрицательная корреляция между величиной потери при воспроизведении и представленностью стадий дельта-сна (коэффициент корреляции по Спирмену $r = -0,64$; $p < 0,01$). Для вторых двух циклов такая зависимость не выявляется.

Отношение величины сохранения материала в памяти (его воспроизведения) к длительности «дельта-сна», подсчитанное по

формуле $\frac{120-Y}{\Delta}$, где 120 — максимально возможная величина

потери (в условных единицах), Y — реальная величина потери для конкретного испытуемого в данном эксперименте (в тех же единицах), а Δ — длительность его «дельта-сна» (в секундах), характеризовалось для первых двух циклов сна изменениями от испытуемого к испытуемому в очень узких пределах и составляло в среднем $2,5 \pm 0,1 \cdot 10^{-2}$ ед/сек. Для вторых двух циклов эта величина оказалась весьма различной для разных испытуемых ($17,8 \pm 4,7 \cdot 10^{-2}$ ед/сек), будучи существенно выше, чем для первых двух циклов ($p < 0,01$ (Ст.); 18 из 19 испытуемых, $p < 0,01$ по

критерию знаков). Таким образом, во вторых циклах сна присоединяется действие какого-то дополнительного фактора, в результате чего положительное влияние дельта-сна на память оказывается не единственным определяющим последующее воспроизведение моментом. Ввиду того, что во вторых двух циклах сна выраженность фазы БС значительно больше, чем в первых двух циклах, представилось целесообразным проанализировать роль БС (как фазических, так и тонических его компонентов) в положительном влиянии сна на память не только изолировано, но и в связи с индивидуальной длительностью дельта-сна.

Сопоставление потерь при воспроизведении с такими характеристиками БС, как его длительность и количество быстрых движений глаз (БДГ), не выявило корреляции ни для первых двух, ни для вторых двух циклов сна. Не выявилось также зависимости между величиной сохранения при воспроизведении, отнесенной к времени дельта-сна, и длительностью БС для обеих пар циклов (для второй пары $r = +0,43$; $p > 0,05$). Однако была обнаружена для второй пары циклов высокая положительная ранговая корреляция при сопоставлении величины сохранения на единицу времени дельта-сна и фазических проявлений БС (по сумме третьего и четвертого цикла у каждого испытуемого): общего количества БДГ ($r = +0,63$; $p < 0,01$); количества БДГ (K), идущих с интервалами между отдельными БДГ до 3 секунд ($r = +0,62$; $p < 0,01$); времени БС (Φ), занятого такими частыми БДГ ($\Phi = 0,5 \cdot K_1 + 1,5 \cdot K_2 + 2,5 \cdot K_3$, где K_1, K_2, K_3 — количество БДГ, разделенных интервалами в диапазонах 0—0,9; 1,0—1,9; 2,0—2,9 сек; $r = +0,61$; $p < 0,01$). Можно в связи с этим полагать, что именно фазический компонент БС является отражением тех мозговых процессов, которые оказывают положительное влияние на сохранение материала, обеспечивая большую эффективность дельта-сна во второй паре циклов. Учитывая наличие высокой ранговой корреляции между длительностью фазы быстрого сна и общим количеством БДГ ($r = +0,69$; $p < 0,01$ для первой пары циклов и $r = +0,59$; $p < 0,02$ для второй пары), можно высказать предположение, что отсутствие корреляции с сохранением на единицу времени дельта-сна, наблюдающееся при переходе от количества БДГ к общей длительности БС, связано с отрицательным влиянием на сохранение следов мозговых процессов, обуславливающих тонические проявления этой фазы сна. Это предположение становится еще более вероятным, если учесть обнаруженный факт увеличения представленности фазического компонента быстрого сна на протяжении ночи. Отношение количества БДГ к длительности фазы БС в последовательных циклах изменяется следующим образом: $0,28 \pm 0,06$ в первом цикле; $0,47 \pm 0,07$ во втором; $0,83 \pm 0,09$ в третьем; $0,97 \pm 0,14$ в четвертом; $0,40 \pm 0,05$ для первой пары циклов; $0,88 \pm 0,07$ для второй пары (возрастание при переходе от первого цикла ко второму достоверно $p = 0,05$

(Ст.); у 14 испытуемых из 18, $p = 0,01$ по критерию знаков; при переходе от второго цикла к третьему $p = 0,01$ (Ст.). у 15 испытуемых из 18, $p < 0,01$ по критерию знаков; различия между первой и второй парами циклов высоко достоверны, $p < 0,00001$). По-видимому, лишь во второй паре циклов представленность фазического компонента БС оказывается достаточно высокой, чтобы проявилась указанная выше зависимость.

Дополнительным аргументом в пользу указанного выше предположения о положительном влиянии на сохранение мозговых процессов, проявлением которых являются фазические компоненты БС, может служить сопоставление величины потерь при воспроизведении и такого показателя представленности БДГ, идущих с короткими интервалами, как отношение последних к общему количеству БДГ. При этом оказывается (для второй пары циклов сна, для первой пары такой анализ затруднен из-за низкой, обычно, представленности БДГ во время БС), что все испытуемые могут быть разделены на две группы, внутри каждой из которых потери тем ниже, чем большую часть общего количества БДГ составляют возникающие с наиболее короткими интервалами. Одну из этих групп составляют испытуемые с низкими величинами потерь (коэффициент ранговой корреляции по Спирмену $r = -0,66$, $p \approx 0,05$), а другую — с высокими ($r = -0,82$, $p < 0,03$). По-видимому, это деление на две группы отражает некоторые свойства памяти испытуемых, не находящиеся в связи с какими-либо из изучавшихся характеристик ночного сна.

Таким образом, результаты второй экспериментальной серии свидетельствуют о несомненном положительном влиянии на сохранение мозговых процессов, протекающих в течение стадий дельта-сна, а также дают все основания полагать, что выраженность фазического компонента БС является фактором, обуславливающим более полное воспроизведение заученного материала. Однако как в первых двух циклах сна, так и во вторых двух циклах и фаза БС, и стадия дельта-сна выражены обычно достаточно хорошо. Ввиду того, что во второй серии опытов оба эти вида сна проявили себя, в отношении влияния на память, взаимосвязанными и как бы дополняющими друг друга в функциональном отношении, представлялось целесообразным изучить их влияние на память изолированно, путем последовательного присоединения интервалов сна, включающих разные его виды.

4

В третьей экспериментальной серии 11 испытуемых в возрасте $22 \pm 0,4$ года непосредственно перед сном, находясь с наложенными электродами в экспериментальной камере в постели, заучивали по одному списку из шести, аналогичных использованным во вто-

рой серии, в течение четырех экспериментальных ночей (после одной адаптационной), разделенных недельными промежутками. Процедура обучения и воспроизведения была тождественна использованной во второй серии. Испытуемого будили, один раз в течение каждой экспериментальной ночи, после окончания периода дельта-сна в первом или, соответственно, втором, цикле (ориентируясь на генерализованный мышечный артефакт на полиграмме, соответствующий началу переходной стадии II, а также учитывая длительность предшествовавшего периода сна), или после окончания периода БС в первом или, соответственно, втором цикле (спустя 200 сек после наступления переходной стадии II). После искусственного пробуждения (подачей тона и включением света в камере), соответствующего туалета, в соседней комнате проводилась проверка воспроизведения. Как и в предыдущих сериях, сопоставлялись результаты воспроизведения заученного материала одним и тем же испытуемым в четырех экспериментальных ситуациях с данными полиграфической регистрации его сна, а также анализировались взаимоотношения обеих этих групп показателей у разных испытуемых.

Как и прежде, выявилась определенная корреляция между показателями воспроизведения одного и того же испытуемого в разных экспериментальных ситуациях (коэффициенты ранговой корреляции по Спирмену между усредненной по всем четырем опытам величиной потерь и величинами потерь после пробуждения по окончании первого и второго периодов БС и второго периода дельта-сна равны, соответственно: $r = +0,89$, $p < 0,01$; $r = +0,77$, $p < 0,05$; $r = +0,70$, $p < 0,05$). Таким образом, полученные результаты в известной мере адекватно отражали индивидуальные особенности памяти испытуемого.

Как указывалось выше, момент пробуждения определялся каждый раз по показателям полиграммы. Однако закономерный временной характер динамики смены стадий и фаз сна, особенно вблизи границ циклов, обусловил незначительные отклонения длительности сна разных испытуемых в каждой из четырех экспериментальных ситуаций от средних значений, которые составляли, соответственно, $66,7 \pm 3,8$ мин; $102,1 \pm 5,3$ мин; $152,4 \pm 4,7$ мин; $200,2 \pm 8,5$ мин. В связи с тем, что время от окончания обучения до воспроизведения в каждом опыте было существенно различным (в «первой» ситуации в три раза меньше, чем в «четвертой»), всегда учитывалось наличие этого существенного фактора.

Сопоставление результатов воспроизведения каждого испытуемого при увеличении интервала между обучением и воспроизведением обнаружило, что во сне забывание не является монотонной функцией времени, с постепенным замедлением (уменьшением скорости) забывания, как можно было бы ожидать в соответствии с характером так называемой «кривой забывания» Эббингауза.

За самый короткий интервал времени между окончанием обучения и воспроизведением, равный в среднем 66 мин, у всех испытуемых происходит забывание значительной части заученного материала. Последующее увеличение интервала в среднем на 35 мин, а затем еще на 50 мин не влечет за собой никакого увеличения величины потери. Однако предположение, что величина потери приблизилась к асимптоте, не представляется возможным, ибо дальнейшее увеличение интервала (еще приблизительно на 48 мин) снова влечет существенное увеличение потерь (9 из 10 испытуемых, $p < 0,01$ (В)). Некоторое расхождение полученных результатов с данными Jenkins a. Dallenbach (1924), у которых воспроизведение после двухчасового интервала было хуже, чем после одночасового, и таким же, как после четырех и восьми часов сна, может быть объяснено рядом причин. Так, возможно, что почти ежедневное заучивание 61 списка одним испытуемым и 62 списков вторым обусловило проактивную интерференцию (Underwood, 1957), что вызвало более значительную величину потери, чем в наших опытах, и, возможно, более ранний и крутой спад «кривой забывания».

Целям максимального уравнивания состояния бодрствования в наших экспериментах служил выбор момента пробуждения (из стадии II), а также стандартная процедура подготовки к обучению и воспроизведению. Возможность объяснения полученных нами результатов различиями в состоянии бодрствования всегда учитывалась при анализе полученных данных. Однако, ввиду того, что этот фактор должен был бы вести к различиям, противоположным тем, которые были получены (см. ниже), он, по крайней мере, не являлся определяющим.

Существенное преобладание количества испытуемых, у которых потери после пробуждения по окончании второго периода БС были выше, чем после пробуждения перед вторым периодом быстрого сна (9 из 10 испытуемых, $p < 0,01$ (В)), вряд ли может быть объяснено просто увеличением временной отдаленности от момента заучивания еще примерно на 50 мин. Во-первых, за предшествующие интервалы сна длительностью 50 мин. (и даже 85 мин.) такого увеличения потерь не наблюдалось, хотя ввиду большей близости к моменту окончания обучения забывание в это время должно было бы идти быстрее. Во-вторых, сопоставление величины потерь у каждого испытуемого после второго периода БС с индивидуальной длительностью времени от окончания обучения до воспроизведения не выявило какой-либо корреляции (коэффициент ранговой корреляции $r = -0,14$; $p > 0,1$). Не было выявлено также корреляции разности величин потерь при тестировании после и до второго периода БС с разностью времени от окончания обучения до пробуждения соответственно после и до второго периода БС ($r = -0,04$). Наконец, сопоставление указанной разности потерь, соотношенной с их суммой (относительная разность потерь), и аналогично рас-

считанной относительной разности длительностей тестированных периодов сна (т. е. сопоставление доли потерь, приходившихся на второй период БС, с долей времени, им занятым) также не выявило корреляции между ними ($r = 0,01$).

Полученный результат не может также объясняться различиями в состоянии бодрствования, т. к. при пробуждении после окончания второго периода БС должна была бы, согласно мнению большинства исследователей, отмечаться более высокая активность, чем при пробуждении из дельта-сна (по показателям нормализации вызванных потенциалов — Broughton, 1968, поведенческим критериям и психическим феноменам — Kales et al., 1970). В свете этого следовало бы ожидать лучшего воспроизведения при пробуждениях по окончании БС. И если отсутствие прироста потерь при тестировании после первого периода БС (по сравнению с потерями при воспроизведении до него) могло бы быть поставлено в связь с более активным бодрствованием, то существенное увеличение количества испытуемых с возрастанием потерь при пробуждении после второго периода БС (по сравнению с потерями при пробуждении до него) явно не позволяет связать его с этим обстоятельством. Таким образом, присоединение второго периода БС ухудшает последующее воспроизведение. Однако, влияние БС на память оказывается гораздо более сложным, если анализ такого влияния проводить в связи с действием на память дельта-сна.

В третьей экспериментальной серии, как и во второй, выявилась бесспорная положительная корреляция между воспроизведением и представленностью стадии дельта-сна, по крайней мере, при условии, что хотя бы минимально был представлен БС. Так, при сравнении результатов воспроизведения после пробуждения перед вторым периодом БС и по окончании первого периода БС оказывается, что увеличение интервала сохранения примерно на 50 мин. не влечет за собой роста потерь (у 6 человек из 10 наблюдалось уменьшение потерь). Этот 50-минутный интервал был заполнен преимущественно дельта-сном. Отмеченный феномен тем более демонстративен, что дальнейшее присоединение интервала даже несколько меньшей длительности (48 мин.), заполненного в значительной степени фазой БС, ведет к существенному увеличению потерь. При сопоставлении результатов воспроизведения (величины потерь) заученного материала каждым испытуемым с представленностью у него дельта-сна в каждой из четырех экспериментальных ситуаций были получены следующие коэффициенты ранговой корреляции по Спирмену (в порядке увеличения исследуемых интервалов): $r = +0,23$; $r = +0,13$; $r = -0,43$; $r = -0,66$. Лишь в последней ситуации отрицательная корреляция величины потерь с суммарной представленностью дельта-сна в тестируемом периоде является статистически достоверной. Иными словами, только после присоединения второго периода БС выявляется поло-

жительное влияние дельта-сна на сохранение в первых двух циклах сна, как это было установлено в серии экспериментов, описанных в предыдущей главе.

Интересной представляется однонаправленность изменений (в сторону уменьшения) коэффициентов корреляции в последовательном ряду экспериментальных ситуаций. Правда, в этом ряду лишь различие между первым и последним коэффициентом корреляции является статистически значимым, однако такое различие дает основание предположить, что последовательное включение периодов БС и МС в исследуемый интервал в пределах первых двух циклов сна обнаруживает тенденцию к постепенному выявлению положительного влияния дельта-сна на память. В этом направлении действует, по-видимому, прибавление и первого периода БС, и второго периода МС, и, наконец, второго периода БС.

5

Полученные в трех экспериментальных сериях результаты хорошо согласуются между собой, позволяя сформулировать определенную концепцию, согласно которой улучшение воспроизведения после естественного ночного сна может быть связано с координированной интегративной деятельностью мозга во время сна, по крайней мере, в течение дельта-сна и фазы БС. При этом оказывается, что хотя роль этих видов сна в процессах памяти, по-видимому, не тождественна и проявляется по-разному, в конечном счете для успешного функционирования мозга в плане сохранения и воспроизведения информации, полученной во время бодрствования, необходима достаточная представленность обоих видов сна.

Данные первой экспериментальной серии показали, что после сна улучшается (по сравнению с бодрствованием) свободное воспроизведение преимущественно тех информативных элементов, запечатлевание которых в памяти, и извлечение которых из памяти наиболее затруднено и требует, по-видимому, некоторой дополнительной работы мозга. С точки зрения биологической значимости для организма, та часть поступающей в организм информации, доработку и усвоение которой можно предположить во время сна, по-видимому, не столь важна в момент восприятия в состоянии бодрствования, и ее место и соотношение с информацией, уже хранящейся в памяти, вероятно, не столь очевидно по сравнению с сигналами, требующими в данный момент бодрствования определенного реагирования или, наоборот, заведомо несущественными для организма в свете предшествующего опыта (Bryson and Schachter, 1969). Тот факт, что после периода ночного сна менее осмысленные элементы воспроизводятся почти так же хорошо, как осмысленные, и показатели их свободного воспроизведения при-

ближаются к показателям в тесте на их узнавание, даёт основание для предположения, что во время сна эти элементы включаются в некоторую систему, благодаря чему существенно облегчается их дальнейший поиск при воспроизведении, т. е. происходит своего рода «консолидация» следа. Данные второй и третьей серии позволили, в значительной степени, выявить роль в указанном феномене двух видов сна — фазы БС и стадий III—IV МС (дельта-сон).

О несомненной положительной роли дельта-сна в процессах, способствующих лучшему извлечению в дальнейшем следа из памяти, свидетельствуют как четкая отрицательная корреляция между длительностью дельта-сна и величиной потерь при последующем воспроизведении для первых двух циклов ночного сна (по данным как второй, так и третьей серии экспериментов), так и отсутствие увеличения потерь в результате увеличения периода сохранения за счет присоединения к первому циклу сна МС второго цикла (около 1 часа времени), заполненного в значительной степени дельта-сном (по результатам третьей серии опытов).

Эти данные находятся в противоречии с утверждением ряда исследователей (Portnoff et al., 1966) об отрицательном влиянии фазы МС на сохранение заученного непосредственно перед сном материала вследствие нарушения в это время процессов консолидации следов памяти. Однако анализ условий проведения эксперимента упомянутыми исследователями (сравнение воспроизведения утром слов, предъявлявшихся во время искусственных пробуждений ночью в двух условиях: если сразу вслед за предъявлением испытуемому позволяли спать, или если он должен был выполнять в течение 5 мин. до сна определенную деятельность — во втором случае воспроизведение было лучшим) дает основание для иного объяснения полученных фактов. К необходимости объяснения, отличающегося от первоначального, приходят и сами авторы, которые в более поздней работе (Goodenough et al., 1971) делают вывод, что обнаруженный ими ранее феномен объясняется не влиянием на память последующего сна, а различным качеством бодрствования, непосредственно следующего за предъявлением стимула (при некоторых изменениях характера выполняемого задания не выявляются различия в утреннем воспроизведении после отсроченного или неотсроченного засыпания). С другой стороны, полученные одновременно с нашими данными результаты исследования Yagush et al. (1971), выявившие лучшее сохранение предварительно заученного материала в течение первых четырех часов ночи, где значительно представлен дельта-сон, чем в течение следующих четырех часов, где дельта-сон редуцирован, хорошо согласуются с выдвигаемым представлением о благоприятном влиянии на память дельта-сна.

Данные, полученные во второй и третьей экспериментальной сериях, показали, что благоприятный эффект дельта-сна на память

обусловлен, в определенной степени, наличием и представленностью фазы БС, по крайней мере некоторых компонентов последнего. Так, в третьей серии значимая отрицательная корреляция между длительностью дельта—сна и величиной потерь при воспроизведении выявилась лишь после присоединения второго периода БС. О том же свидетельствует, повидимому, отсутствие в этой серии опытов увеличения потерь после присоединения к первому периоду МС первого эпизода БС (примерно 35 мин), а затем и второго периода МС (50 мин, в значительной степени заполненных дельта—сном). Однако наиболее демонстративным показателем взаимосвязи между дельта—сном и БС в их влиянии на память явилась выявленная для вторых двух циклов сна (вторая серия опытов) положительная корреляция между величиной сохранения материала, отнесенной к длительности дельта—сна за период от обучения до воспроизведения (сохранение на единицу времени дельта—сна), и представленностью фазических компонентов БС за тот же период.

Таким, образом, в определенном смысле можно говорить о благоприятном влиянии на память процессов, протекающих в мозге в течение фазы БС и проявляющихся в фазических компонентах последнего. О том, что такое положительное воздействие на память оказывают именно процессы, проявляющиеся в фазических компонентах БС, свидетельствуют, по-видимому, следующие факты: 1) при сопоставлении величины сохранения на единицу времени дельта—сна и общей длительности фазы БС (т. е. фазических и тонических компонентов вместе) коэффициент корреляции не достигает статистически достоверной величины, т. е. тонические компоненты как бы маскируют эффективность действия фазических противоположной направленностью влияния; 2) при разделении испытуемых второй серии на две подгруппы в соответствии с уровнем потерь при воспроизведении, внутри каждой из подгрупп обнаруживается для вторых двух циклов сна значимая отрицательная корреляция величины потерь с представленностью БДГ, идущих пачками.

В свете сказанного выше о зависимости благоприятного действия сна на память от наличия фазы БС и представленности фазических его компонентов получают объяснение к настоящему времени уже довольно многочисленные сообщения о том, что избирательное лишение животных (Fishbein, 1969; Stern, 1969; Leconte a. Bloch, 1970, и др.) или человека (Empson a. Clarke, 1970) фазы БС ведет к ухудшению функции памяти, а также данные авторов, показавших увеличение представленности фазы БС после выработки условного рефлекса у животных (Lucero, 1970; Hennevin et al., 1971) и большую выраженность фазы БС при успешном речевом обучении больных афазией (Greenberg a. Dewan, 1969).

Однако, в свете полученных в настоящем исследовании результатов, следует признать, что влияние на память фазы БС в це-

лом носит гораздо более сложный характер, чем первоначально предполагалось. Об этом свидетельствуют также данные об увеличении потерь у большинства испытуемых при присоединении к интервалу сохранения второго периода БС ($p < 0,01$), хотя отмеченная выше отрицательная корреляция величины потерь с длительностью дельта—сна становилась статистически достоверной лишь после присоединения этого второго периода БС. Одним из возможных объяснений такого двойственного характера влияния на память процессов, протекающих в мозге в течение фазы БС, может, как указывалось выше, служить функциональная неоднородность этой фазы, проявляющаяся в различии нейро- и психофизиологических характеристик тонических и фазических компонентов БС. По-видимому, сложность существующих взаимоотношений этим не исчерпывается, и здесь необходим более направленный и детализированный экспериментальный анализ.

ВЫВОДЫ

1. Естественный ночной сон оказывает благоприятное влияние на сохранение в памяти материала, заученного непосредственно перед засыпанием, по сравнению с периодом дневного бодрствования той же длительности.

2. Улучшение воспроизведения происходит, в основном, за счет менее осмысленных элементов заученного материала (триграмм типа согласный-гласный-согласный), требующих, по-видимому, для их успешного усвоения и извлечения некоторой дополнительной информационной переработки по сравнению с более осмысленными элементами (словами типа согласный-гласный-согласный).

3. Значительная представленность дельта-сна (т. е. стадий III и IV MC) является фактором, связанным с лучшим сохранением информации в течение двух первых циклов ночного сна. Эта зависимость проявляется в наличии отрицательной корреляции между величиной забывания при воспроизведении и суммарной длительностью дельта-сна в этих двух циклах сна. О том же говорит и отсутствие увеличения забывания при сравнении воспроизведения после первого и перед вторым периодом БС, хотя интервал между окончанием обучения и воспроизведением увеличивается примерно на 50 мин, в значительной степени за счет дельта-сна.

4. Влияние процессов, происходящих в мозге в течение «быстрого» сна, на сохранение в памяти заученного материала сложно и неоднозначно.

а) Положительное влияние проявляется как в виде своего рода повышения эффективности дельта-сна в благоприятном действии последнего на память (положительная корреляция между величиной сохранения на единицу времени дельта-сна и представленностью быстрых движений глаз в 3 + 4 циклах сна; наличие достоверной отрицательной корреляции между величиной потерь и представленностью дельта-сна в первых двух циклах сна лишь при включении в интервал сохранения второго эпизода БС), так и в отрицательной корреляции между представленностью в 3 + 4 циклах сна быстрых движений глаз, возникающих пачками, и величиной забывания в двух подгруппах испытуемых, разделенных по различиям в уровне воспроизведения.

б) Отрицательное влияние проявляется ухудшением воспроизведения после включения в период сохранения второго эпизода БС.

Предполагается, что положительное влияние БС на память обусловлено в первую очередь мозговыми процессами, проявляющимися в его физических компонентах, тогда как отрицательное влияние связано, возможно, с тоническими явлениями в БС.

5. Полученные данные свидетельствуют в пользу предположения о том, что во время естественного ночного сна происходит некоторая переработка мозгом полученной ранее информации, способствующая лучшей организации и использованию следов памяти. Для успешного осуществления этой функции необходима взаимосвязанная и взаимно обусловленная деятельность мозга во время обеих фаз сна.

Список печатных работ по теме диссертации:

1) Влияние естественного ночного сна на результаты воспроизведения вербального материала, заученного в состоянии бодрствования. Память и следовые процессы (тезисы докладов 2-ой конференции по проблемам памяти и следовым процессам). Пущино-на-Оке, 1970, стр. 114—117.

2) Взаимоотношения ЭЭГ, вегетативных и поведенческих характеристик сна человека. XI съезд Всесоюзного физиологического общества им. И. П. Павлова. Л., «Наука», 1970, т. 2, стр. 143—144 (совместно с Райт М. Л., Латашом Л. П., Вейном А. М., Данилиным В. П., Ковальзоном В. М., Ротенбергом В. С., Сумским Л. И., Яхно Н. Н.).

3) О влиянии различных электроэнцефалографических фаз ночного сна на последующее воспроизведение заученного вербального материала. Механизмы сна (материалы симпозиума). Л., «Наука», 1971, стр. 87—88.

4) Процессы памяти и ночной сон. Материалы IV Всесоюзного съезда общества психологов (Тбилиси, 21—24 июня 1971 г.). Тбилиси, «Мецниереба», 1971, 220—221, (совм. с Данилиным В. П. и Латашом Л. П.).

5) О роли дельта-сна и быстрого сна в процессах памяти. Сон и его нарушения (тезисы докладов симпозиума). М., 1972, стр. 59—60.

6) Significance of some NREMS and REMS components of the night sleep first two cycles and the second ones for retention and retrieval of the learned trigrams. I European sleep congress (abstr.). Basel, 1972 [s. p.], (совм. с Латашом Л. П.).

7) Связь дельта-сна и фазического компонента «быстрого» сна с сохранением и воспроизведением заученного перед сном словесного материала. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова (в печати), (совм. с Латашом Л. П.).

8) Положительное влияние ночного сна на воспроизведение триграмм разной ассоциативной силы, заученных в состоянии бодрствования. Вопросы психологии (в печати), (совм. с Латашом Л. П.).

Материалы диссертации доложены:

1) Вторая конференция по проблемам памяти и следовым процессам, 1970, Пущино-на-Оке.

2) IV Всесоюзный съезд общества психологов, июнь 1971 г., Тбилиси.