

Н. П. Бехтерева

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЧЕЛОВЕКА

Н. П. БЕХТЕРЕВА

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

**Издание второе, переработанное
и дополненное**



**ЛЕНИНГРАД. «МЕДИЦИНА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ. 1974**

Бехтерева Н. П.

**Нейрофизиологические аспекты
психической деятельности
человека**

Издание второе, переработанное и дополненное, 1974.

В работе излагаются основные этапы изучения физиологии мозгового обеспечения психических процессов и современные данные о нейрофизиологических механизмах этих процессов, полученные в результате прямого изучения физиологии мозга человека.

Многолетние исследования по ходу диагностики и лечения больных методом вживления электродов с помощью комплексного метода, включающего наблюдение динамики физиологических показателей мозга при реализации психической деятельности и динамики спонтанных и вызванных психических процессов при локальных электрических воздействиях на мозг, позволили накопить большое количество новых данных о физиологических механизмах психических явлений. В результате анализа этих данных выдвинуто предположение, что мозговое обеспечение психической деятельности осуществляется корково-подкорковой структурно-функциональной системой со звеньями различной степени жесткости.

Рассматриваются основные теоретические перспективы развития проблемы и возможности расширения лечебных воздействий в психиатрической и нервной клинике на основе новых данных о мозге человека.

2-е издание дополнено материалами о наиболее тонких характеристиках импульсной активности нейронных ансамблей мозга человека при психической деятельности.

Монография рассчитана на физиологов, невропатологов, психиатров и врачей других специальностей.

Книга содержит 33 рисунка. Библиография — 337 названий.

For Summary see page 151.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию	4
Введение	5
Функциональное состояние мозга человека при реализации условно-рефлекторных реакций и психологических проб	19
Электроэнцефалограмма при условнорефлекторных реакциях	19
Электроэнцефалограмма при психологических пробах	41
Электросубкортикограмма при психологических пробах. Значение ее изменений при психической деятельности	47
Структурно-функциональная и нейрофизиологическая организация мозгового обеспечения психической деятельности	57
Принципы исследования элементов системы мозгового обеспечения психической деятельности	57
Физиологическое значение и особенности различных звеньев системы мозгового обеспечения психических функций	73
Нейрофизиологическая сущность некоторых изменений, развивающихся в звеньях системы мозгового обеспечения психической деятельности	85
Динамика взаимодействия звеньев мозговой системы обеспечения психической деятельности	101
Некоторые принципиальные вопросы и перспективы развития проблемы	110
Изучение физиологии мозга человека и эксперимент на животных	132
Указатель литературы	135

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В области изучения мозгового обеспечения психической деятельности очень трудными были первые шаги. Сейчас, когда получение данных о мозговой структурно-функциональной организации различных видов деятельности в условиях применения метода вживленных электродов становится обычной диагностической процедурой, открылись исключительные возможности дальнейшего развития проблемы. Клинико-физиологические работы показали жизненность и перспективность методических лечебных разработок на основе гипотезы об устойчивом патологическом состоянии и поддерживающих его реакциях, о роли этого состояния при так называемых хронических заболеваниях мозга и лечебном значении его преодоления, перестройки мозга на новый уровень функционирования. Доказана целесообразность комплексного — хирургического и медикаментозного лечения, множественных микролизисов, лечебной электрической стимуляции мозга и клинического применения так называемого управляемого эксперимента, адаптивного биоуправления. Особые возможности представляет сочетание адаптивного биоуправления с лечебной электрической стимуляцией, позволяющее строго целесообразно формировать новые функциональные системы в условиях именно того режима работы мозга, при котором осуществимо оптимальное использование его резервов.

Основным теоретическим направлением развития вопроса явилось изучение тонкой структуры нейрофизиологических изменений в звеньях мозговой системы обеспечения психических процессов, в первую очередь — тех изменений, которые лежат в основе «зашифровки» и «расшифровки» в мозгу словесных раздражителей.

Результаты исследований показали, что в мозгу развиваются перестройки импульсной активности ансамблей нейронов, зависящие от акустических характеристик слов, от частоты их употребления и от наличия или отсутствия соответствующего базиса энграмм долгосрочной памяти. Эти исследования оказались настолько значимыми, что их, по-видимому, правомерно расценивать как начало изучения нервного кода психических процессов — импульсного кода слов в первую очередь.

Важность новых материалов и целесообразность компактного представления логики развития вопроса о физиологических механизмах психической деятельности и определила целесообразность второго издания данной книги.

ВВЕДЕНИЕ

Предположение о связи мозга с «разумом», «управляющим духом» — всем тем, что теперь называют психической деятельностью и центральной регуляцией функций организма — заслуга мыслителей, живших многие сотни лет до нас (Гиппократ и др.).

Абсолютная невозможность экспериментального изучения принципов и конкретных форм внутренней организации активности мозга в те далекие времена порождала подчас неожиданные мнения. Так, около пятнадцати веков авторитетом Галена поддерживалось представление о важнейшей роли ликворной системы в психической деятельности. Ведущая роль в организации и реализации психической деятельности на разных этапах развития естественных наук в достаточно категоричной форме приписывалась различным глубинно расположенным образованиям (Декарт, Виллис, Ланцизий и, много позднее, — Пенфильд) или, наоборот, коре. Практически без сколько-нибудь серьезных фактических оснований эта, вторая точка зрения оказывается представленной в более или менее схематичной форме во многих ранних работах и достигает своего апогея в хорошо известной френологии Галля (XVIII в.).

Эти представления вновь активизируются, но уже на основе большого клинико-анатомического материала с конца первой четверти XIX в., бурно развиваются во второй половине XIX в. и формируют теорию локализации в учении о структурно-функциональной организации мозга (Буйо, 1825; Брока, 1861; Вернике, 1874, и мн. др.).

Каждодневная практика невропатологии, психиатрии и особенно нейрохирургии продолжала подтверждать тезис о связи мозга с психической деятельностью (С. С. Корсаков, 1890; В. М. Бехтерев, 1900; Foerster, Gagel, 1933; Alpers, 1937; Grünthal, 1939; Buseh, 1940; М. М. Александровская и др., 1947; Gless и Griffith, 1952; Williams a. Pennybacker, 1954; Orthner, 1957; Г. Б. Абрамович и В. В. Захарова, 1961; А. Л. Абашев-Константиновский, 1961, 1964; Victor et al., 1961; Barbizet, 1963; Milner, 1962, 1967; Levita et al., 1967, и мн. др.).

По существу, тенденции строго связывать высшие психические функции с определенными областями коры, такие удобные в неврологической и нейрохирургической клинике, нередко так много позволяющие решать в судьбе больного, живут в клинике в более или менее удобной «оговоренной» форме и по сие время. Однако очаговые патологические процессы — «естественная

модель», воспроизводящая эксперимент с экстирпацией и отчасти раздражением мозга,— сравнительно мало дали для физиологии мозга, понимания организации системы мозга, ответственной за реализацию различных сложных психических функций. Анализ же нейрофизиологических механизмов обеспечения этих функций в связи с клинико-анатомическими наблюдениями оставался чисто вербальным.

Массивность изменений структуры при очаговых поражениях мозга не давала ключа и к пониманию феномена нарушения многих функций при изолированном очаге.

Наиболее адекватным подходом к оценке данных, представляемых очаговыми патологическими процессами, являлась, и до настоящего времени, по-видимому, в значительной мере является, позиция Хьюглинса Джексона о неправомерности предположения о локализации центров функций на основе их нарушений при повреждениях какой-либо (одной) области мозга.

Оставаясь в пределах своеобразного неврологического «подспоря» и не претендуя на объяснение общих принципов сложнейшей деятельности мозга, локализационистическое направление было весьма полезным практически, что как бы компенсировало его теоретическую неполноценность.

При развитии этого направления все, однако, дошло до логического абсурда, когда мозг, и прежде всего кору, попытались превратить в лоскутное государство карликовых суверенных княжеств, каждое из которых «решало» свои, более или менее сложные вопросы— от контроля движений до религиозного чувства, от контроля речи до социального «я» и т. д.

Особенно серьезный удар локализационизму, как это ни парадоксально, нанесло именно его развитие.

Схематизированные карты локализации мозговых функций, особенно в первой половине XX в., переходят из учебника в учебник, однако та же практика неврологии накапливает теперь уже все больше противоречий в этих представлениях. Противоречий оказывается в клинико-анатомических и просто клинических данных такое множество, что они, по существу, создают реальную предпосылку для другой крайности в учении о функциях мозга— почву для трудности безоговорочного отрицания наличия, хотя и небольшого, но ощутимого рационального «зернышка» в своеобразных (мягко говоря) позициях Lashley (1958).

Можно отметить при этом, что, несмотря на известную (в определенных пределах) практическую ценность локализационизма, именно теоретические представления эквипотенциализма в более или менее трансформированном виде постоянно оживают и в наши дни.

Одним из наиболее ярких примеров модернизации эквипотенциализма являются, пожалуй, взгляды Pribham (1969), по которым сложная психическая деятельность представлена в мозгу полностью в каждом его микрообъеме, а ее реализация связана с вовлечением в деятельность макрообъема мозга.

В известной мере в противовес локаляционистическим воззрениям в физиологической и психологической литературе нередко все еще поддерживается, на первый взгляд, вполне, казалось бы, приемлемая точка зрения о том, что весь мозг принимает участие в психической деятельности, психическая деятельность обеспечивается мозгом «в целом». Действительно, сложная психическая деятельность есть результат активности или готовности к ней очень многих отделов мозга. И в то же самое время подобная научная установка является, по существу, демобилизующей, обесценивая или, в лучшем случае, не стимулируя поиск структурно-функциональной организации обеспечения мозгом психической деятельности.

Огромный по объему и ценности, но жестко сфокусированный по направленности опыт Penfield (1958) приводит к трансформированному оживлению некоторых представлений Meyer (1779) о связи коры с более или менее сложными видами памяти и о решении всех сложнейших вопросов реализации центральной интеграции центрэнцефалической системой.

Обсуждению и критике локаляционизма, эквипотенциализма, холизма и центрэнцефалической системы посвящено очень большое число работ. С известным правом можно сказать, что на критический анализ полностью или частично ошибочных представлений в физиологии мозга человека потрачено, пожалуй, особенно в последние десятилетия, едва ли не больше сил, чем на создание чего-то позитивного, пусть даже и не всегда полностью адекватно отражающего реальные отношения в мозгу.

Однако в равной мере, а может, и больше, чем в других областях естествознания, в связи с запросами практики медицины, теории физиологии, а также философским аспектом вопроса в учении о сложнейших функциях человеческого мозга особенно нужны и методы изучения мозга, и факты о его функциях, и построенные на этой основе гипотезы и теории. Культивизация «критического направления» привела к появлению в биологической и философской литературе высказываний, где под тонкой пленкой вербального материализма выпукло контурируются идеи отрыва психических функций от материального субстрата. Это проявляется в форме утверждений о наличии одного эквивалента многих конкретных психических процессов, в форме прямого отрицания необходимости и возможности поисков физиологических коррелятов психических явлений и т. д. Вряд ли эти взгляды по своей внутренней сущности так уж далеки от откровенного дуализма.

Объективный анализ многих современных «теоретических построений» еще раз подчеркивает невозможность реального прогресса в этой проблеме без адекватного метода ее изучения.

Как хорошо известно, исследование закономерностей высшей нервной деятельности человека чрезвычайно широко осуществлялось и осуществляется методами психологии. Началом собственно физиологического изучения высшей нервной деятель-

ности человека, по-видимому, следует считать сеченовское рассмотрение механизмов психического и павловский период анализа патологии высшей нервной деятельности человека на основе данных, полученных в условнорефлекторных экспериментах на животных.

Гениальность основополагающего павловского эксперимента неоспорима. Она прочно обосновала принцип, на котором базируются исключительные возможности мозга животных и человека.

Огромной заслугой И. П. Павлова и его школы явилось построение вероятных схем структурно-функционального узора в мозгу, лежащего в основе условнорефлекторной деятельности, а также физиологических механизмов, определяющих разные ее проявления, уточнение особенностей этих механизмов в зависимости от свойств среды и организма.

Экспериментальный подход к изучению физиологии высшей нервной деятельности у человека был вначале реализован использованием тех же методических приемов, что и у животных (оборонительная и слюнная методики), а затем несколько модифицирован с помощью более «человеческого» варианта условнорефлекторного метода — двигательной методики на речевом подкреплении и использованием далее разного рода «эквивалентов» условнорефлекторной ситуации. С помощью варианта, обозначаемого чаще всего как речедвигательная методика, или двигательная методика на речевом подкреплении (А. Г. Иванов-Смоленский, 1933), были проведены исследования на детях и взрослых, больных и здоровых испытуемых.

Большим количеством наблюдений была подтверждена универсальность принципиальных положений высшей нервной деятельности и уточнены типовые варианты ее нарушений при изменениях функционального состояния головного мозга человека.

Прошедшие годы показали, однако, что применение условнорефлекторных методик у человека принесло в науку несравненно меньше, чем их использование в экспериментах на животных.

Для тонкого физиологического исследования здорового человека с колоссальными возможностями его мозга методики оказывались слишком примитивными, а примененные изолированно, не давали возможность судить о конкретных центральных механизмах реакции.

При исследовании психической деятельности человека необходимо было использование и условнорефлекторных, и психологических приемов. Методической попыткой преодоления сложностей в изучении нейрофизиологических механизмов психических явлений явилось объединение классических условнорефлекторных и психологических приемов с возможностями более или менее прямого (или опосредованного) наблюдения нейродинамики мозга.

Регистрация физиологических показателей жизнедеятельности мозга человека оказалась облегчена в конце двадцатых годов на-

стоящего столетия, когда был реализован прием относительно прямого наблюдения за динамикой функционального состояния мозга человека — электроэнцефалография (ЭЭГ). Этапы ее внедрения в различные клиники широко известны — она заняла прочное место в ряду локально-диагностических и функционально-диагностических приемов. Она широко применяется в нейрохирургической, неврологической, психиатрической и других клиниках, признана необходимейшим приемом в анестезиологии и т. д.

Уже в 30-х годах делались попытки наблюдения динамики ЭЭГ человека при условнорефлекторных реакциях (Dugur a. Fessard, 1935; Loomis et al., 1935a, b; 1936a, b; Knott, 1939).

Исследования этого рода на человеке подтвердили, углубили и расширили многие положения условнорефлекторной теории. Они позволили предельно полно изучить также меняющийся в этих условиях сравнительно монотонный биоэлектрический узор здорового мозга человека и более богатый узор — больного.

Было показано, что биоэлектрическая активность мозга типа электроэнцефалограммы меняется при реализации условных рефлексов. Изменения могут быть различными при осуществлении положительных и тормозных реакций. Конкретный тип развивающихся изменений в наибольшей степени зависит от исходного биоэлектрического фона. При исходно умеренно синхронизированном фоне ЭЭГ здорового человека осуществление положительных условных реакций вызывает изменения типа десинхронизации, а упроченных тормозных — увеличение синхронизации. При другом исходном фоне и в норме могут наблюдаться любые другие соотношения, вплоть до обратных. Изменения в ЭЭГ первоначально развиваются во всех случаях очень диффузно, что равновероятно отражает и «генерализацию возбуждения», и участие многих образований мозга в организации условнорефлекторной реакции. Эти изменения затем ограничиваются, что может с разных позиций рассматриваться и как отражение концентрирования нервных процессов, и как постепенное формирование реакции на оптимальной структурной основе, оптимизацию условий реализации реакции.

При исходно устойчивой десинхронизации биопотенциалов реализация условных реакций практически не вызывала, по крайней мере, видимых сдвигов ЭЭГ, что в значительной мере может быть связано прежде всего с опосредованностью (через оболочки мозга, кости черепа, апоневроз, кожу) регистрации биопотенциалов здорового человека и, таким образом, неполнотой наблюдения. Эти же условия регистрации и в тех случаях, где наблюдались отчетливые изменения ЭЭГ, определили далеко не полное выявление составляющих ЭЭГ и отсюда — их динамики.

В этом отношении наблюдения в эксперименте на животных с записью электрокортикограммы и субкортикограммы с помощью вживленных электродов непосредственно с мозга дали значительно больше сведений о его динамике и состоянии и по-

зволили уже более десяти лет назад осуществить исследование не только ЭЭГ, но и нейронной активности при классической условнорефлекторной деятельности.

Исследователи не удовлетворились, однако, скудными результатами, полученными на человеке: были предприняты дополнительные шаги в изучении вопроса в трех основных направлениях:

1. Исследования были предприняты у больных с измененной в связи с поражением мозга ЭЭГ, исходная полиморфность которой позволяла наблюдать при любой, в том числе и условнорефлекторной, активности значительно более «богатую» динамику, чем в норме.

2. Разнообразились и усложнялись функциональные пробы. Вместо простой системы формирующих «классический» условный рефлекс световых, звуковых, проприоцептивных и т. п. раздражителей при регистрации ЭЭГ применялись и различного рода психологические пробы.

3. При сохранении стандартизированных «классических» условнорефлекторных проб или при применении более сложных психологических проб ЭЭГ субъекта подвергались специальной обработке с целью извлечения максимальной информации из данных исследований при использовании анализаторов, электронно-вычислительной техники и специально разработанных, в том числе и именно для этой цели, приемов математического анализа ЭЭГ.

Можно отметить, что при сочетании метода условных рефлексов и ЭЭГ у больных и в наблюдениях с записью ЭЭГ при предъявлении психологических проб было получено много интересного, в частности, о роли различных областей коры мозга в осуществлении определенного вида психической активности и о принципах взаимодействия больших областей мозга при реализации психической деятельности.

Известным этапом в изучении нейрофизиологии психической деятельности явилось открытие феномена ожидания, *E*-волны, условного негативного отклонения — *CNV* (Walter, 1965; Walter и др., 1964), возникающего в лобных областях мозга человека в тех условиях, когда появление какого-то одного раздражителя определяет или делает вероятным появление второго. Феномен обнаруживал существенные различия в зависимости от психического и эмоционального состояния субъекта и степени тренировки испытуемого, отражая, по Греху Уолтеру, «субъективную вероятность события». Надежность появления феномена в определенных условиях делала его практически идеальным явлением для изучения процесса формирования готовности к действию, активности субъекта в ситуации взаимодействия человека со средой. В настоящее время получены четкие доказательства подкоркового эквивалента этого первоначально рассматривавшегося как чисто коркового явления (В. А. Чернышева в работе: Н. П. Бехтерева, В. А. Чернышева, 1969; В. А. Илюхина, Ю. В. Хон, 1973) и изучены корково-подкорковые механизмы его реализации.



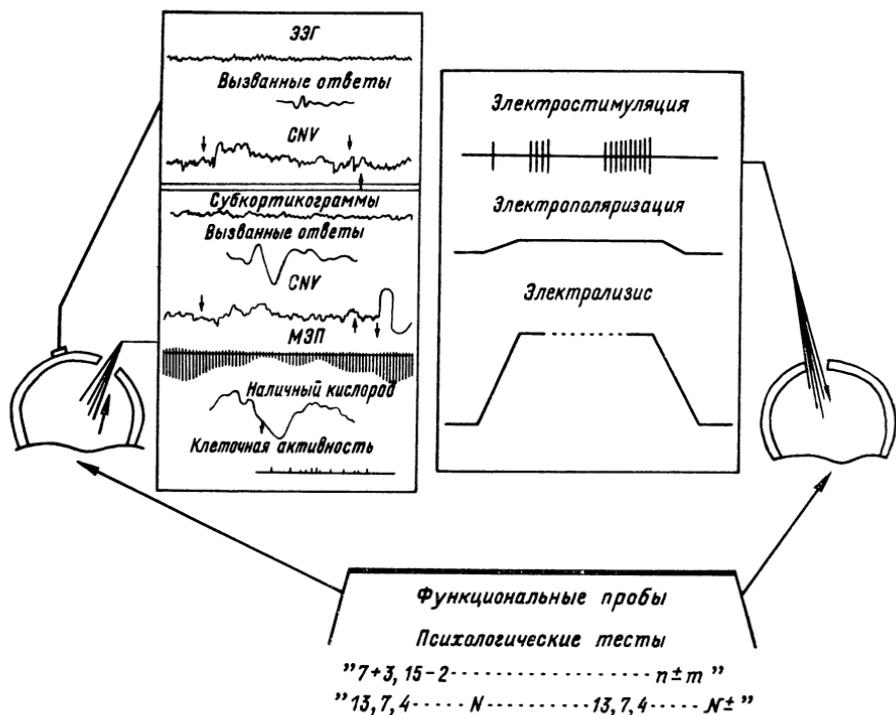
1. Рентгенограммы головы больных с вживленными электродами.
а — все пучки электродов вживлены через одно трепанационное отверстие в черепе;
б — каждый пучок электродов введен через отдельное отверстие.

Несмотря на большой интерес всех этих наблюдений, они, однако, не решили проблемы широкого и углубленного изучения нейрофизиологических механизмов психической деятельности человека. Изучение нейрофизиологических основ психической деятельности нуждалось в возможностях и приемах многостороннего прямого исследования нейродинамики различных отделов мозга человека.

Возможности более глубокого изучения нейродинамики были реализованы в связи с развитием хирургии подкорковых образований, особенно после введения в клинику метода вживленных электродов (рис. 1).

Стремление получить неосложненный лечебный эффект поставило в качестве одной из важнейших задач контроль за ролью области предполагаемого выключения в системе мозга, обеспечивающей психические функции.

В условиях прямого контакта электродов с мозгом было осуществлено не только наблюдение динамики психических реакций при электрических воздействиях, но и действительно детальное и многостороннее изучение жизнедеятельности мозга при психологических пробах (Н. П. Бехтерева, 1965, 1974; Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, А. И. Трохачев, 1967; Н. П. Бехтерева, 1971).



2. Схема, иллюстрирующая комплексный метод изучения структурно-функциональной организации мозга.

Этот подход объединил в себе почти все достоинства эксперимента на животных с уникальными возможностями исследования психической деятельности человека.

Многолетние исследования во время диагностики и лечения больных с вживленными электродами определили круг методических приемов, формирующих комплексный метод изучения структурно-функциональной организации и нейрофизиологических механизмов психической деятельности человека. Этот комплексный метод включает в себя, с одной стороны, исследование влияния локальных электрических воздействий на текущую и заданную эмоционально-психическую деятельность и, с другой стороны, анализ локальной динамики многих физиологических показателей состояния мозга (электросубкортикограммы — ЭСКОГ; медленных электрических процессов — МЭП; наличного кислорода O_2 ; импульсной активности — ИА) при эмоциогенных и психологических тестах (рис. 2). С помощью указанного комплексного метода оказалось осуществимым, меняя условия наблюдения, вводя и исключая различные факторы внешней и внутренней среды, изучать, как, за счет каких сдвигов и в каких

структурах мозга решается любая, реализуемая мозгом психологическая задача. Можно попутно упомянуть, что разработка данного комплексного приема изучения мозга оказалась исключительно полезной для изучения мозговых механизмов двигательной активности и для решения ряда практических, диагностических и лечебных задач (Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, А. И. Трохачев, 1967; Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, 1968; Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, 1969).

Уже то, что получено к настоящему времени в результате обследования около 2000 зон мозга в пределах различных таламических ядер, стриопаллидарной системы, верхних отделов ствола и медиобазальных отделов височных долей, позволило сформулировать и подтвердить гипотезу о принципах обеспечения мозгом психической деятельности (Н. П. Бехтерева, 1966).

Основные материалы по проблеме нейрофизиологических аспектов психической деятельности получены сейчас в отношении глубоких структур мозга, причем изучен и находится в процессе изучения ряд важнейших аспектов этой проблемы.

Проведено исследование так называемых общих изменений в мозгу, фона, развивающегося в процессе реализации психической деятельности и, возможно, определяющего оптимальность условий ее протекания. Обнаружены и продолжают исследоваться зоны, «точки» мозга, наиболее тесно связанные с психическими функциями, по-видимому, являющиеся элементами мозговой системы, обеспечивающей психические функции. Исследованы и продолжают изучаться степень важности и роль этих различных элементов — нейронных (или точнее — нейронноглияльных) популяций в системе обеспечения психических функций. Изучается нейрофизиологическая сущность изменений, развивающихся в процессе психической деятельности. Исследуются механизмы, или, правильнее, объективные признаки объединения исследуемых элементов в процессе психической деятельности в систему.

В специально психологических исследованиях, как известно, нередко значительно разнообразятся психологические пробы и именно характер выполнения их подвергается преимущественному анализу. При изучении нейрофизиологических аспектов психической деятельности сейчас еще наиболее целесообразно выбирать психологические тесты из наиболее стандартных и изученных и преимущественно анализировать динамику физиологических показателей. Исследование различных физиологических показателей жизнедеятельности мозга при психологических пробах оказалось приемом, значительно более тонким, чем наблюдение изменений психической деятельности при очаговых патологических процессах, хирургических локальных разрушениях и электрическом воздействии на мозг.

Использование именно психологических тестов, с другой стороны, явилось значительно более адекватным при изучении пси-

хической деятельности человека, в том числе и ее нейрофизиологического аспекта, чем применение классических условнорефлекторных проб.

Комплексный подход позволил значительно полнее, чем это делалось до сих пор, изучить структурно-функциональные и физиологические основы психического, показать участие в психической деятельности и тех образований, которые могли в результате данных выключения и раздражения несправедливо считаться «немыми» зонами.

Результаты, получаемые при электрических воздействиях на мозг через вживленные электроды и при регистрации различных параметров жизнедеятельности мозга, нередко были вполне сопоставимыми или, наоборот, не были полностью сравнимыми. Получаемые данные в этом последнем случае характеризовали как бы разные стороны явления, отвечая избирательно или преимущественно лишь на некоторые из сформулированных вопросов, и могли, пожалуй, наиболее адекватно, хотя и с известным ограничением, рассматриваться как показатели взаимодополняющие (в смысле, приданном этому термину квантовой механикой). Ограничение в использовании этого термина определялось прежде всего тем, что в отличие от «истинных» взаимодополняющих явлений некоторые параметры жизнедеятельности мозга могли быть записаны одновременно, хотя, естественно, очень сложно ответить на вопрос об уровне «потерь» в этом случае. Различные физиологические показатели оказались избирательно или преимущественно полезными в отношении разных аспектов изучаемых явлений.

Вряд ли правомерно говорить сейчас о том, что полностью возможно наложение психического на физиологическое. Мы все еще относительно мало знаем о том, что происходит в мозгу и особенно — в совершеннейшем мозгу человека при психической деятельности, сложнейшей из всех возможных видов деятельности живого организма.

Долгая и кропотливая работа предстоит исследователям этой области, работа, которая хоть немного может быть облегчена подведением этапных итогов.

Данная работа и представляет собой в первую очередь краткое обобщение ряда важнейших аспектов нейрофизиологических исследований психической деятельности человека. На части и главы работа разделена по принципу основных направлений в изучении данной проблемы. В работе представлены материалы об изменениях ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях и практически не высказано никаких новых соображений о механизмах и уровнях замыкания условных связей у человека. В задачу настоящей работы ни в коей мере не входил и анализ всех материалов об электроэнцефалографическом выражении условнорефлекторных реакций, — этому посвящены обзоры В. С. Русинова и М. Я. Рабиновича (1958), Р. С. Мнухиной (1964) и многих других. Такая же попытка была предпринята ранее и нами (1959).

Данный материал приведен потому, что он является важным для уточнения общих изменений состояния мозга в этих условиях, изменений, отражающих процесс оптимизации состояния мозга для деятельности. Можно, однако, утверждать, что для суждения об уровнях и механизмах замыкания условных связей у человека ни одна лаборатория мира не обладает достаточно полноценным фактическим материалом. Анализ этих механизмов не входил и в задачу автора. В то же самое время именно этот вопрос исключительно плодотворно изучается и может изучаться в эксперименте (П. К. Анохин, М. Н. Ливанов, В. С. Русинов, Н. Ю. Беленков, М. М. Хананашвили, Н. Н. Василевский и многие другие в нашей стране и различных странах мира).

С другой стороны, в работе обсуждаются доступные на данном уровне знаний аспекты структурно-функциональных и нейрофизиологических механизмов психических явлений человека. По вполне понятным причинам ни одна экспериментальная лаборатория мира в свою очередь не располагает подобными данными.

Использованное построение работы ни в коей мере не должно быть поводом к предположению о существенных различиях между условнорефлекторным и психическим у человека (реальных или обусловленных взглядами автора). Однако, не отрицая значения изучения механизмов классических (или близких к ним) условнорефлекторных реакций у человека, надо признать, что именно специально психическое, фундаментом которого является условнорефлекторный принцип, представляет собой важнейшую задачу в изучении мозга человека и задачу такого рода, которая должна и может быть решена только в условиях изучения человека.

Техническая революция текущего столетия, явившаяся результатом реализации работы мозга — человеческой мысли, предъявила в свою очередь совершенно особые требования к мозгу человека, потребовала обеспечения взаимодействия организма с практически совершенно новой средой. Большие скорости, а отсюда необходимость срочной адаптации мозговых систем регуляции функции к новому поясу времени, резко отличным климатическим условиям, новому языковому, а иногда и социальному окружению, входят в практику повседневной жизни все возрастающего количества людей. Резко изменились требования к скорости реакций и их точности во многих отраслях народного хозяйства, причем в целом современная система человек — машина привела во многих случаях и к большему усложнению необходимых операций.

Рассмотрению этих аспектов проблемы посвящено большое количество психологических и физиологических исследований, многопланово изучающих вопросы реакций человека и их оптимизации в мире все усложняющейся техники (Б. Ф. Ломов, 1966; Г. М. Заракровский, В. И. Медведев, В. П. Зинченко, 1970).

Однако не только запросы медицинской практики и теоретический интерес вопроса, но и технический скачок, выявивший

огромные резервы мозга, поставил и при этом в качестве одной из первоочередных проблему изучения физиологии мозга человека, физиологических принципов и конкретных механизмов, обеспечивающих исключительные резервы мозга и его надежность.

Каждая следующая ступень в изучении мозгового обеспечения психической деятельности, несомненно, важна сама по себе, как этап развития естественных наук, как этап развития большой теории. Даже очень маленький шаг вперед в науке о мозге человека исключительно важен для клиники, как необходимое условие для усовершенствования лечения нервных и психических заболеваний, расширения спектра излечимых заболеваний.

Кроме того, успехи в изучении физиологии мозга исключительно важны для дальнейшего развития философии и социологии. Современные социологи обеспокоены тем, как мозг человека справится с обилием информации, с неизмеримо возросшими и продолжающимися возрастать требованиями, предъявляемыми к нему. Научно-техническая революция, подготовленная мыслью гениев и талантов и обеспеченная трудом миллионов, предъявила в свою очередь огромные требования к мозгу. Через глаза и уши — хочет этого человек или не хочет — к нему поступает огромный объем сведений. Его мозг — хочет он этого или нет — реагирует на огромный поток информации. Существует ли реальная угроза, что мозг человека может не справиться с этой сложностью?

Теоретики экспериментальной физиологии показали предположительные основные принципы, по которым во взаимодействии с внешней средой, под влиянием этой внешней среды, приспособления к ней, развивался мозг. Физиологи мозга человека должны попытаться ответить на вопросы: каким образом оказывается возможным не только колоссальное индивидуальное усовершенствование, выявление возможностей мозга, но и резкий переход на новые ступени взаимодействия со средой во все усложняющейся обстановке; как мозг человека меньше, чем за два поколения, оказался способным адаптироваться в практически совершенно новом мире?

Что будет с мозгом человечества, если и дальше с огромным ускорением будет увеличиваться нагрузка на мозг человека? Существует ли в мозгу механизм самосохранения, самозащиты?

В сложнейшем взаимодействии со средой, при сочетании постепенного развития и скачка, сформировался мозг современного человека с его поистине колоссальными возможностями. Как на протяжении многих веков он не только сохранил, но и умножил свои удивительные возможности?

На множество важных вопросов должны ответить физиологи мозга. Большинство из этих вопросов требует дальнейших исследований и раздумий; на некоторые из них, по-видимому, можно ответить и сейчас.

Известно, что в мозгу есть механизм, обеспечивающий избыточные возможности при встрече с каждой новизной. Те, кому удалось «подсмотреть», что происходит в мозгу в момент, когда обстановка оказывается новой, когда неожиданно совершается переход к старой обстановке, когда есть хоть какие-нибудь основания для того, чтобы «удивиться», могут сказать, что мозг в этих случаях как бы «проигрывает» массу готовностей к новой ситуации. В это время активируется огромное количество нервных элементов, включается масса связей между различными участками и элементами мозга. Не исключено, что этот же механизм, хотя бы частично, лег в основу сохранения возможностей мозга, возможностей вида.

Весьма вероятно, что реакция на новизну и является чем-то вроде естественной тренировки мозга, вроде механизма, который, обеспечивая избыточную готовность к каждой конкретной, даже маленькой новизне данной минуты, на долгие века сохранил бесконечно большие возможности мозга.

Чем больше количество новизны, чем больше раз за короткие отрезки времени «удивляется» мозг, чем больше сведений поступает через сенсорные входы, тем быстрее развивается мозг ребенка, тем полнее выявляется потенциал мозга человечества, тем большие возможности открываются перед ним. Может быть, не будет большим преувеличением сказать, что научно-техническая революция сегодняшнего дня — есть результат взаимодействия по принципу положительной обратной связи мозга человечества и внешней среды, изменяемой этим мозгом. Научно-технический прогресс, таким образом, с одной стороны — принятые человечеством решения личностей и, с другой стороны, — массовый подъем возможностей человечества, массовая генерация, столкновение, взаимообогащение идей. Где-то, сами того не заметив, мы перешли ступень, за которой наступила общая активация мозга человечества, после чего произошел «взрыв» в форме научно-технической революции.

Но научно-техническая революция — это и огромное увеличение возможностей изучения самого мозга, решения задачи — что же такое наш мозг? И здесь вновь мы сталкиваемся с социальным аспектом проблемы.

Социальные запросы пробуждают и активируют интерес к мозгу. Успехи в изучении физиологических основ психической деятельности приобретают в свою очередь социальное значение потому, что именно они могут и должны дать ключи к управлению возможностями мозга. Не в наших силах и не в наших интересах замедлить научно-технический прогресс в целом и прогресс в изучении мозга человека в частности, но в нашей власти придать желаемое направление этому прогрессу.

Сегодняшний уровень знаний по физиологии мозга человека позволяет надеяться, что в самом ближайшем будущем мы получим действительно Реальную Власть над Мозгом. Эта власть должна быть использована только в интересах Человека!

Современный технический прогресс создал предпосылки для использования в диагностике и лечении заболеваний мозга тончайших методик физиологического эксперимента, обеспечив тем самым в свою очередь уникальные возможности диагностики, лечения и исследования механизмов мозга человека. Применение математических методов, анализирующей адаптированной аппаратуры, а также аналоговой и цифровой вычислительной техники для исследования физиологических явлений, наряду с решением ряда практических задач, позволило поставить задачу изучения физиологического кода нервных явлений человека.

В свою очередь проблема изучения нейрофизиологии человека может расцениваться как реальная только сейчас, когда она оказалась обеспеченной всем прогрессом медицины, биологии и техники.

Вполне понятно, что скорейшее приближение к полному решению всей этой сложнейшей проблемы в обозримый срок времени возможно лишь при концентрации усилий многих научных групп, изучающих механизмы психической деятельности человека. Поэтому целью данной работы являлось не только подведение этапного итога, но и стимуляция дальнейших исследований в области нейрофизиологических аспектов психической деятельности человека.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНЫХ РЕАКЦИЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА ПРИ УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНЫХ РЕАКЦИЯХ

Исследование физиологических характеристик мозга при условнорефлекторной деятельности с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ) насчитывает почти тридцатилетнюю историю экспериментов на животных и, как это ни парадоксально, более чем тридцатилетнюю историю наблюдений на человеке.

Изучение ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях в эксперименте и у человека проводилось в течение этих десятилетий с четко очерченной целью,— предполагалось, что в ЭЭГ можно было найти отражение свойств и динамики основных нервных процессов. В большинство обзоров данного вопроса вошла одна из ранних работ М. Н. Ливанова и К. Л. Полякова (1945), где при использовании двух ритмических раздражителей (световое и электрическое) были исследованы фазы становления условного рефлекса у кролика. Аналогичные фазовые изменения в ЭЭГ были затем прослежены в эксперименте Morrell и Jasper (1956) и др. В дальнейших работах М. Н. Ливанова и сотр., а также огромном количестве других отечественных и зарубежных исследований были показаны закономерности изменений ЭЭГ животных в зависимости от характера раздражителей и типа условной связи, области отведения биопотенциалов и вида животного (М. Н. Ливанов и А. М. Рябиновская, 1947; А. Б. Коган, 1949, 1967; М. Н. Ливанов и Т. А. Королькова, 1949; Maikowski, 1955; И. Н. Книпст, 1955; Angyan, Hosznos, 1951; Г. Т. Сахиулина, 1955—1957; Л. Г. Трофимов, Р. Н. Лурье, Н. Н. Любимов и М. Я. Рабинович, 1955; А. И. Ройтбак, 1956; Jouvét и Hernandez-Reon, 1957; В. С. Русинов, 1953, 1955, 1957; П. К. Анохин, 1957, 1968; Ioshii, Pruvot и Gastaut, 1956; Morrell и Jasper, 1956; М. М. Хананашвили, 1972).

Проведенные исследования позволили изучить многие конкретные нейрофизиологические механизмы условнорефлекторной деятельности, а также ряд общебиологических закономерностей функционирования мозга (П. К. Анохин, 1968).

Данные, полученные у различных животных, по биоэлектрическому компоненту исследуемых реакций, были, однако, трудно сопоставимыми между собой — и не только по конкретным формам биопотенциалов, но и по направленности и степени распространенности наблюдаемых перестроек.

Уже эти факты делают вполне понятными трудности использования результатов подобного эксперимента для суждения об аналогичных механизмах мозга человека. Дополнительные сложности взаимодействия «экспериментальной» и «человеческой» физиологии мозга возникли и на уровне самой условнорефлекторной методики. Механическое перенесение экспериментальных приемов в исследования человека далеко не всегда давало ожидаемые результаты и, как правило, приводило к результатам значительно менее общего значения, чем в эксперименте. Важнейший фактор — существенное усложнение механизмов мозга на уровне человека — наряду с несопоставимостью некоторых физиологических показателей мозга животных и человека определил необходимость проведения практически всего спектра исследований на человеке.

Изучение вопроса о динамике ЭЭГ при условнорефлекторных актах или реакциях, сходных с условнорефлекторными, в исследованиях на человеке было начато уже в 30-х годах настоящего столетия (Dugur и Fessard, 1935; Loomis, Harvey а. Hobart, 1935, 1936; Knott, 1939, и др.).

Основной задачей этих и последующих исследований, иногда почти примитивных, применительно к возможностям человеческого мозга было, так же как в эксперименте, изучение с помощью ЭЭГ динамики нервных процессов мозга в модельных условиях воспроизведения простейшей схемы психического.

В первых и в подавляющем большинстве последующих работ в качестве подкрепления использовалось световое или проприоцептивное раздражение или и световое, и проприоцептивное («подкреплением» служил свет, на включение которого испытуемый должен был осуществить обычно простую двигательную реакцию). В качестве условного раздражителя чаще всего использовался звук, ориентировочная реакция на который предварительно обычно угасалась (Loomis, Harvey, Hobart, 1935; Knott, 1939, и др.). В зависимости от частных целей исследования варьировала относительная сложность задачи (абсолютно они, как правило, были очень просты), вводилось или исключалось какое-либо условие исследования, вырабатывались положительные или тормозные реакции при совпадении или большем или меньшем несовпадении раздражителей.

Результаты уже первых исследований в достаточной мере подчеркнули роль сложности предъявляемой задачи в характере и динамике ЭЭГ-проявлений. В дальнейшем эти факты рассматриваются в свете представлений о значении фактора ориентировочно-исследовательских составляющих для стойкости не только самой условнорефлекторной реакции, но и связанных с ней ЭЭГ-изменений (Л. Г. Воронин и Е. Н. Соколов, 1955; П. К. Анохин, 1957, и др.).

При использовании специальных методических приемов, где ориентировочно-исследовательский компонент не мог угаснуть, реакция депрессии альфа-ритма в ЭЭГ была очень прочной.

С другой стороны, при упрощении и стандартизации условий исследования можно было наблюдать постепенное уменьшение выраженности реакции депрессии альфа-ритма на повторные сочетанные предъявления раздражителей.

При повторении однообразных сочетаний звука со светом в наблюдениях Knott и Henry (1941) депрессия альфа-ритма становилась все менее отчетливой не только на звук, но и на свет, что объяснялось в работе механизмами центрального торможения и адаптации. Этот факт в дальнейшем получил множество подтверждений, а в отдельных исследованиях был подвергнут и специальному изучению (Е. Н. Соколов, 1956). Наиболее четкое объяснение этого феномена приведено в работах П. К. Анохина (1962, и др.), где показано значение биологически незначимого «подкрепления», формирования условной реакции в этих случаях не на базе истинного безусловного рефлекса. Условная реакция, сформированная на основе совпадающего и несовпадающего предъявления раздражителей при использовании сочетания звука со светом, на которое испытуемому предлагалось нажимать на ключ, исследовалась Jasper и Shagass (1941). При совпадении раздражителей условный рефлекс образовывался легко и также легко угасал после 3—5-го неподкрепления. Исследование динамики ЭЭГ при совпадающих, запаздывающих и следовых условных рефлексах показало предшествование депрессии альфа-ритма подкреплению. В полном соответствии с данными павловского эксперимента обе эти ситуации — отставление и запаздывание — могли приводить к развитию сонного состояния. После выработки дифференцировочной реакции дифференцировочный раздражитель постепенно переставал оказывать влияние на электроэнцефалограмму.

Изучение динамики биоэлектрической реакции во времени в различных областях коры по той же методической схеме, что у Jasper и Shagass, было предпринято в ряде работ и, в частности, в исследованиях Н. А. Мушкиной (1956). В то время как характер изменений в слуховом и зрительном анализаторах оказывался одинаковым при наличных условных связях, при отставлении света обнаруживалась фазовость изменений. На первом этапе выработки отставленных условных рефлексов реакция угнетения альфа-ритма начиналась одновременно в слуховой и зрительной областях, что рассматривалось в качестве ЭЭГ-выражения фазы генерализации нервных процессов. На втором этапе угнетение альфа-ритма в слуховой области наступало при действии звука, а в зрительной области — к моменту светового подкрепления (фаза постепенной концентрации). И, наконец, при продолжении сочетаний реакция угнетения альфа-ритма в обеих корковых областях начала развиваться перед моментом светового подкрепления.

Так же подробно была прослежена динамика ЭЭГ при выработке дифференцировки. Первоначально реакция угнетения альфа-ритма регистрировалась и в зрительной, и в слуховой

областях одновременно. Вторая фаза характеризовалась угасанием реакции угнетения альфа-ритма в зрительной области. Затем наступала третья фаза — полное угасание реакции угнетения альфа-ритма на применение данного сочетания раздражителей и в области представительства «безусловного» раздражителя, и в области представительства условного сигнала. Эти данные рассматривались как развитие торможения первоначально в области представительства «безусловного» раздражителя и последующее распространение его на область представительства условного сигнала.

Отражение в ЭЭГ процесса запаздывания при двигательном условнорефлекторном акте изучали В. Е. Майорчик, В. С. Русинов и Г. Д. Кузнецова (1954). В их наблюдениях при изменении времени отставления в ЭЭГ появлялись диффузные медленные волны, постепенно концентрирующиеся в теменной области.

Анализ данных (ЭЭГ, электромиограммы — ЭМГ и др.) и варьирование условий исследования явились поводом для заключения об отражении медленными волнами в данном случае процесса торможения. Сходные ЭЭГ-изменения наблюдали при отставлении светового «подкрепления» A. Jus и K. Jus (1954). Исследователи так же, как и Jasper и Shagass, отмечали, что в процессе выработки этих условных реакций могло наблюдаться развитие сонного состояния у испытуемых.

Как известно, отсутствие медленных волн в ЭЭГ в «тормозных» ситуациях в большинстве исследований, проведенных у человека, в 50-х годах рассматривалось не как отсутствие связи определенного ЭЭГ-рисунка и нервного процесса, а как отражение концентрирования процесса торможения, ограничения его небольшим участком, не улавливаемым при ЭЭГ. Это предположение казалось очень логичным прежде всего на основе всей истории клинической электроэнцефалографии — весь клинический опыт ЭЭГ делал предположение о связи медленных волн с торможением, пусть даже и не прямой, весьма заманчивым.

При анализе исследований, проведенных с записью ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях у человека, и рассмотрении характера наблюдавшейся ЭЭГ-динамики наиболее вероятным сейчас кажется, что появление медленной активности в подобных условиях в первую очередь было связано именно с развитием сонного состояния. У здоровых лиц в достоверных условиях исследования практически не наблюдалось появления медленных волн в «тормозной» ситуации вне засыпания.

Условнорефлекторное изменение альфа-ритма прослеживалось и в других методических вариантах опытов (Shagass, 1942; И. С. Беритов и А. О. Воробьев, 1943, и мн. др.).

Частных вариантов исследований ЭЭГ-изменений при условнорефлекторной активности было очень много (Г. В. Гершуни и И. И. Короткин, 1947; Г. В. Гершуни, В. А. Кожевников, А. М. Марусева, Л. А. Чистович, 1948; В. Е. Майорчик и Б. Г. Спиринов, 1951; Р. Н. Лурье и В. С. Русинов, 1955; Ю. Г. Кратин, 1955;

П. О. Макаров, 1956, 1957; Л. А. Новикова и Е. Н. Соколов, 1957; Lansing, 1957, и мн. др.). Широко проводилась запись ЭЭГ во время условнорефлекторных реакций, выработанных на основе двигательной методики с речевым подкреплением А. Г. Иванова-Смоленского.

К середине 50-х годов во всем мире накопилось очень большое количество данных исследований динамики ЭЭГ при условнорефлекторной активности. Предполагалось, что возбуждение отражается в ЭЭГ десинхронизацией—это казалось весьма вероятным. Предполагалось, что торможение может (или точнее—должно) отражаться медленными волнами или синхронизацией. В то же самое время сходство, но не полная однозначность методических условий и в связи с этим трудность сопоставления результатов не позволяли провести достаточно полноценный анализ данных. В связи с этим, а также неугасающей верой исследователей в возможность обнаружения ЭЭГ-коррелятов нервных процессов Gastaut после личных исследований в данном направлении (1955—1956) организует широкое изучение ЭЭГ при условнорефлекторной деятельности большой группы исследователей в ряде стран Европы (Gastaut, Jus, Morrell, Storm van Leewen, Bekkering, Kamp, Werre, 1957; Gastaut и др., 1957). Работа проводилась с самого начала с введением элемента отбора испытуемых, а потому любые полученные закономерности оказывались хотя и общими, но далеко не исчерпывающими. Известная условность результатов прежде всего заключалась в том, что исследования были предприняты не у случайного контингента лиц с различными ЭЭГ, а у лиц с хорошо выраженными альфа- и роландическим ритмами. С другой стороны, было проведено выделение и последующее описание лишь наиболее часто повторяющихся проявлений,—все то, что наблюдалось не всегда, отбрасывалось как несущественное.

Методически данное исследование было осуществлено следующим образом. Регистровалась ЭЭГ, электромиограмма (ЭМГ), электрокардиограмма (ЭКГ), пневмограмма и электродермограмма (КТР). ЭЭГ оценивалась визуально и с помощью частотно-амплитудного анализатора. Звуковое раздражение сочеталось со светом или с пассивным (или активным) движением руки. Звуковое раздражение, таким образом, в зависимости от условий опыта приобретало способность вызывать депрессию затылочного или роландического ритмов. И, наконец, в третьем варианте опыта звуковое раздражение сочеталось с комплексным, сложным подкреплением—звук подкреплялся светом, на который осуществлялось активное или пассивное движение руки. Этот вариант опыта мог приводить к депрессии на звук и роландического ритма, и альфа-ритма (причем последнего—билатерально) или только роландического ритма.

В результате проведенных наблюдений и их анализа Gastaut и его коллеги констатировали, что область преимущественного подавления синхронизированного ритма типа альфа-ритма или

Схема основной пространственной динамики явлений синхронизации
(по G a s)

Порядковый номер реакции	Раздражители	
	условный	безусловный
1	Звук +	Свет
2		
3		
1	Звук +	Движение руки
2		
3		
1	Звук +	Свет, движение руки
2		
3		
⋮		
⋮		
$N < M *$	Звук +	Свет, движение руки
$N < M + 1$	Звук +	Свет, движение руки и слово «хорошо»
$N < M + K + 1 **$	Звук —	Свет
	Звук —	Движение руки
	Звук —	Свет, движение руки

* N — какое-то повторное сочетание раздражителей (обычно меньше двух), когда ЭЭГ-выражение положительных условных реакций становится

** K — сочетание, при котором в связи с каким-то внешним или внутренним

роландического ритма зависит прежде всего от характера подкрепления. При двигательных условных рефлексах удалось обнаружить фазу, когда блокирование роландического ритма выявлялось только в двигательной области противоположного полушария. Данные Gastaut в отношении корреляции возбуждения и блокады альфа- и роландического ритмов в ЭЭГ оказались принципиально теми же, что и в проведенных ранее исследованиях.

При предъявлении испытуемым сочетания: звук (тормозной) + свет, на который давалась инструкция сжимать кисть, от-

и десинхронизации при условнорефлекторных реакциях у человека
 taut и др.)

Характер реакции	Область проявления реакции
Блокада альфа-ритма	Теменно-височно-затылочные области обоих полушарий
Блокада роландического ритма	Центральная область полушария, контралатерального руке, осуществляющей движение
Блокада альфа-ритма и роландического ритма	Теменно-височно-затылочные области обоих полушарий и центральная область полушария, контралатерального руке, осуществляющей двигательную реакцию
Блокада роландического ритма	Центральная область полушария, контралатерального руке, осуществляющей двигательную реакцию
То же	Центральные области обоих полушарий
Увеличение выраженности альфа-ритма	Теменно-височно-затылочные области обоих полушарий
Увеличение выраженности роландического ритма	Центральная область полушария, контралатерального руке, осуществляющей двигательную реакцию
В зависимости от характера предшествовавшей положительной реакции:	
1) увеличение выраженности роландического ритма и увеличение выраженности альфа-ритма или	То же
2) увеличение выраженности роландического ритма	Теменно-височно-затылочные области обоих полушарий, центральная область полушария, контралатерального руке, осуществляющей двигательную реакцию

дцатого, но индивидуально существенно варьирует); *M* — сочетание раздражительно-отчетливым.

ним фактором происходит «растормаживание» ЭЭГ-реакции.

мечалось первоначальное усиление роландического ритма и лишь затем депрессия его, только на фоне которой и проявлялось движение. Усиление роландического ритма расценивалось как отражение в ЭЭГ торможения. Как проявление развития тормозных процессов запредельного типа рассматривалось, с другой стороны, самопроизвольное исчезновение реакции блокирования при положительных реакциях, которое при повторениях сочетаний сменялось повышением амплитуды и замедлением ритмов коры, вплоть до развития картины, характерной для легкого сна (появление тета- и дельта-ритмов). И в этом случае в ситуации,

где можно было предположить развитие торможения, в ЭЭГ наблюдались синхронизация ритмов и их замедление (таблица).

Gastaut и его коллеги полагали, что подтвердили связь торможения в условнорефлекторной ситуации у человека с синхронизацией и развитием медленных волн в ЭЭГ.

Надо отметить, что трактовка явлений, наблюдаемых в ЭЭГ в плане первичного развития торможения запредельного типа и затем сна, базируется в исследованиях Gastaut и соавт., так же как и в других исследованиях, в первую очередь на желании увидеть сходное с павловскими данными.

Gastaut и соавт., как и подавляющее большинство исследователей до них, легко оперировали известными и неизвестными величинами в наблюдениях — развивавшееся в ЭЭГ рассматривалось как отражение того, что должно было бы развиваться по классическим законам павловской физиологии. На основе собственных допущений далее определенным биоэлектрическим явлениям приписывалась однозначная связь с основными нервными процессами, и затем уже появление какого-либо из этих, «привязанных» к нервным процессам биоэлектрических признаков расценивалось как свидетельство развития соответствующего нервного процесса.

Gastaut было выделено 4 основных типа явлений: два, связанных с возбуждением — не зависящим и зависящим от условнорефлекторной деятельности, и два, связанных с процессом торможения.

Развитие распространенной блокады альфа-ритма при возбуждении объяснялось на основе активации мезэнцефалического уровня ретикулярной формации, развитие локальной блокады (также связанной с возбуждением) — за счет активации неспецифических таламических образований, причем в появлении этой второй ЭЭГ-реакции известное место отводится угнетению мезэнцефалической системы при повторении стимулов. Для того, чтобы обеспечить стройность своей гипотезы, Gastaut оперировал в этом случае очень укладывающимися в его схему и не очень соответствующими реальности представлениями об антагонизме этих двух уровней срединных структур (Bremer, 1962). По-видимому, отсутствие к тому времени достаточно убедительных данных о синхронизирующих образованиях мозга (Morguzzi, 1962) в значительной мере определило использование Gastaut для объяснения угашения реакции блокады альфа-ритма и увеличения синхронизации в ЭЭГ лишь механизмов развития торможения в мезэнцефалической и таламокортикальных системах.

Проводя такое территориально сложноорганизованное, комплексное исследование, Gastaut обсудил и вопрос об уровнях замыкания условной связи у человека. Он представил ряд схем, на которых центр тяжести не только биоэлектрических, но и условнорефлекторных событий уверенно приписан таламическому уровню. Не споря с этим положением в данном случае по существу, следует все же подчеркнуть, что, приведя вполне

полноценный, хотя и частный, фактический материал, Gastaut в определении уровня замыкания условной связи допустил недопустимое: он идентифицировал узловые пункты, «ритмоводители», наблюдавшихся электрографических реакций с областями высшей интеграции. И это осуществляется в то время, когда принцип включения активирующих влияний неспецифической системы при самых различных внешних воздействиях был в достаточной мере уже изучен. Gastaut (1957, 1958) настаивал, что роль коры больших полушарий при такой трактовке физиологических данных никак «не умаляется», так как таламическое замыкание рефлекторной дуги всегда сопровождается активацией соответствующего таламокортикального звена и т. д. (Gastaut и Roger, 1962). Следует подчеркнуть, что эти взгляды Gastaut очень близки, по существу, представлениям Penfield о центрэнцефалической системе. И замыкание условной связи происходит в области срединных образований мозга, и кора принимает участие в реакции, — допустимо себе представить, логично продолжая эту точку зрения, что кора в этом случае фиксирует опыт происходящего или представляет прошлый опыт (память) в распоряжение формирующейся реакции.

Возвращаясь к оценке нейрофизиологического аспекта исследованных в головном мозгу сдвигов, видно, что Gastaut, не прибавив ничего существенно нового к известному ранее, подтвердил, уточнил и, в связи с детальностью обработки большого и сравнимого исходного материала, утвердил в положении закономерностей развитие у лиц с исходно хорошим альфа-ритмом распространенной или несколько более ограниченной десинхронизации или синхронизации (в том числе и с замедлением ритма) в тех условиях, когда соответственно классическим законам павловской физиологии были основания ожидать возникновения распространенного или ограниченного возбуждения или торможения.

Анализируя эти исследования, приходится признать, что, если для корреляции состояния возбуждения с десинхронизацией в ЭЭГ все же имелись хоть какие-то основания, то с торможением дело обстояло сложнее. Дело осложнялось, во-первых, его электроэнцефалографическим выражением — оно оказывалось уже очень «неспецифичным». Как известно, исходным признаком, положенным в основу подбора испытуемых, был хороший альфа-ритм покоя; покой, таким образом, электрографически оказывался полностью или почти полностью идентичным торможению.

Во-вторых, — и это гораздо важнее, — связь возбуждения с десинхронизацией и торможения с синхронизацией в такой форме могла быть утверждена лишь для частного контингента лиц с исходно имеющимся альфа-ритмом. В подобной ситуации у достаточно большого контингента здоровых лиц без четкого альфа-ритма в ЭЭГ покоя не только не были выраженными проявления возбуждения в виде десинхронизации, но и просто

отсутствовали ЭЭГ-признаки торможения в виде синхронизации. Таким образом, даже если и признать значение обнаруженных корреляций, связь нервных процессов и ЭЭГ-проявлений оказывалась и после этого исследования в лучшем случае удовлетворяющей лишь принципу условной вероятности (роль условия — исходно хороший альфа-ритм и роландический ритм). Вопросы о нейрофизиологическом выражении основных нервных процессов и о тонких нейрофизиологических механизмах психической деятельности человека для решения нуждались в дальнейших исследованиях, новых материалах и, главное, — новых подходах.

Совершенно закономерно мысль исследователей направилась прежде всего по трем основным путям, нередко очень тесно переплетающимся между собой. Пути эти определялись стремлением: 1) обнаружить более многогранную, менее монотонную динамику ЭЭГ; 2) получить материалы об изменениях ЭЭГ в условиях уже специально человеческой психической деятельности и, наконец, 3) выявить в ЭЭГ с помощью математики и аппаратуры то, что ускользало от невооруженного глаза исследователя.

Наблюдение полиморфной динамики ЭЭГ у человека было возможным при использовании для исследования вариаций физиологического состояния испытуемых и проведении исследований у больных. Извлечение из ЭЭГ дополнительной информации требовало применения не только стандартных инструментальных, но и некоторых специальных, в том числе и разработанных для этой цели, приемов. Исследование ЭЭГ в условиях специально человеческой психической деятельности предполагало проведение электроэнцефалографии при предъявлении различных психологических тестов (что, естественно, никак не исключало также разнообразной обработки данных).

Изучение динамики полиморфной ЭЭГ при условнорефлекторной деятельности было проведено у здоровых лиц при засыпании и у больных с поражениями мозга.

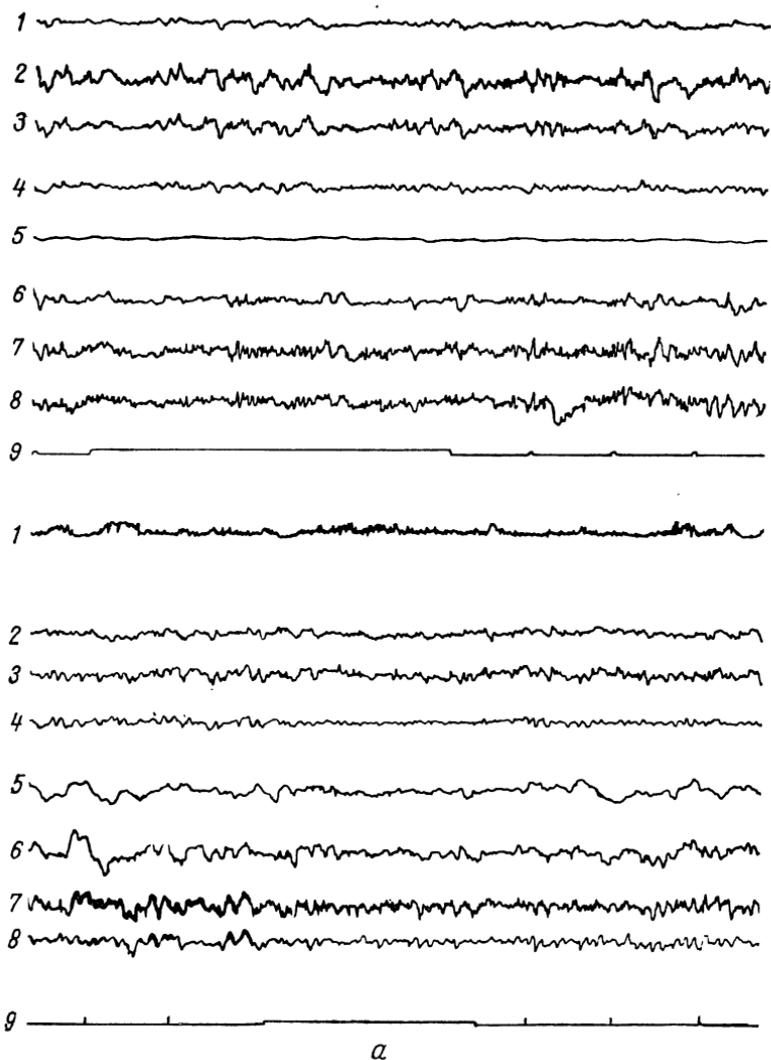
Исследования, проведенные в период засыпания и развития сна, в целом обнаружили в ЭЭГ пространственную динамику, сходную с наблюдавшейся у здоровых лиц в бодрствующем состоянии. Сходство увеличивалось, если испытуемые пробуждались от первых раздражителей. Если же пробуждение было неполным, конкретный тип реакций мог быть прямо обратным тому, что отмечалось в бодрствующем состоянии, — на положительные раздражители наблюдались реакции оживления альфаритма (Roger, Sokolov, Vagonin, 1957). В этих же работах была показана легкость развития угашения подкрепляемой реакции и появления или усиления медленных волн одновременно с углублением сна. Эти наблюдения, а также исследования, проведенные с использованием ЭЭГ при условнорефлекторной деятельности, осуществляемой на фоне фармакологических проб (М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, 1966), убеди-

тельно показали роль исходного ЭЭГ-фона в отношении конкретной формы развивающейся реакции и неправомерность констатации однозначной связи между нервными процессами и определенными электрографическими реакциями.

Исследование динамики полиморфной ЭЭГ больных с поражением мозга при условнорефлекторной деятельности обнаружило, что обычно распространенная или ограниченная в связи с характером раздражителей и фазой выработки условной связи динамика биопотенциалов может оказаться в исключительно четкой форме «подчиненной» корковому патологическому очагу.

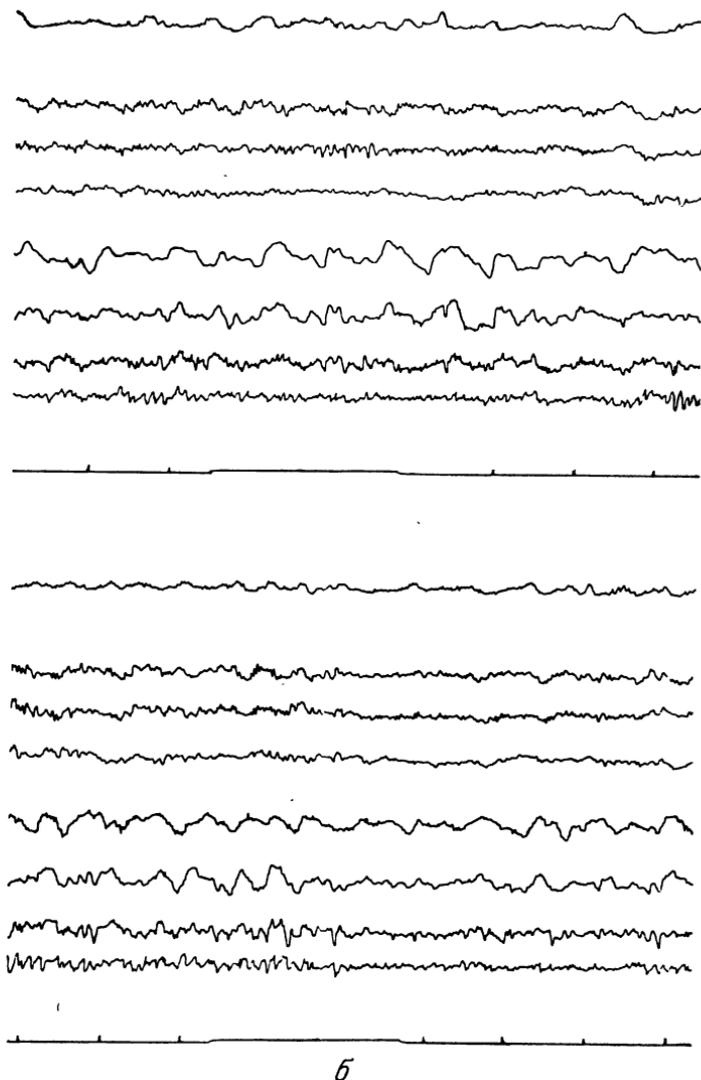
Эти наблюдения не только еще раз подтвердили неоднозначность соотношения: нервные процессы — ЭЭГ, но и в очень наглядной форме у человека показали взаимодействие распространенных дистантных влияний с функциональным состоянием отдельных корковых зон. На ЭЭГ больных могли наблюдаться и обычные перестройки альфа-ритма, если он сохранялся, но гораздо более отчетливо, вне прямой зависимости от локализации полушарного патологического очага в мозгу и типа раздражителя обнаруживалась, как одна из возможных и в данном случае — наиболее интересных реакций, динамика медленных волн в области коркового очага, а также и различные другие, связанные с корковым очагом перестройки так называемых патологических форм активности.

При этом усиление или уменьшение выраженности медленных волн в области очага могло развиваться сразу по предъявлении условного сигнала, спустя некоторое время, во время предъявления подкрепляющего раздражителя и т. п. и сохраняться лишь короткое время или задерживаться в ЭЭГ и после реализации условной реакции. Эти факты в том, что касалось значения патологического очага в динамике биоэлектрической реакции, оказывались вполне объяснимыми на основе представлений А. А. Ухтомского (1945) о доминанте, оригинально развиваемых применительно к новым возможностям современного эксперимента В. С. Русиновым (1953, 1955, и др.). В том, что касалось самого характера изменений в области очага, развитие медленных волн на первый взгляд представлялось убедительной иллюстрацией павловских представлений о запредельном торможении. Действительно, эти изменения могли рассматриваться именно таким образом и особенно, если считать увеличение выраженности или появление медленных волн свидетельством развития торможения. Но по ряду проявлений условнорефлекторной деятельности для такого рода суждений все же не всегда были прямые основания. Медленные волны в области очага, в том числе и расположенного в области одного или обоих представителей предъявленных раздражителей, развивались нередко наиболее отчетливо при первой условнорефлекторной реакции. Понятно, что это несколько противоречило высказанной точке зрения, хотя допустимо себе представить, что в дальнейшем ЭЭГ-динамика «осложнялась» фактором повышения воз-



3. Динамика очаговой медленной активности при реализации условнорефлекторных реакций.

a — динамика ЭЭГ при реализации положительной условной реакции;



3. Продолжение.

б — дифференцировочной. Условные реакции вырабатывались на звук по двигательной методике на речевом подкреплении А. Г. Иванова-Смоленского. На верхних рисунках отмечается усиление выраженности очаговых медленных волн во время реакции, на нижних — уменьшение. Отведения биполярные: 1 — переднелобное слева; 2 — лобно-височное слева; 3 — теменно-височное слева; 4 — затылочное слева; 5 — переднелобное справа; 6 — лобно-височное справа; 7 — теменно-височное справа; 8 — затылочное справа; 9 — отметка времени (1 с) и раздражителей.

будимости в головном мозгу и, в частности, в коре в связи с условнорефлекторной деятельностью. Так называемое «угашение» подкрепляемых реакций — ситуация, также предположительно связанная с торможением, далеко не четко коррелировала с развитием медленных волн у тех же больных. И, наконец, даже при обширном и увеличивающемся по выраженности и протяженности очаге медленных волн в наиболее значимых для реакции корковых зонах сама условная реакция, как правило, реализовалась.

Оставалось предположить, что: 1) вследствие развития очагового патологического процесса произошли уже компенсаторные перестройки, «перераспределения контроля» функций в мозгу, и именно поэтому даже увеличение очага угнетения (торможения?) в коре не вызывает существенного дефекта в условнорефлекторной деятельности, организованной на взаимодействии звуковых, световых и проприоцептивных сигналов, или 2) то, что проявлялось в виде медленных волн, не отражало торможения в коре, ведущего к ее выключению из деятельности, а было отражением возбуждения, развивающегося на каком-то ином исходном уровне функционирования мозга. Такая возможность была достаточно вероятна на основе непредвзятого анализа клинических данных, обнаруживающих сохранность иногда довольно широкого круга типично «корковой» деятельности у больных не только с очаговыми, но и распространенными медленными волнами. Неоспоримыми, однако, в наблюдениях с регистрацией ЭЭГ при условнорефлекторной деятельности у больных с исходно полиморфной ЭЭГ оставались факты о возможном полиморфизме электрографического выражения функциональных изменений в мозгу при условнорефлекторной деятельности и неправомерности оценки наблюдаемых в ЭЭГ явлений исключительно с точки зрения их дистантной обусловленности. Те электрографические изменения, которые развиваются в мозгу в процессе условнорефлекторной деятельности, происходят при взаимодействии дистантных влияний с корой. Свидетельством этого, более убедительным, чем «игра» синхронизации — десинхронизации в коре, является ЭЭГ-выражение взаимодействия «вызванной» ситуации (дистантно обусловленной ЭЭГ-реакции) с наличным корковым патологическим очагом и, в частности, ЭЭГ-изменения, развивающиеся в этих условиях в области коркового патологического очага. Это положение принципиально важно при решении вопроса о возможности извлечения из ЭЭГ информации о дробных, преимущественно локально корковых событиях, в частности при собственно психической деятельности.

Исследование ЭЭГ больных с очаговыми поражениями головного мозга при тормозных условных реакциях показало возможность наблюдать у них разные типы реакций, в том числе увеличение и уменьшение выраженности очаговых медленных волн. Таким образом, и на тормозные раздражители обнаруживалась определенная динамика первично корковых медленных волн,

причем она могла выражаться их перестройками разной направленности (рис. 3).

Исследования, проводимые в этих, своего рода «модельных» ситуациях исходного наличия патологического очага в коре, подчеркнули сложность вопроса о сущности электрографических феноменов при условнорефлекторной деятельности и особенную противоречивость материалов о взаимоотношениях медленной активности и торможения. Принципиальную важность положения о необязательности связи медленных волн с торможением и, наоборот, малую вероятность такой связи подчеркивал и П. К. Анохин (1968). И все же клинико-физиологические исследования показали, что очаговые медленные волны, разнонаправленная динамика которых обнаруживалась при реализации и положительных и тормозных условных связей, действительно обладают, по крайней мере, одной из функций тормозного процесса — охранительной (как известно, специально в отношении медленных волн это свойство было предположено Walter, 1953).

В ходе совместных исследований с нейрохирургами (Н. П. Бехтерева и А. Н. Орлова, 1957) была убедительно показана относительная безопасность хирургических манипуляций в зоне очага медленной активности и, наоборот, резкое повышение частоты патологических реакций при слабой выраженности или практическом отсутствии в области патологического очага медленной активности.

Усиление медленных волн не было единственной формой взаимодействия патологического очага с приходящими в кору в процессе условнорефлекторной деятельности стволowymi, таламическими, лимбическими и другими влияниями. Взаимоотношение очага и этих явлений могло складываться таким образом, что биоэлектрическим эффектом оказывалось значительное уменьшение выраженности медленных волн или усиление частых колебаний — типа заостренных бета-волн и т. д.

Учет этих реакций оказался полезным в предоперационной оценке состояния больных. Если наличие и усиление медленных волн при раздражителях в зоне патологического очага являлись признаком, прогностически благоприятным в отношении реакции на операцию, то усиление выраженности частых колебаний в зоне очага оказывалось признаком неблагоприятным. Предотвращение неблагоприятных реакций во время операции осуществлялось с помощью специальной предоперационной подготовки больных (Н. П. Бехтерева и А. Н. Орлова, 1957), однако это уже совсем особый вопрос, не связанный с темой данной книги.

Природный эксперимент — болезни мозга — позволил исследовать те же явления и при первичном поражении ствола.

Как известно, одним из частых проявлений стволового патологического очага является развитие более или менее выраженной пароксизмальной активности, обнаруживающейся в виде вспышек бета-, альфа-подобного, тета- и дельта- или смешанного ритма. Исследования, проведенные у больных с вживленными электродами, показали, что вспышки эти могут обнаруживаться не только в коре больших полушарий, но и как бы «пронизывать» все вещество мозга, быть действительно распространен-

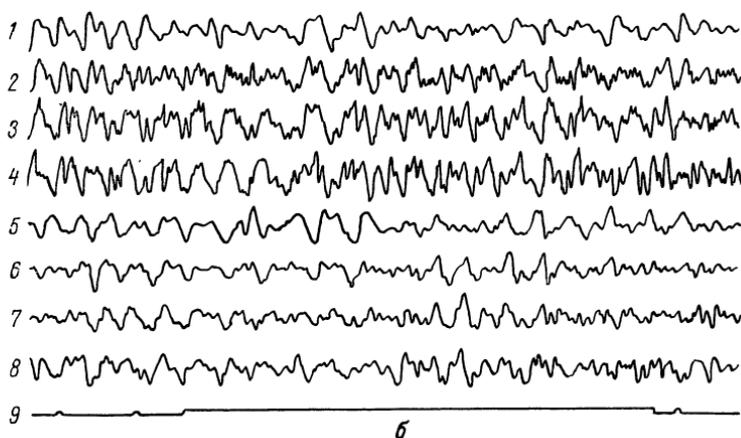
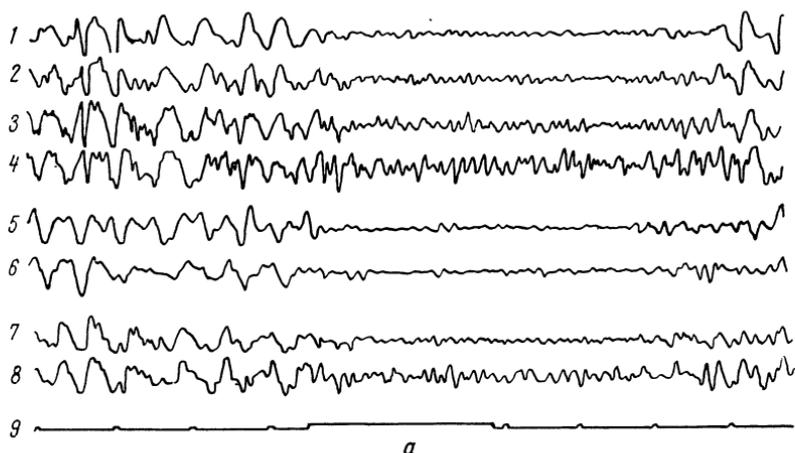
ными (что, конечно, не исключает возможности появления и чисто локальных вспышек).

Динамика распространенных вспышек в ЭЭГ при условно-рефлекторной деятельности во многом повторила все то, что можно было наблюдать у здоровых лиц в отношении динамики альфа-ритма. Распространенные вспышки подавлялись при первом предъявлении индифферентных раздражителей и при повторных предъявлениях положительных условных сигналов. Они сохранялись при повторяемых индифферентных сигналах, причем при прочных дифференцировочных сигналах медленная активность во вспышках могла не только сохраняться, но и увеличиваться по периоду (рис. 4).

Таким образом, в одних и тех же условиях, когда в связи с характером условнорефлекторной реакции можно было предполагать развитие или усиление возбудительного процесса, у здоровых людей в бодрствующем состоянии наиболее частой (но отнюдь не обязательной!) реакцией была десинхронизация, блокада альфа-ритма. Изменение физиологического состояния здоровых лиц — засыпание — могло в тех же условиях и с близкими пространственными закономерностями вызвать реакцию синхронизации альфа-ритма. Обе эти электрографические реакции могли отражать четко дистантные электрографические сдвиги. «Вмешательство» коркового патологического очага в эти отношения привело к большему полиморфизму вариантов реакций и обнаружило возможность уже чисто корковых сдвигов в этих условиях. Развитие патологического процесса в области срединных структур мозга, сопровождавшееся пароксизмальной активностью, в подчеркнутой, «преувеличенной» форме вновь позволило наблюдать развитие десинхронизации, дистантную реакцию при положительных условных рефлексах.

В этом, последнем, сугубо специальном случае внутреннее торможение как бы оказывалось «связанным» с медленными волнами в головном мозгу, и в коре в частности, причем в этой ситуации медленная активность в коре является действительно следствием событий на стволовом уровне. Таким образом, при поражениях мозга, при всех ограничениях такого рода данных удавалось полнее, чем в норме, изучить и роль местных, и роль общих (дистантных) влияний в происхождении ЭЭГ-картины при реализации условных реакций.

Дальнейшая детализация относительной роли местного и общего фактора, а также некоторое уточнение возможного физиологического значения наблюдаемой электрографической динамики при условнорефлекторной деятельности оказались возможными при сочетании «физиологического и патологического», при ЭЭГ у больных с очаговыми поражениями мозга, осуществленной в процессе условнорефлекторной деятельности, реализуемой на фоне резкого ограничения зрительной импульсации (Н. П. Бехтерева, 1961). Проведенные в этих условиях исследования еще раз подчеркнули относительность значения общих и местных



4. Динамика пароксизмальной активности при реализации условно-рефлекторных реакций.

а — динамика ЭЭГ при реализации положительной условной реакции; *б* — дифференцировочной. Условные реакции вырабатывались на звук по двигательной методике на речевом подкреплении А. Г. Иванова-Смоленского. При реализации положительной условной реакции — четкое угнетение пароксизмальной активности; при реализации дифференцировочной реакции этого угнетения не обнаруживается.

факторов в корковом электрографическом рисунке, связанном с условно-рефлекторной деятельностью, ошибочность оценки динамики ЭЭГ с точки зрения отражения в ней и чисто восходящих, и исключительно корковых перестроек и еще большую ошибочность такого рода альтернативы в этом случае. Продолжая полемизировать с Gastaut, приведенные данные можно было бы использовать, базируясь на электрографической картине, и как подтверждение части развиваемых им представлений о подкорковом генезе биоэлектрических сдвигов при условно-

рефлекторной деятельности, и как антитезу основной линии его анализа материала о физиологическом значении этого подкоркового уровня.

Исследования, проведенные с записью ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях, прежде всего с исключительной убедительностью свидетельствуют о неправомерности утверждения об однозначной связи биоэлектрических явлений мозга с основными нервными процессами. Локальные и распространенные изменения ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях зависели от исходного биоэлектрического и, таким образом, функционального фона мозга. Логичным следствием всех проведенных наблюдений является неправомерность идентификации ведущих, узловых пунктов в мозгу, ответственных за биоэлектрическую перестройку, с местом основного, определяющего, замыкания условной связи. Важно подчеркнуть, что хотя источником суммарных сдвигов биоэлектрической активности, регулируемых в ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях, служат явления, разыгрывающиеся, по-видимому, на мезенцефальном и диэнцефальном уровнях, это не свидетельствует ни за, ни против замыкания условной связи на тех же уровнях.

И в то же самое время еще более неправомерно было бы впасть в другую крайность, пренебрегать данными о биоэлектрических перестройках в мозгу в этих условиях. При учете исходного биоэлектрического фона эти данные могут быть использованы для оценки условий, развивающихся при взаимодействии со средой в сложнейшей из известных на земле структур — мозгу человека, для оптимального протекания условнорефлекторной деятельности. Биоэлектрические явления свидетельствуют о вовлечении обширных территорий мозга в это состояние оптимизации условий протекания исследуемой деятельности. Однако, наблюдая этот феномен, всегда следует помнить, что «вся кора», «весь мозг» и т. д. в этом случае обеспечивают только возможность деятельности, а не конкретную деятельность, которая имеет свои, гораздо более дробные механизмы. Отражение в ЭЭГ прежде всего «готовности к функционированию» отмечает и А. Б. Коган (1967). Иошии, Мацумото, Огура, Симокоти, Ямагути и Ямасаки (1962) и др. настаивают на том, что ЭЭГ-эффекты при условнорефлекторной деятельности следует связывать не с активностью образований (центров), действительно ответственных за реакцию, и не с динамикой нервных процессов, а с динамикой фоновой возбудимости мозга.

Изменения в ЭЭГ наблюдались всегда на больших «площадях» мозга, в пределах долей и областей коры. Эти данные о закономерности обширных изменений в коре в этих условиях были получены в середине и в конце 50-х годов, когда осуществлялись уже микроэлектродные исследования условнорефлекторных реакций (Джаспер, Риччи и Доун, 1958, 1962, и др.), показавшие исключительную дробность нервных явлений на клеточном уровне. Можно указать, что понимание также достаточно сложных явлений на клеточном уровне стало в условнорефлекторной ситуации возможным лишь значительно позднее, после методического вклада в проб-

лему, сделанного в первую очередь Н. Н. Василевским (1965—1968). Следует подчеркнуть, что согласование того, что наблюдалось на нейрональном уровне и в ЭЭГ, было (и в известной мере остается и сейчас!) очень сложным. И однако, ни исследование закономерностей клеточного уровня, ни исследование ЭЭГ в одной и той же ситуации не отрицали друг друга, а дополняли, как всегда дополняли и будут дополнять друг друга любые исследования микро- и макроуровней любой проблемы.

Можно ли все же на сегодняшний день принять какую-либо или какие-либо точки зрения в вопросе о соотношении нервных процессов и биоэлектрических явлений? По-видимому, некоторые стороны этого вопроса могут быть поняты на основе представлений В. С. Русинова (1953) о важности учета направления изменений биоэлектрической активности. В этом случае развивающееся преобладание торможения, сдвиг в сторону преобладания торможения в мозгу могут отражаться в ЭЭГ синхронизацией и замедлением активности и, наоборот, сдвиг в сторону преобладания возбуждения повлечет за собой учащение биоэлектрической активности и ее десинхронизацию, наиболее отчетливой формой которой является блокада альфа-ритма при исходном присутствии его в ЭЭГ. Эта очень частная схема, действующая при соблюдении целого ряда условий (исходный фон и т. д.), однако, отражает лишь один из аспектов действительных отношений — и прежде всего такого рода соотношение нервных процессов и биоэлектрической активности, где биоэлектрическая активность изменяется вслед за перестройкой нервных процессов.

Наблюдение ЭЭГ в различных физиологических и патологических ситуациях заставляет с равной вероятностью учитывать и еще одну возможность — изменения в ЭЭГ по отношению к динамике нервных процессов, в частности связанных с условно-рефлекторной деятельностью, могут быть не только вторичными, но и первичными, облегчая или, наоборот, затрудняя эту динамику. Применительно к данному конкретному случаю — взаимодействию нервных процессов и ЭЭГ — в наиболее четкой форме это положение рассмотрено М. Н. Ливановым (1957, 1962а, б), считающим, что исходная биоэлектрическая динамика является фоном, который может облегчать распространение нервных процессов. Представления John (1967), полагающего, что синхронизация в ЭЭГ облегчает механизмы «считывания», различаются с приведенными представлениями М. Н. Ливанова главным образом по форме.

Две эти стороны взаимоотношений ЭЭГ и деятельности, контролируемой мозгом, в еще более общем виде формулируются как свойства ЭЭГ не только отражать то, что происходит в мозгу, но и определять его текущее функциональное состояние, обеспечивать функциональный уровень, оптимальный для протекания любой данной деятельности (М. Н. Ливанов, 1962б; Е. Н. Соколов, 1962; Н. П. Бехтерева, 1966). Следует, однако, подчеркнуть, что при анализе этих явлений, при углублении в проблему,

исследователи сталкиваются сейчас с все большими сложностями. Так, тонкие экспериментальные нейрофизиологические исследования (П. К. Анохин, 1968; Г. А. Вартамян, 1966, 1970, и др.) представляют все больше убедительных данных о неправомерности утверждений об иррадиации торможения в мозгу, по крайней мере, в той трактовке этого явления, которая предлагалась И. П. Павловым. Новые данные о физиологической сущности активирующих и тормозных реакций в мозгу получены сейчас уже и в прямых наблюдениях на человеке (Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, 1969). Даже если бы не возражать по существу против предположения о том, что по ЭЭГ можно говорить не только о предпосылках к иррадации нервных процессов, но и о движении их, коррелирующем с движением какого-то вида биопотенциалов, приходится признать, что очень многое, используемое в качестве доказательств такого движения, методически спорно.

При специальном изучении этого вопроса одним из важнейших условий исследования движения биопотенциалов должно быть проведение расчетов на максимально мономорфном виде биоэлектрической активности и тончайшее изучение фазового сдвига волн во многих соседних областях мозга. Такого рода условиям удовлетворяют лишь отдельные работы и, в частности, некоторые исследования Ю. В. Дубикайтиса (1964, 1968) и Petsche (1967, 1968). Petsche с помощью известного собственного варианта топоскопии на примере активности пик-волны было показано, что во вспышках движутся по коре позитивные волны. Однако именно Petsche и Ю. В. Дубикайтис сравнительно мало интересовались соотношением биоэлектрической динамики с динамикой нервных процессов.

Рассматривать электрографическую динамику явлений можно и в несколько ином аспекте. Можно рассматривать десинхронизацию при положительных условных реакциях — и особенно генерализованную — как отражение первоначально очень неэкономного механизма вовлечения в работу и рабочую готовность большинства областей мозга при существенном общем повышении уровня возбудимости коры (А. Б. Коган, 1962; Chang, 1962; М. Н. Ливанов, 1962). Ограничение реакции при повторениях сочетаний есть внешнее проявление уменьшения количества структур, готовых к деятельности, возможное при условнорефлекторном исследовании исключительно вследствие стереотипии ситуации, резкого снижения фактора новизны и его вероятности.

Синхронизация биопотенциалов при тормозных реакциях, с этой точки зрения, отражает ограничение зон, находящихся в состоянии деятельности или оптимальной готовности к вовлечению именно в данную деятельность. Это состояние может развиваться принципиально за счет выключения активирующих влияний или активации синхронизирующих влияний любого уровня. Однако биологически выгодным (экономным) может быть включение этих механизмов при простейших условнореф-

лкторных реакциях на «узловых» уровнях. Не исключено, таким образом, и не только в связи с данным положением, что, если реализация положительной условной связи, особенно первоначально, приводит в рабочее состояние (по крайней мере, до «фазы падения вероятности новизны») обширные области мозга, то тормозные реакции могут реализоваться и обычно в норме реализуются в этих простейших модельных условиях на основе значительно более экономичных механизмов.

Далее. Если реакция десинхронизации, однообразная биоэлектрически в ЭЭГ, и, если судить по данным прямого наблюдения мозга, электрокортикографии (ЭКоГ), не однозначная реально, может рассматриваться как отражение оптимизации функционального состояния мозга для деятельности, то как можно представить значение синхронизации биопотенциалов коры при реализации тормозных реакций?

У здорового человека с хорошо выраженным альфа-ритмом картина ЭЭГ в этих условиях нередко не отличима от покоя или проявляется как бы углублением рисунка покоя, увеличением размахов колебаний и (иногда) замедлением их периода. Исследуя в течение ряда лет ЭЭГ человека с точки зрения взаимоотношения ее ритмов с динамикой возбудимости мозга (Н. П. Бехтерева и соавт., 1958—1965, и др.), удалось показать, что, хотя соотношения волн ЭЭГ и колебаний возбудимости не всегда просты, само их наличие, по-видимому, не должно вызывать сомнений (Brazier, 1962). Отсюда, если не пытаться «примыслить» что-либо к видимому в ЭЭГ, придется признать, что при данных простых условных реакциях в ситуации «торможение» восстанавливаются, развиваются или усиливаются колебания возбудимости, резко уменьшающиеся в ситуации «возбуждение — десинхронизация». Это состояние синхронизации может явиться следствием действительного развития торможения в области дизэнцефальных и мезэнцефальных активирующих структур или активации тормозящих подкорковых механизмов и синхронизирующих влияний (или взаимодействия этих механизмов). Торможение в исследуемых условиях может развиваться и на уровне коры больших полушарий, реальность чего можно было проследить в конкретных специальных условиях и предположить при дробных пространственно механизмах сложной психической деятельности. Функциональные перестройки этого рода, развивающиеся на различных уровнях срединных структур мозга, могут, как показано выше, повлечь за собой не только диффузные, но и локальные функциональные изменения в коре больших полушарий, связанные с применяемым раздражителем и местным состоянием мозга (патологический очаг). Статистически наиболее вероятными в норме, однако, являются ЭЭГ-изменения, развивающиеся на сравнительно больших площадях коры и являющиеся скорее всего не отражением наличия торможения в коре, а следствием возникновения перестроек в нижележащих структурах. Эти представления не очень далеки от точки зрения

Adrian (1954) и др. о возможности блокирования потока информации в определенных случаях на разных уровнях нервной системы. Такого рода возможность не противоречит также представлениям П. К. Анохина (1968) об организации функциональных систем по пейсмекерному типу. Колебания возбудимости в коре в этих условиях оказываются состоянием, оптимальным для восстановления ее возможностей при сохранении, хотя в этом случае и дискретной, готовности к деятельности вообще, а не к какой-то данной, как в ситуации «возбуждение». Ритмические смены одного состояния другим являются одним из наиболее общих биологических законов, на основе которого в живом организме происходит длительное сохранение и восстановление возможностей органа и организма в целом. Отсюда то, что наблюдается часто в ЭЭГ здорового человека при тормозных простых условных реакциях и в других аналогичных состояниях, является скорее всего обусловленным дистантно развившимся торможением (?) или активацией «тормозного» механизма, выгодным для организма состоянием действительно активного покоя, где восстановление возможностей протекает при сохранении готовности к включению в деятельность, но в дискретной форме.

Безусловно, такой трактовке может быть противопоставлен ряд возражений. Так, у ряда лиц синхронный альфа-ритм не обнаруживается ни в покое, ни в ситуации «торможение»; в некоторых физиологических состояниях (засыпание) именно положительная условная реакция наблюдается при синхронизированной ЭЭГ и т. п. В первом случае можно предположить, что колебания возбудимости могут быть связаны и не только с альфа-ритмом, а и с более частыми колебаниями, однако наблюдение динамики этих ритмов по ЭЭГ затруднено; второй случай,— скорее подтверждение, чем возражение данным представлениям,—первой фазой выхода из состояния дремоты (или сна) оказывается, если судить по ЭЭГ, фаза отчетливых колебаний возбудимости коры со всеми ее свойствами и возможностями (хорошо известно, что при усилении раздражителей или частом повторении их происходит «пробуждение» со всеми его поведенческими и биоэлектрическими характеристиками).

Генерализованная синхронизация биопотенциалов, как указывалось выше, может быть понята с точки зрения блокады восходящих активирующих влияний ретикулярной формации и (или) активации синхронизирующих структур ствола (Moguzzi, 1962). Однако сейчас уже есть данные, полученные непосредственно у человека, о механизмах более высокого уровня, способных вызывать тормозные эффекты. Их значение должно быть учтено в понимании реакции синхронизации более локальной. Эти явления у человека могут быть связаны с деятельностью, в частности, срединного центра зрительного бугра, хвостатого ядра и, возможно, других структур (Н. П. Бехтерева, Н. И. Моисеева, В. М. Смирнов, А. Н. Орлова, 1964; Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, 1969).

При оценке всех этих явлений не следует забывать также возможность и первично корковых механизмов синхронизации (М. Н. Ливанов, 1962), в данном случае, однако, несколько менее вероятных, хотя и не невозможных, и в то же самое время в самом возникновении десинхронизации, обусловленной влияниями ствола или подкорки, чрезвычайно важно учитывать роль кортико-фугальных влияний (Moguzzi, 1962).

Приведенные наиболее вероятные возможности взаимодействия синхронизации и торможения не исключают и прямой связи этих явлений, т. е. развития торможения непосредственно в зоне синхронных колебаний в коре; они лишь показывают необязательность этой прямой связи и проливают свет еще на один возможный структурный и физиологический механизм охранительного свойства торможения.

Конечно, весь опыт изучения ЭЭГ человека утверждает не строго обязательность появления синхронной активности при тормозных реакциях. Следует, по-видимому, признать, что появление синхронной активности и связанного с ней усиления ритмических колебаний возбудимости есть, если и не обязательная, то одна из наиболее выгодных для организма реакций, реакция охранительного типа, способствующая сохранению или восстановлению рабочего потенциала мозга.

Следует, однако, напомнить, что наиболее серьезным дефектом всех проведенных наблюдений, с точки зрения ценности именно физиологических данных, является суждение о состоянии мозга на основе одного параметра — ЭЭГ и, кроме того, ЭЭГ, в значительной мере деформированной в связи с непрямым характером наблюдения ее, отведением через покровы мозга.

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА ПРИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБАХ

Изменения ЭЭГ человека были прослежены не только на простейшей модели психического — условнорефлекторных реакциях, но и при изменениях сознания, и в зависимости от особенности личности, и при психологических пробах.

С точки зрения анализируемого в данной работе вопроса — нейрофизиологических аспектов психической деятельности — наибольший интерес представляет динамика ЭЭГ при различных психологических тестах. Условнорефлекторный принцип лежит в основе всех психических явлений человека. Однако при изучении нейрофизиологического аспекта психических явлений необходимо было использование в сочетании с нейрофизиологическими приемами не только наиболее распространенных, простейших условнорефлекторных проб, но и возможностей психологического исследования. Именно в этом и только в этом случае исследователь наиболее прямо адресовался к тому, что явилось гигантским скачком в живой природе, — к психической деятельности человека.

Попытка корреляции ЭЭГ и психических явлений была принята еще Berger (1933). Изменения ЭЭГ были в дальнейшем проследжены при использовании в качестве раздражителей психологических проб различной сложности (Travis, 1937; П. И. Шпильберг, 1947; Е. Н. Семеновская и Р. Н. Лурье, 1948, и др.) и, в частности, — словесных сигналов. В этих работах было показано, что ЭЭГ-эффект (и прежде всего его выраженность) на словесные раздражители находится в зависимости от смыслового значения слов и состояния испытуемого. В обычных условиях во время «легкого» разговора регистрировалось лишь небольшое снижение амплитуды альфа-волн (самонаблюдения Adrian и Matthews, 1934). Travis и Egan (1938) наблюдали небольшое учащение альфа-ритма при прослушивании читаемого вслух текста (с 10,15 до 10,75). Эффект этот в целом был так невелик, что Gastaut (1957) считал возможным пренебречь реакцией на словесный приказ при оценке условнорефлекторных изменений ЭЭГ в тех исследованиях, где он включался в комплекс раздражителей.

В то же время словесное смысловое условие могло определить реакцию в ЭЭГ на любой другой конкретный раздражитель (Н. А. Мушкина, 1956) и, с другой стороны, словесный раздражитель в соответствии с его смыслом мог вызвать эффект конкретного раздражителя (Р. Н. Лурье и В. С. Русинов, 1952). При подкреплении словесного раздражителя конкретным (слово «блок» в наблюдениях Shagass, 1942) оно само начинало вызывать реакцию, характерную для использованного подкрепления.

Важнейшую роль в динамике ЭЭГ на словесные раздражители имело их эмоциональное значение. Если слово оказывалось для испытуемого эмоционально значимым, депрессия альфа-ритма оказывалась очень выраженной и длительной (А. И. Ройтбак и Н. А. Саванели, 1953; Bagchi, Howell, Schmall, 1945, и др.). Проведение таких исследований у больных (И. А. Пеймер, 1954; Е. М. Яковлева, 1952, 1956) могло приводить к появлению или усилению в ЭЭГ и патологической биоэлектрической активности. Однако повторение и эмоционально значимых слов приводило обычно к угасанию ЭЭГ-реакции на них.

Реакция на словесный раздражитель была прослежена также в процессе засыпания и в гипнозе. При засыпании (Jung, 1954) словесный раздражитель вызывал реакцию активации — в ЭЭГ появлялись альфа- и бета-волны и уменьшались медленные колебания. Исследования с использованием гипнотического внушения показали возможность и уменьшения, и увеличения ЭЭГ-эффекта на словесные раздражители (М. Н. Ливанов, И. В. Стрельчук, А. М. Мелехова, 1963; М. П. Невский, 1954; Loomis, Harvey и Hobart, 1936).

ЭЭГ-изменения в виде депрессии альфа-ритма наблюдались при показе рисунков (Jasper, Shagass, 1941; Williams, 1939; Golla, Hutton and Walter, 1943), мысленном воспроизведении изображений (Walter a. Yeager, 1956). Мысленное воспроизведение движений вызывало блокаду роландического ритма (Gastaut, 1952;

Magnus, 1954). Снижение амплитуды волн ЭЭГ наблюдалось при запоминании цифр (Л. А. Новикова, 1955).

Депрессию альфа-ритма оказалось возможным наблюдать в самых различных ситуациях — связанных с просмотром кинофильма (Gastaut a. Bert, 1954; Faure и Cohen-Seat, 1954; Lelord, 1957; Verdeaux a. Verdeaux, 1955), при воспроизведении одного из компонентов искусственно созданной мысленной ассоциации (Laufberger, 1950) и т. п. В тех случаях, когда у испытуемых, просматривающих кинофильм, исходно в ЭЭГ регистрировался роландический ритм, а поведение актеров на экране было очень динамичным, можно было наблюдать не только подавление, но и усиление этого ритма.

Большое количество исследований проведено с записью ЭЭГ при счете в уме и при решении арифметических задач (Mundy-Castle, 1957; И. А. Пеймер, 1960; А. А. Генкин, 1963; М. Н. Ливанов, 1962; М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, 1966; Glass, 1964, 1965; Е. Ю. Артемьева и Е. Д. Хомская, 1966; Volavka et al., 1967; Vogel et al., 1968, и др.). Наиболее постоянно в этих условиях наблюдалась депрессия альфа-ритма, причем в ряде работ (но не всегда!) отмечалась прямая зависимость трудности выполняемого задания и выраженности депрессии альфа-ритма (И. А. Пеймер, 1960). Исследование ЭЭГ у здоровых лиц и у больных в процессе опознавания образов при различной длительности экспозиции подтвердило зависимость изменений ЭЭГ от концентрации внимания, от эмоционального и психического напряжения (Е. А. Жирмунская, Е. С. Бейн, В. Н. Волков, 1969).

В условиях психического напряжения нередко отмечалась отчетливая динамика бета-волн — увеличение их выраженности (Kennard, Fister, Rabinovitsh, 1955; Mundy-Castle, 1957; Е. С. Бейн и др., 1967; Volavka et al., 1967) или, наоборот, уменьшение бета-индекса. В сравнительно большом количестве исследований отмечалось и усиление тета-волн у ряда лиц при интеллектуальной деятельности (Arellano и Schwab, 1950; Brazier a. Casby, 1952; Mundy-Castle, 1957; И. А. Пеймер и А. А. Фадеева, 1957; Liu-Schih-yih и др., 1964; А. Н. Брендстед, 1966; Е. С. Бейн и др., 1967; Vogel и др., 1968, и др.), а также появление «каппа-ритма» (Kennedy, Gottsdanker, Arnington, Gray, 1948; Liu-Schih-yih и др., 1964). И в то же самое время в ряде проведенных исследований указывается, что некоторые изменения ЭЭГ при умственной деятельности могут в значительной мере определяться артефактами, а во многих работах отмечается, что у некоторых лиц в условиях интеллектуальной деятельности ЭЭГ, по крайней мере, видимо, не перестраивается (Е. Ю. Артемьева, Е. Д. Хомская, 1966, и мн. др.). Однако во всех случаях, если изменения ЭЭГ обнаруживались при психологических пробах, они были распространенными, хотя и могли быть в каких-то определенных областях преимущественно выраженными (Adey, 1969).

Известное внимание было уделено изменениям не только спонтанной ЭЭГ, но и вызванных потенциалов при психической

деятельности (И. А. Пеймер, В. А. Егоров, М. Л. Модин, Э. В. Бондарев, Н. А. Говорова, Э. Ф. Васильева, 1966; Sharman, 1966; Shagass, Canter, 1966, и др.). Особенно убедительно и демонстративно разница вызванных потенциалов в зависимости от связи стимула с каким-либо из видов интеллектуальной активности показана в работе Шарман — вызванный ответ на значимые раздражители был несравненно более отчетливым, чем на незначимые. Gréy Walter (1967), регистрировавший вызванные потенциалы с различных областей мозга человека с помощью вживленных электродов, подчеркивает, что множественность зон неспецифических ответов свидетельствует о вовлечении (и возможности вовлечения) обширных областей мозга в процесс высшей интеграции.

Большая часть исследований ЭЭГ при психической деятельности, равно как и изучение ЭЭГ при некоторых психических состояниях и условнорефлекторных реакциях, были проведены с использованием лишь визуального анализа. Однако в некоторых работах с целью получения данных о количественной стороне развивающихся перестроек для выявления изменений ЭЭГ, ускользающих при визуальном анализе, а также для уточнения области преимущественных изменений использовались приемы математического и инструментального анализа (Shipton a. Walter, 1957; Mundy-Castle, 1957; Kennard, 1953, Kennard et al., 1955).

С использованием многоканального многостороннего анализа биопотенциалов мозга человека при ассоциативном эксперименте, решении арифметических задач, тестов Роршаха, Крепелина, Бурдона и др. было проведено исследование Storm van Leeuwen с соавт. (1963).

Данные ЭЭГ оценивались с учетом субъективной реакции исследуемого лица. Это исследование, однако, скорее продемонстрировало возможности анализа, чем его результаты, и не шло ни в какое сравнение с последующими, действительно практически исчерпывающими вопрос работами Storm van Leeuwen и др. (1965) по сопоставлению поведенческих и ЭЭГ-реакций, проведенных в экспериментах на собаках.

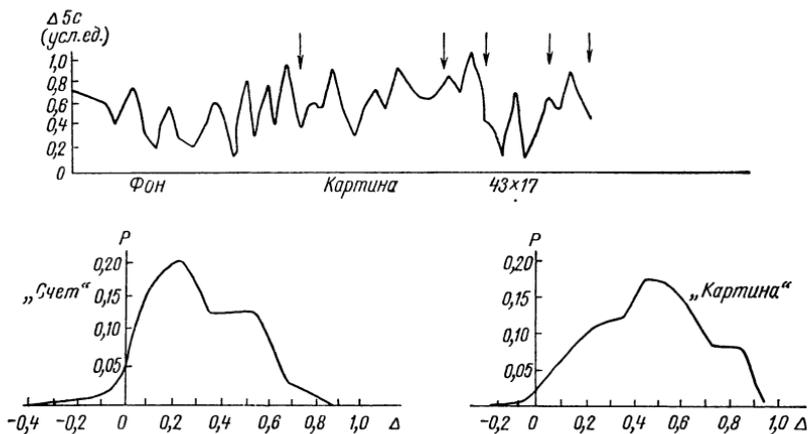
Использование тех приемов анализа биопотенциалов мозга, где представлялись результаты частотной или частотно-амплитудной обработки ЭЭГ и не делалось попытки извлечения из ЭЭГ каких-либо особых сведений, позволило уточнить данные визуального наблюдения и оценить не только качественную, но и количественную сторону динамики биопотенциалов мозга (Creutzfeldt, 1969). Этот анализ не внес чего-либо принципиально нового в изучение связи ЭЭГ-динамики и нервных процессов, развивающихся при условнорефлекторных реакциях и психологических пробах.

Данные, которые было действительно невозможно получить лишь при визуальном анализе ЭЭГ, представило изучение соотношения биопотенциалов в различных отделах мозга при психической деятельности. Извлечение этой информации из ЭЭГ

приемом кросскорреляции (Walter, 1953; Darrow, Wilson, Vieth, Malle, 1960) показало, что при арифметическом счете синфазность биопотенциалов в ЭЭГ центральной и теменной области выше, чем синфазность теменной и затылочной областей. В покое наблюдались обратные отношения. Особый интерес в этом плане представляют работы, проведенные с использованием кросскорреляционного анализа биопотенциалов 50 и более отведений (М. Н. Ливанов, 1962б, М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, 1966). В этих исследованиях показаны общие и местные изменения синхронности биопотенциалов в покое, при интеллектуальной деятельности у здоровых лиц, специфика динамики биопотенциалов лобных отделов мозга в этих условиях и особенности взаимоотношений биопотенциалов в покое, при бреде и интеллектуальной активности у психически больных. В этом случае, по существу, изучались также особенности функциональных изменений больших областей мозга, причем даже так называемые местные изменения являлись перестройками биопотенциалов в пределах долей мозга.

Обобщение многолетних исследований (М. Н. Ливанов, 1972) показало, что в покое у здорового человека 50% точек коры работают независимо, 45% слабо синхронизированы, 2,2% — высокосинхронизированы, причем в этом случае синхронизированно работают соседние участки мозга. При умственной и физической работе наблюдается резкое увеличение количества участков, работающих синхронизированно, а число независимо работающих участков сокращается. При этом отмечается не только общее увеличение сильных и слабых корреляций, но и перераспределение корреляций, причем изменения зависят от сложности задачи. На фоне приема аминазина уменьшается число корреляций и увеличивается время решения задачи. Число корреляций при неврозах выше, чем в норме, «стимуляция большого пункта» (предъявление эмоциогенного слова) вызывает обычно увеличение корреляций, хотя может и уменьшить их. По этим данным создается впечатление, что в увеличении (изменении) корреляций значительную роль играет развитие эмоциональных состояний. М. Н. Ливанов вновь подчеркивает, что корреляционные отношения отражают не связи, а условия, делающие возможными их реализацию. На основе своих, теперь уже многочисленных, данных исследований нейрофизиологии здорового и больного человека М. Н. Ливанов подчеркивает и развивает представление о роли взаимодействия многочисленных корковых пунктов в мозговом обеспечении функций.

В некоторых исследованиях были предприняты специальные попытки извлечения из ЭЭГ информации об изменениях, развивающихся в коре в области соответствующих «представительств» высших функций при психологических пробах. В исследованиях А. А. Генкина (1961, 1964, 1966) и использовавших предложенный им способ анализа ЭЭГ Е. Ю. Артемьевой и Е. Д. Хомской (1966) была показана возможность установить изменения



5. Динамика соотношения восходящих и нисходящих фаз биопотенциалов при психической деятельности (по А. А. Генкину).

Вверху — данные этой динамики в теменно-затылочной доле головного мозга человека; внизу — распределение асимметрий при различных видах психической деятельности.

соотношений восходящей и нисходящей фаз биопотенциалов нередко «определенного пространственного и временного рисунка» у отдельных лиц, как будто характерные для данного вида психической деятельности (рис. 5). Особенно убедительно изменения в мозгу улавливались не просто при анализе соотношений фаз, а при вычислении коэффициента взаимодействия фаз и построении векторов длительности фаз.

Эти данные могут быть сопоставлены с приведенными выше наблюдениями об отражаемом в ЭЭГ-взаимодействии дистантных влияний с локальным функциональным состоянием мозга (на примере патологического очага) в процессе условнорефлекторной деятельности.

Как будто удавалось также улавливать специфические изменения в ЭЭГ при психической деятельности способом синхронного детектирования (Е. Л. Войтинский и В. А. Прянишников, 1966). Adey (Adey, Danlop, Hendrix, 1960) настаивает на возможности извлечения из ЭЭГ, если и не специфической, то все же тесно связанной с ней информации при условнорефлекторной деятельности (в эксперименте). Так, в частности, Adey и сопр. было показано, что данные кросскорреляции электрических процессов коры и гиппокампа и электрических процессов разных точек гиппокампа позволяют наблюдать специфические явления в мозгу при образовании временных связей.

Однако можно отметить, что при многолетнем применении, в том числе и очень тонких, специальных методов анализа ЭЭГ, акцент все же постепенно переносится с подчеркивания локальных изменений биопотенциалов на значение общих их перестроек, причем местным изменениям отводится уже более скром-

ная роль части общих (К. А. Генкин, 1966; Е. Ю. Артемьева и Е. Д. Хомская, 1966).

Надо признать, что современные методы анализа позволили довольно тонко дифференцировать различные состояния по ЭЭГ человека (Adey, 1970; Berkhout, Walter, Adey, 1969; Э. С. Бейн, Е. А. Жирмунская, В. Н. Волков, 1971).

Инструментальный и специальный математический анализы, таким образом, подтвердили наличие изменений ЭЭГ у человека при психической деятельности. Они в то же время не опровергли, а скорее (за редким исключением) подчеркнули распространенность развивающихся изменений в коре, закономерность перестроек ЭЭГ не только при простых условнорефлекторных реакциях, но и при психологических пробах на больших площадях коры. В нейрофизиологическом плане подавляющее большинство сказанного по поводу сущности изменений ЭЭГ при условнорефлекторной деятельности может быть отнесено и к изменениям ЭЭГ при психологических пробах. Известным различием явились большая дробность и большая полиморфность изменений ЭЭГ при собственно психологических пробах. Однако инструментальный и математический анализы подчеркнули, что, хотя при психологических пробах и удается отмечать локальные изменения ЭЭГ, развитие этих локальных изменений биопотенциалов всегда является частью общих перестроек биоэлектрической активности. Таким образом, и ЭЭГ-изменения при психической активности также отражали не только и не столько деятельное состояние отдельных структур, сколько общие изменения в мозгу, связанные, по-видимому, с оптимизацией условий для деятельности.

Это положение определялось, по-видимому, не только особенностями изучаемой деятельности, но и свойствами избранного физиологического параметра — ЭЭГ.

Нельзя полностью исключать и еще одного возможного механизма, лежащего в основе массивности изменений ЭЭГ, а следовательно, и в основе перестроек функционального состояния мозга. Эта динамика могла бы быть объяснимой, если бы действительно один из «языков мозга» (Pribram, 1971) и, в частности, язык долгосрочной памяти был бы основан на принципе, сопоставимом с голографическим.

ЭЛЕКТРОСУБКОРТИКОГРАММА ПРИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБАХ ЗНАЧЕНИЕ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализ данных прямого отведения ЭЭГ с поверхности мозга человека при психологических пробах проведен в отдельных исследованиях (А. А. Генкин, 1964; Charman, 1966).

Действительно, систематическое изучение динамики электро-субкортикограммы при психической деятельности в условиях ее

прямого отведения от мозга человека оказалось возможным после введения в практику метода вживленных электродов, получившего доступ в клинику после почти столетнего использования в эксперименте (Л. П. Симонов, 1866). Применение вживленных электродов для диагностики и лечения гиперкинезов, эпилепсии, психических болезней и некоторых других заболеваний насчитывает сейчас уже историю более двух десятилетий (Bickford и др., 1953, 1958; Heath, 1954; Meyers и др., 1959; Bastes, 1961; Sem-Jacobsen, 1961, 1968; Walter a. Grow, 1961; Н. П. Бехтерева, К. В. Грачев, А. Н. Орлова, С. Л. Яцук, 1963; Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, А. И. Трохачев, 1967; Н. П. Бехтерева, 1972, и мн. др.).

Прошедшие годы позволили не только использовать в клинике уже известные из эксперимента огромные возможности вживленных электродов, но и определить круг ограничений метода применительно к новым условиям его использования. Особые требования клиники явились стимулом к существенному усовершенствованию самой методики. Эти усовершенствования оказались наиболее значительными в двух аспектах — в аспекте облегчения, ускорения и уточнения расчетов координат введения электродов во время самой операции (что было осуществлено при использовании ЭВМ — Ю. Г. Иванников, В. В. Усов, 1967) и в аспекте послеоперационного уточнения индивидуальных структурно-функциональных отношений мозга (Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, А. И. Трохачев, 1967). Возможности в этом последнем плане значительно возросли тогда, когда желаемого результата научились достигать не только электрическими воздействиями через вживленные электроды, но и более тонким и значительно более щадящим способом — исследованием различных параметров жизнедеятельности мозга при соответствующих функциональных пробах.

Этот прием в варианте регистрации электросубкортикаграммы (ЭСКОГ), медленных электрических процессов (МЭП), отражающих динамику постоянного потенциала, сопротивления в ткани мозга и процесса поляризации золотых электродов, условно иногда обозначаемых в форме так называемого постоянного потенциала (ПП), наличного кислорода (O_2a) и импульсной активности (ИА) с вживленных электродов при двигательных пробах — пассивных и активных движениях, — оказался исключительно эффективным для уточнения отношения различных структур к мозговой системе организации движений (В. Б. Гречин, 1966; А. И. Трохачев, 1965, 1966). Наиболее выгодными параметрами для решения этого вопроса оказались МЭП, O_2a , ИА. При записи динамики этих показателей при повторных двигательных пробах наблюдалась воспроизводимость развивающейся реакции, что очень отчетливо выявлялось при суперпозиции ряда последовательных отрезков кривых. (Вполне понятно, что сравнение реакции ИА осуществлялось после соответствующей обработки.)

Используя принципиально такой же подход, оказалось возможным изучить и связь различных образований мозга с психической деятельностью. Различные физиологические показатели оказывались избирательно или преимущественно полезными в отношении разных аспектов изучаемых явлений.

Таким образом, наблюдения за изменениями жизнедеятельности мозга и всего организма в целом при электрических воздействиях на мозг через вживленные электроды и анализ протекающих в мозгу процессов, регистрируемых с помощью тех же электродов, в сочетании составили комплексный метод, схема которого представлена на рис. 2.

Наибольшее количество исследований проведено в настоящее время с записью электросубкортикограммы при психологических пробах и при развитии спонтанных и вызванных психических и психопатологических явлений. Появление спайков в глубине лобной доли при возбуждении и галлюцинациях и спайков в гипоталамусе при возбуждении наблюдали Sem-Jacobsen и соавт. (1953, 1956), Hodes и соавт. (1954) и др. Sem-Jacobsen наблюдал также подавление определенных видов ритма, близкого к альфаритму, при чтении книги. Penfield и Jasper (1954) наблюдали развитие амнезии при эпилептическом разряде в одной из миндалин. Сочетание биоэлектрических эффектов в области крючка с развитием спутанности сознания наблюдала Brazier (1966). Анализ электрических явлений коры, обонятельного мозга и базальных ганглиев человека провел с помощью ЭВМ Charman (1966). Электрокортикограмма (ЭКоГ) и ЭСКоГ изучались во время обучения, эмоций, тестов на память и других проб у больных с эпилептическими гиперкинезами, болями и хроническими психозами.

Kamp, Schriger, Storm van Leeuwen (1972) наблюдали вспышки бета-ритма в нижних отделах фронтальной коры у больных с вживленными электродами, причем эти вспышки усиливались в ситуации, когда больной должен был «предсказать» какие-либо события. Исследователи высказали гипотезу о том, что вспышки бета-ритма отражают кратковременное внезапное снятие напряжения.

В отличие от исследований с «психологическим уклоном», где, как правило, весьма разнообразились психологические пробы, а потому физиологические данные трудно поддавались сравнению и анализу, в наших работах центром тяжести явился физиологический аспект исследований. Анализу подвергались преимущественно физиологические показатели, количество используемых психологических тестов ограничивалось, а результаты их выполнения учитывались лишь в той мере, в какой это было необходимо для анализа динамики физиологических параметров.

Основным из использованных психологических тестов в проводимых исследованиях был тест на краткосрочную оперативную память — типа пробы Бине. В этом случае физиологическая динамика мозга (ЭСКоГ, МЭП, O_2a , ИА) регистрировалась до пробы, во время предъявления цифрового ряда, известных или неизвестных слов, или квази-слов, или ряда триграмм, во время удержания их в памяти, повторения задачи (по приказу «повторить») и в период последствий. В некоторых случаях проба усложнялась (вариант В. М. Смирнова, 1968) — произносились однозначные цифры, которые больному надо было вычитать или складывать в уме, и воспроизводился (через те же $10-30 \pm 2-3$ с) лишь конечный результат ряда таких операций. Реже применялась задача прибавления в уме нечетного однозначного числа (например, 3) к какому-то заданному при требовании произнесения вслух либо только четного, либо только нечетного результата. Мозговые механизмы эмоциональных реакций изучались в целом принципиально тем же путем, но при использовании специально

эмоциогенных тестов (В. М. Смирнов, 1963—1968). Основными пробами являлись предъявление эмоциогенных слов, карт Роршаха, воспроизведение эмоционально значимых ситуаций и т. п.

Тесты на оперативную память использовались как прошедшие большую проверку временем стандартные психологические пробы. Это в известной мере позволило в связи с задачами чисто физиологического плана отвлечься на данном этапе от собственно психологического аспекта исследования.

Изменения электросубкортикограммы при психологических пробах были более или менее отчетливы — частота и амплитуда ее составляющих на разных этапах проб более или менее отличались от исходных. Эти изменения могли быть очень существенными, и тогда создавалось впечатление, что динамика ЭСКоГ выявляла образования мозга, имеющие первостепенное значение для данного вида деятельности. Наоборот, в других образованиях мозга изменения ЭСКоГ при психологических пробах визуально практически не улавливались, что могло бы явиться основанием для суждения об отсутствии связи этих вторых образований с психической деятельностью (рис. 6).

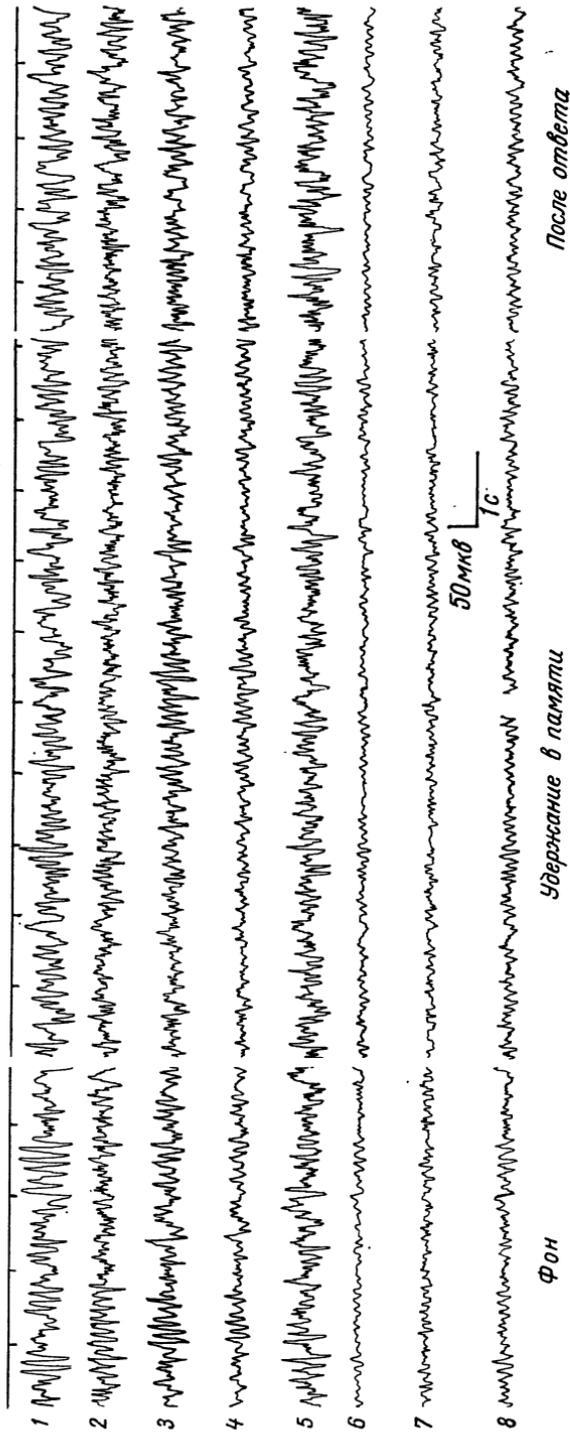
Однако так же, как и в отношении ЭЭГ, при исследовании ЭСКоГ обнаружилось, что выраженность изменений в какой-то области значительно чаще была связана с состоянием структуры, чем с использованной пробой.

Это положение, как известно, широко используется в клинической электроэнцефалографии — самые различные функциональные пробы могут способствовать обнаружению очагового патологического процесса по ЭЭГ вне прямой зависимости от его локализации (сказанное, естественно, не исключает и не умаляет избирательного локальнодиагностического значения некоторых функциональных проб).

Сравнение ЭСКоГ, полученных при применении различных функциональных проб, показало, что изменение ЭСКоГ могло быть выраженным вне прямой связи с характером раздражителя и не обязательно быть наиболее выраженным при психологических пробах.

Рисунок ЭСКоГ при психологической пробе обнаруживал, таким образом, прямую связь с исходной ЭСКоГ и не был одинаковым, повторяющимся при повторении проб — не обладал чертами убедительной воспроизводимости. Использование приемов математической обработки данных способом измерения относительной длительности восходящих и нисходящих фаз волн по А. А. Генкину (Н. П. Бехтерева, А. А. Генкин, Н. И. Моисеева, В. М. Смирнов, 1965) подтвердило лишь достоверность отличия ЭСКоГ при реализации психологических проб от фона. Условия, искусственно созданные в виде отбора лиц со сходными ЭЭГ при исследовании динамики ЭЭГ при условнорефлекторных реакциях (Gastaut и соавт., 1957), привели, таким образом, как видно из этих данных, действительно к результату, имеющему сугубо частное значение.

Обработка ЭСКоГ с помощью получающего сейчас все большее распространение приема анализа, основанного на принципе



6. Электросубкортикаграмма при психологической пробе на оперативную

Фон

использования возможностей специалиста и ЭВМ (Н. И. Моисеева и В. А. Орлов, 1965), позволила показать наличие изменений в ЭСКоГ в процессе реализации психологической пробы и в тех отведениях, где рассмотрение одной ЭСКоГ не обнаруживало отчетливой динамики.

Сдвиги в ЭСКоГ в различных ядерных образованиях наблюдались в форме перестроек рисунка биоэлектрической активности в пределах всего спектра биопотенциалов. При этом в зависимости от исходного фона очень отчетливыми могли быть различия в рисунке ЭСКоГ на предъявление пробы и во время ответа. Так, например, в отведении миндалины-скорлупа на предъявление пробы могло происходить значительное усиление дельта-активности, при ответе — доминировала альфа-активность и т. д. При других количественных соотношениях изменений ЭСКоГ-составляющих принципиально такая же картина наблюдалась в области гиппокампа. В случае, когда требовалось мысленно отвечать на задание (не произнося ответа вслух), характерным для вышеприведенных образований могло быть и усиление бета-активности. При неправильном ответе в этих же структурах более выраженной становилась тета-активность и т. д. Статистическая обработка ЭСКоГ обнаружила, что при различии каждого конкретного рисунка ее при одном из использованных видов психологических проб (например, при прибавлении нечетного числа к любому исходному и произнесении только четных или нечетных ответов) суммарная тенденция ЭСКоГ-изменений могла отражать отчетливые отличия в зависимости от характера ответа — произнесения или непроизнесения его.

Факт этот привлекает внимание в свете связи характера изменений других физиологических показателей мозга (Н. П. Бехтерева, А. И. Трохачев, 1966б) с качеством ответа, хотя, естественно, эти различия могут быть связаны и с сущностью физиологических механизмов, лежащих в основе реализации различных вариантов пробы, — и с наличием или отсутствием моторного компонента в реакции и т. д.

Как указывалось выше, конкретный рисунок изменений ЭСКоГ не был воспроизводимым при повторных пробах.

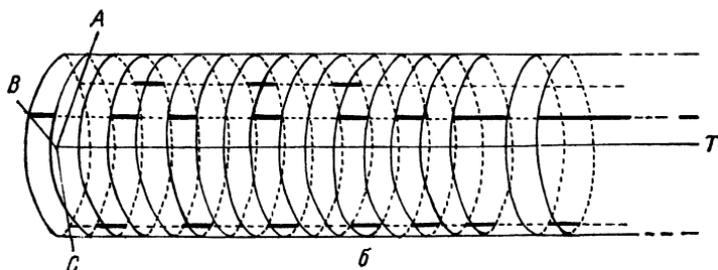
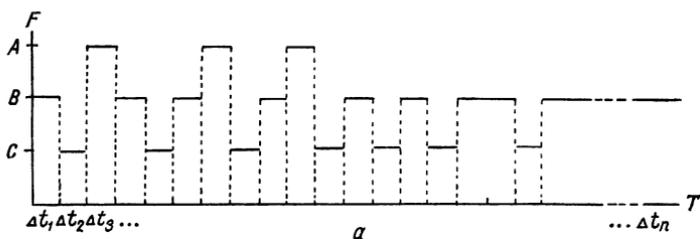
В то же самое время повторение использованных психологических проб с большим постоянством приводило к развитию изменений ЭСКоГ, что вполне понятно, так как в этой психологической пробе всегда присутствовал фактор новизны, стимулирующий активацию внимания больного (это последнее положение никоим образом не выделяет использованную пробу из ряда психических деятельностей человека, так как очень многие из них, если не все, всегда содержат этот элемент новизны). Этот факт нередко обнаруживался уже и при регистрации ЭЭГ при психологических пробах, однако именно в условиях прямого отведения биопотенциалов от мозга человека и соответствующей обработки данных он приобрел значение закономерности и мог явиться поводом к рассмотрению его физиологического значения.

Это рассмотрение представляется целесообразным прежде всего в ряде основных аспектов. Так, зависимость изменений ЭСКоГ в этом случае от исходного фона является еще одним подтверждением того, что биоэлектрические явления, регистрируемые в ЭЭГ, по-видимому, не только (и не столько) отражают происходящее в мозгу, но и служат поддержанию определенного функционального состояния структур мозга — может быть, управляют этим функциональным состоянием (см. выше), устанавливая, а затем поддерживая его на необходимом для протекания какой-то данной деятельности уровне — хотя, может быть, и не в строго индивидуальном, а в каком-то типовом плане (Н. П. Бехтерева, В. В. Зонтов, 1961). Вполне естественно на основе подобной точки зрения рассматривать данные об изменениях ЭСКоГ при психологической пробе, полученные при статистической обработке, как отражающие количественно измеренный сдвиг, характеризующий оптимизацию системы (мозга) применительно к данным вызванным (созданным) условиям.

Естественно, что приведенная трактовка на сегодняшний день все еще больше возможность, чем действительность, хотя и возможность весьма вероятная. Необходима дальнейшая детальная математическая обработка ЭСКоГ как при самых различных, так и при сходных деятельности, равно как и разработка приемов анализа ЭСКоГ, позволяющая сравнивать результаты исследований у разных больших с поправкой на характеристику фоновой ЭСКоГ.

С другой стороны, приведенная трактовка в общем плане не нова, так как является еще одним аспектом известного положения о необходимости определенного функционального состояния центральной нервной системы для различных видов деятельности. Таким образом, если рассматривать вопрос с точки зрения развития при психической деятельности определенного, оптимального для данной активности при данных исходных условиях, отражаемого в ЭСКоГ функционального состояния, представления эти принимают уже и совсем знакомый («приемлемый») вид.

Как же будут происходить события в мозгу, если должна развиться другая, новая деятельность? Вполне естественным на основе рассмотрения этого вопроса будет ответ о том, что в этом случае функциональное состояние мозга (отражаемое в ЭСКоГ) должно измениться. А отсюда вряд ли с достаточными основаниями можно возражать против предположения о том, что в какой-то данный минимальный отрезок времени, когда мозг настроен на одну психическую деятельность, когда многие его структуры вовлечены в эту деятельность, а другие готовы обеспечить ее развитие (и именно ее!), другая сложная психическая деятельность невозможна. Таким образом, одновременно происходит и может происходить в мозгу только одна сложная психическая деятельность. Известный еще со времен Юлия Цезаря феномен одновременности осуществления ряда деятельностей феален, но он не происходит по принципу одномоментного осу-



7. Схема, иллюстрирующая динамику изменения функциональных состояний мозга, оптимальных для разных видов деятельности.

a — процесс представлен в двумерной системе координат; *b* — то же в цилиндрической системе. *A, B, C* — различные деятельности. По оси абсцисс — динамика процессов во времени. По оси ординат на верхнем графике и на поверхности цилиндра на нижнем графике условно представлены уровни функционального состояния мозга.

ществования всех этих деятельностей. В каждый данный момент реализуется лишь одна из них, а одновременность ряда активностей обеспечивается быстрым и оптимальным (в смысле минимальных потерь!) переключением с одной деятельности на другую. В павловском смысле такого рода переключение, по-видимому, может происходить у лиц с подвижным и сильным типом высшей нервной деятельности. Для наглядности эти представления проиллюстрированы графически (рис. 7).

Вполне понятно, что уровни функционального состояния мозга приведены на верхнем графике условно. В действительности они представляют собой интегральные величины, элементами которых являются состояния всех участвующих в деятельности (и, вероятно, готовых к ней) структур мозга. Отсюда уровни *A, B, C* лишь схематично могут рассматриваться в представленном виде на оси ординат. Работая на основе возможностей многомерного пространства, мозг, естественно, «заслуживает» и использования ординат этого пространства при графическом изображении его состояний, где время представлено одной из ординат, а деятельность, отнесенная к состоянию, — другими. Попыткой изобразить графически данную ситуацию в менее далекой от реальности форме является нижний рисунок.

Приведенные положения об одномоментности одной деятельности легко могут быть проверены каждым при условии того, что

хоть одна из реализуемых деятельностей происходит в связи с объективно, независимо от субъекта, развивающимися событиями, постоянство связи субъекта с которыми может быть в дальнейшем проконтролировано им самим или любым другим лицом. Такого рода деятельностью, жестко «привязанной» к событиям, развивающимся вне субъекта, может быть мозговая активность, возникающая в связи с просмотром фильма, слушанием радиопередачи и т. п.

В интересах автодорожников, а не для изучения принципов физиологического обеспечения психической деятельности несколько лет назад в Англии был проделан следующий эксперимент: в определенный час, когда по радио передавали увлекательный рассказ, был установлен контроль за реакциями водителей на одном из сложных отрезков пути. Подавляющее большинство опрошенных в конце пути водителей были уверены, что ни на секунду не отвлекались от слушания текста. Однако все, кто правильно решил те дорожные задачи, для решения которых было недостаточно автоматических реакций, полностью «потеряли» куски текста, звучавшие по радио в эти мгновения. Те же, которые оказались в трудной дорожной ситуации не вполне адекватными, значительно полнее воспроизводили текст. (Эти данные были сообщены мне в 1967 г. в Бристоле Греем Уолтером, Реем Купером и др. при обсуждении вопроса об одномоментности только одной психической деятельности.) Этот эксперимент, по-видимому, свидетельствует об опасности слушания увлекательных передач при вождении машин; в очень доходчивой форме он иллюстрирует и особенности реализации мозгом психической деятельности.

Чем можно объяснить, однако, тот факт, что прерываемая (и прерывистая объективно) психическая деятельность может восприниматься субъективно, как непрерывная? Вероятно, понимание этого феномена лежит в принятии правильности высказывания математика А. И. Колмогорова (1969) о дискретности мышления. Исходно всегда дискретное мышление, субъективно воспринимаемое как процесс непрерывный, является основной предпосылкой для такой же субъективной оценки событий при попеременной реализации двух и более деятельностей. (Идея о дискретности психических процессов находит косвенное подтверждение в данных Stevens (1968) о дискретности выделения медиаторов.) Сейчас проведены исследования, где предприняты попытки доказать возможность протекания не одной, а многих деятельностей одновременно (Gomes, 1966). Эти исследования не исключают, однако, возможности одномоментного протекания только одной сложной деятельности, а использованные в них методические приемы не сравнимы с использовавшимися нами.

Исследование динамики других показателей жизнедеятельности мозга также подтвердило изменение функционального состояния его различных структур при психической деятельности — обнаруживались изменения уровня МЭП, O_2a , ИА. Изучение общих изменений в головном мозгу было дополнено этими материалами, однако в целом для решения именно вопроса о функциональном состоянии мозга основные материалы были получены с помощью ЭСКоГ, более динамичной, чем МЭП и O_2a . Понятно, что весьма плодотворным в тонкой оценке сущности

общих изменений в мозгу может оказаться дальнейший анализ динамики ИА — показателя, также динамичного.

Исследования с записью ЭЭГ с поверхности кожи черепа и непосредственно с мозга при простой (условные реакции) и более сложной (психологические пробы) условнорефлекторной деятельности гармонически дополнили друг друга. Представленный спектр исследований показывает некоторые нейрофизиологические аспекты психического в предельно простых, модельных и во все более усложняющихся условиях. Естественно, что очень многое в физиологическом анализе более простых психических явлений может быть отнесено и к явлениям более сложным. В то же самое время именно усложнение условий исследования и получение все более полноценных физиологических данных при прямом отведении биопотенциалов от мозга позволили не остановиться на рассмотрении только самых общих сторон вопроса.

Проделанный путь исследований определил место электроэнцефалограммы в ряду нейрофизиологических параметров как приемлемого и, по-видимому, адекватного показателя общих изменений в мозгу, развивающихся с более или менее дробной пространственной мозаикой, зависящей от исходного фона и реализуемой деятельности. Настоящий этап исследований, и прежде всего в связи с невоспроизводимостью полиморфного рисунка ЭЭГ, зарегистрированной в условиях прямого отведения при повторении тестов, заставляет рекомендовать максимальную осторожность в суждении по ней о структурно-функциональной организации изучаемой деятельности. Математические приемы анализа, часто первоначально подтверждавшие локальные изменения в мозгу, как правило, при продолжении исследований с большим постоянством подтверждали значение этих локальных изменений как части общих перестроек и, таким образом, преимущественную ценность ЭЭГ для изучения именно функционального фона мозга.

Функциональный фон мозга является частным проявлением общих гомеостатических реакций, где варьирующее в сравнительно небольших пределах «постоянство» внутренней среды организма является тем соматическим базисом, который определяет возможность осуществления всех поведенческих реакций — от обеспечивающих существование вида до сложнейших психических реакций, связанных с индивидуальной жизнью человека в социальной среде.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МОЗГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ МОЗГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Своего рода «классическим» приемом исследования тонких структурно-функциональных отношений мозга в эксперименте до самого последнего времени является наблюдение динамики проявлений спонтанной и заданной деятельности организма во время локальных электрических воздействий на головной мозг. Этим способом изучается центральная регуляция различных функций и делаются попытки выяснения мозгового контроля эмоциональных реакций животных в условиях острых и хронических экспериментов, а в последние годы, в связи с усовершенствованием телеметрии,— и в условиях свободного поведения.

Метод локальных электрических воздействий на головной мозг человека используется в нейрохирургической практике главным образом для уточнения эпилептогенного очага и области предполагаемого разрушения при гиперкинезах. Он применяется также в условиях длительного обследования больных при лечении способом множественных вживленных электродов. Результаты, полученные при локальных электрических воздействиях на мозг человека, дополнили, детализировали и углубили сведения, представленные анализом нарушений высших психических функций при очаговых патологических процессах мозга. Электрические воздействия на мозг позволили получить большой материал о мозговой структурной организации эмоционального контроля.

Хорошо известно, как много лет данные Olds (Olds et Milner, 1954, 1966), по существу, оставались исключительно интересным набором фактов, трактовка которых была в лучшем случае гипотетической. Действительное понимание субъективной сущности «зон наказания», «зон поощрения» и т. д. оказалось возможным после того, как при раздражении мозга человека стали наблюдаться эмоциональные реакции, в том числе и сопровождавшиеся развитием «влечения» к получению повторных раздражений (В. М. Смирнов, 1967) и являвшиеся иногда основой сложных поведенческих перестроек (Н. П. Бехтерева, К. В. Грачев, А. Н. Орлова, С. Л. Яцук, 1963; В. М. Смирнов, 1967).

Развитие эмоциональных реакций при электрических воздействиях на глубокие структуры мозга человека описано в работах:

Heath (1954, 1963), Peacock (1954), Monroe, Heath (1954), King и др. (1954), Heath и Mickle (1960), Sem-Jacobsen, Torkildsen (1960), Angeleri, Ferro-Milone, Parigi (1961), Spiegel, Wycis (1961), Delgado (1963, 1970), Delgado, Hamlin (1962), Sem-Jacobsen (1964, 1968), Н. П. Бехтеревой, К. В. Грачева, А. Н. Орловой, С. Л. Яцук (1963), van Buren (1963), В. М. Смирнова (1963—1969), Walter, Chapman, Porter (1964), Chapman (1966), Umbach (1966).

Изменения эмоционального состояния различного типа и различной степени выраженности приведены в обобщающем труде Sem-Jacobsen (1968), который делит эти изменения на девять типов:

1. Больной спокоен, у него появилось чувство «благополучия». Он может быть при этом немножко сонливым — положительная реакция I степени.

2. Состояние больного отчетливо изменено, настроение хорошее и появляется ощущение хорошего состояния. Он спокоен и доволен собой, часто улыбается. При этом наблюдается легкая эйфория, но поведение остается в пределах нормы. Он хочет повторения стимуляций — положительная реакция II степени.

3. Эйфория четко выходит за пределы нормы. Больной громко смеется, доволен собой, ему очень нравится стимуляция, и он хочет повторных стимуляций — положительная реакция III степени.

4. Больной становится беспокойным, напряженным или печальным — отрицательная реакция I степени.

5. Раздражительность может сочетаться со слабой депрессией. Больной чувствует себя несчастным, ему неуютно — отрицательная реакция II степени.

6. Больной подавлен, раздражителен или даже сердит, боится, иногда обижен, иногда плачет — отрицательная реакция III степени.

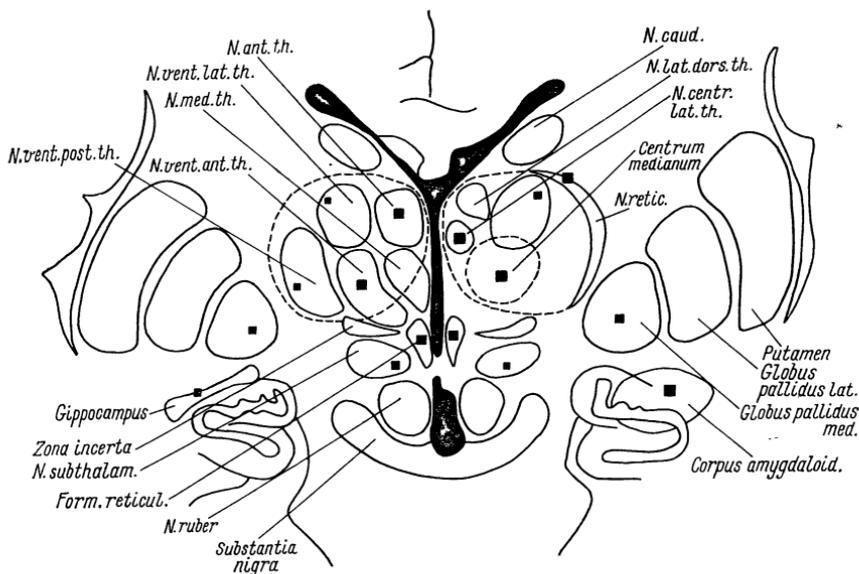
7. Внезапные эмоциональные вспышки позитивного или негативного типов.

8. Амбивалентность. Больному иногда нравится стимуляция, иногда — нет.

9. Реакция типа оразма с соответствующими изменениями настроения. Больной сначала положительно реагирует на стимуляцию, затем внезапно наступает такое полное удовлетворение, что он более или менее долгий период отказывается от стимуляций. Продолжение стимуляций в этот период определенно неприятно.

Sem-Jacobsen подчеркивает необходимость учета и анализа поведенческих реакций, так как далеко не во всех случаях словесный отчет больного оказывается достаточно надежным. Особенно показательным является стремление к повторным стимуляциям.

Эмоциональные реакции, развивающиеся в этих условиях, подробно, глубоко и систематично изучались В. М. Смирновым (в нашей лаборатории, ИЭМ АМН СССР). В развитие междуна-



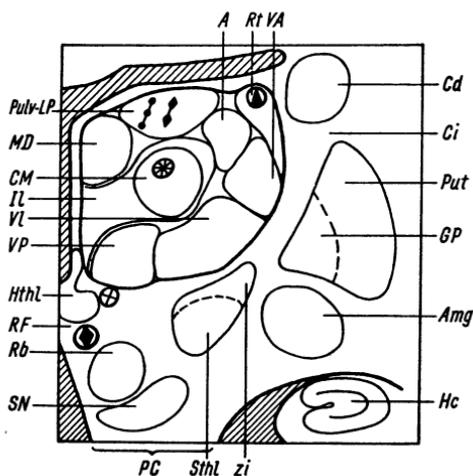
8. Схема мозга.

Черными квадратами помечены зоны, раздражение которых вызывало эмоциональные реакции. Большими квадратами отмечены области, раздражение которых вызывало эмоциональные реакции большей выраженности и с большим постоянством; маленькими квадратами — те зоны, при раздражении которых эмоциональные реакции развивались менее постоянно и были менее отчетливыми.

родного опыта в этом направлении и на основе его наблюдений оказалось возможным уже построить примерные карты структурно-функциональной организации эмоционального контроля у человека (рис. 8).

Анализ этих исследований показал, что эмоциональные реакции развиваются при электрических воздействиях на определенные мозговые структуры тогда, когда есть основания предполагать сдвиг постоянного потенциала в области воздействия (частая электрическая стимуляция, поляризация). Это положение было подтверждено прямыми измерениями постоянного потенциала мозга после тех же электрических воздействий (С. Р. Аврамов, 1965).

В. М. Смирновым (1970, и др.) в полном соответствии с данными Sem-Jacobsen отмечено появление различных эмоциональных реакций при раздражении глубоких структур, причем в отдельных случаях развивались более или менее стойкие поведенческие реакции. Накопление данных о стереотаксической семиологии глубоких структур мозга (В. М. Смирнов) позволило произвольно подавлять эти состояния, возникавшие в ходе диагностических воздействий через вживленные электроды. Так, например, чувство страха, возникшее при электрической стимуляции зоны на границе вентро-медиального отдела зрительного бугра и рострального отдела ствола привело к развитию стойкой



9. Схематическое изображение подкорковых структур, электростимуляция которых вызвала стойкие эмоциональные реакции или дезинтеграцию систем, обеспечивающих поведенческие реакции.

1 — при электростимуляции возникла фобия; 2 — фобия исчезла; 3 — возникновение навязчивого смеха; 4 — ликвидация навязчивого смеха; 5 — исчезновение фантомной боли и дефрагментация фантома; 6 — угашение фантома.

фрагментацию, «побледнение» и последующее исчезновение фантомно-болевого синдрома давностью в несколько десятилетий (В. М. Смирнов — в работе Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, Л. А. Мелючевой, В. М. Смирнова, 1972) (рис. 9).

Электрические воздействия на ряд подкорковых структур — срединный центр, переднее вентральное ядро, ретикулярное ядро таламуса, субталамическую область, свод, внутренний членик бледного шара и другие образования (Jung, 1954; Hassler, 1961; Umbach, 1961; В. М. Смирнов, 1967; А. Н. Бондарчук и В. М. Смирнов, 1969) — вызывали изменения того типа, которые в эксперименте оцениваются как изменения уровня бодрствования и изменения сознания. Эти наблюдения позволили показать, что стимуляция одних подкорковых структур (элементов хвостатого ядра — van Buren, 1963; Н. П. Бехтерева, Н. И. Моисеева, А. Н. Орлова, В. М. Смирнов, 1964, 1966; срединного центра зрительного бугра — В. М. Смирнов, 1967; А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнов, 1969) наиболее часто приводит к угнетению возможностей выполнения, по крайней мере, некоторых видов интеллектуальной деятельности. Так, раздражение хвостатого ядра в наблюдениях van Buren вызывало торможение речи, затруднение восприятия и даже помрачнение сознания. Раздражение хвостатого ядра и не-

фобии. Фобия была полностью снята последующей стимуляцией зоны в области срединного центра зрительного бугра. Развитие фобии в данном случае могло рассматриваться как возникновение устойчивого патологического состояния (Н. П. Бехтерева и А. Н. Бондарчук, 1968), преодоление которого оказалось возможным немедленно при изменении режима работы мозга, вызвавшего дезинтеграцию системы, обеспечившей появление данной поведенческой реакции.

С помощью стимуляции глубоких структур мозга удается достигать и дезинтеграции систем, обеспечивающих поведенческие реакции, возникшие на эмоциональной основе в условиях «естественной патологии». Так, лечебная электрическая стимуляция области подушки зрительного бугра вызвала де-

которых структур передней ядерной группы таламуса могло приводить к повышению числа ошибок при выполнении психологических тестов (Н. П. Бехтерева и соавт., 1964). Наоборот, угнетающие электрические воздействия (частая электрическая стимуляция, поляризация) в области того же срединного центра, а также вентро-латерального ядра могли приводить к увеличению психических возможностей, что было объективизировано в виде повышения порогов распознавания изображений с различными статистическими характеристиками (Л. И. Горелик, В. М. Смирнов, И. М. Тонконогий, 1969). В. М. Смирнов описывает также различные степени этого повышения «уровня бодрствования» при электрических воздействиях на глубокие структуры — вплоть до кратковременного развития гипоманиакального состояния.

Изменения речи при электрических воздействиях наблюдались как один из элементов изменения уровня бодрствования. При электрических воздействиях на глубокие структуры (различные таламические ядра, мезенцефальные отделы ствола, хвостатое ядро и другие образования) наблюдались также явления типа остановки речи, ее замедления, ускорения, изменения голоса, тональности речи, афазии (Sem-Jacobsen, 1965, 1968; Ojemann et al., 1968b; В. М. Смирнов и А. Н. Шандурина, 1969; Дельгадо, 1970). Воздействия на глубокие структуры левого полушария в наблюдениях Sem-Jacobsen вызывали и нарушения письма (аграфию).

При раздражении области, расположенной в 1,5 см от средней линии, вблизи лобной части мозолистого тела Sem-Jacobsen (1968) отмечал вокализацию.

Как известно, Penfield связывал наблюдавшиеся им явления активации памяти при стимуляции верхнелатеральных отделов височной доли с вовлечением в реакцию гиппокампа. Эти представления были подтверждены Walter и Crow (1964), наблюдавшими воспроизведение картин прошлого опыта при стимуляции миндалины и гиппокампа. В исследованиях Mahl и Delgado (цит. по Spegg, 1966) уточнено, что внешнее окружение может модифицировать эти вызванные переживания. Несмотря на то, что все же не исключена связь наблюдавшихся феноменов — или, по крайней мере, легкости их выявления — с болезненным состоянием мозга, трудно, по существу, возразить против того, что, производное от нормальных возможностей коры или ее болезненного состояния, это явление отражает некоторые стороны мозговых механизмов памяти. Существенные нарушения краткосрочной вербальной памяти при стимуляции латерального таламуса, теменной и височной области и подушки зрительного бугра слева наблюдали Ojemann и Fedio (1968a).

В настоящее время накоплен большой материал не только об активации, но и угнетении памяти при воздействии на подкорковые структуры.

Так, в работах Gerard (1961), Sem-Jacobsen (1965), Brazier (1966), Шарпан (1966), В. М. Смирнова (1968) приводятся

данные о том, что электрическое воздействие на покрывку среднего мозга, некоторые ядра таламуса, медиобазальные отделы височной доли и другие образования может вызывать развитие более или менее длительной амнезии.

В наблюдениях Sem-Jacobsen (1968) при раздражении глубоких структур мозга были воспроизведены два типа феноменов, описанных Penfield — типа воспроизведения картин прошлого и внезапного «переноса в прошлое». Феномены приобрели, таким образом, более общее значение, так как в этом случае не могли быть отнесены за счет эпилептической ауры — стимуляция проводилась у больных паркинсонизмом.

Электрическое воздействие на глубокие структуры мозга показало, что в этих условиях могут наблюдаться также многие психопатологические феномены. При стимуляции и поляризации глубоких структур мозга описано появление разного рода иллюзий, галлюцинаций, бредовых идей, агрессивных реакций, взрывов ярости, феноменов типа *deja vu* и др. (Umbach, 1961; Chapman, 1966; Jasper, Rasmussen, 1958; В. М. Смирнов, 1967; Delgado, 1970, и др.).

Понимание приведенных выше результатов лечебной электрической стимуляции глубоких структур мозга также невозможно без учета роли памяти в развитии и поддержании устойчивых патологических состояний и модуляции не только краткосрочной, но и долгосрочной памяти при воздействии на глубокие структуры. Дезинтеграция фобий, фантомно-болевых синдромов и других состояний, по-видимому, возникает за счет воздействия стимуляций преимущественно на долгосрочную память.

В исследованиях В. М. Смирнова (1967), В. М. Смирнова и А. Н. Шандуриной (1969) специальное внимание уделено расстройствам схемы тела при воздействиях на подкорковые ядра. Наступавшие кратковременные расстройства схемы тела, равно как и некоторые иллюзии, наиболее адекватно, по-видимому, могли бы быть поняты с точки зрения временного нарушения функционального состояния детекторов ошибок.

Большой интерес представили данные Albe-Fessard (1954), Spiegel, Wycis, Orchinick, Freed (1956), Penfield (1958), Chapman (1958), Bickford, Mulder, Dodge, Svien, Rome (1958) и В. М. Смирнова (1969), наблюдавших факты, которые можно было бы трактовать как изменение и нарушение «шкалы времени» при электрических воздействиях на мозг. Нарушения временной шкалы чаще всего проявлялись развитием более или менее продолжительной дезориентировки во времени, но могло наблюдаться и резкое ускорение и замедление различных действий. Весьма демонстративно это обнаруживалось в форме ускорения произнесения вслух цифрового ряда при раздражении медиобазальных структур височной доли (наблюдение В. М. Смирнова; см. работу Н. П. Бехтерева, А. И. Бондарчук, В. М. Смирнов, 1969) и в форме ускорения речи при стимуляции лобной доли (Sem-Jacobsen, 1968).

Эти материалы показывают, что мозговой контроль психических функций обеспечивает различные их стороны и в том числе развитие явлений во времени и масштаб этого времени. Эти данные свидетельствуют также о возможности обеспечения мозгом не одного, а многих различных масштабов времени.

Реальность возможности жизни мозга в разных системах времени, протекания психических явлений в иной системе времени, чем обычная, доказывается не только приведенными, хотя и объективными, но пока еще единичными наблюдениями, и также не только субъективно известной способностью нашей памяти в сложных, «стрессовых» жизненных ситуациях «пробегать» в короткие отрезки времени по следам длинного пути, и наконец, не только сходными явлениями при сновидениях. Два последних случая всегда могут быть подвергнуты критике с позиций избирательной отрывочности памяти в этих случаях, использования следов не полной цепи событий, а цепи представительных «отрезков» и, таким образом, оперированию в соизмеримом с обычным масштабе времени.

Более убедительной возможностью перехода в другие системы времени представляется наличие у отдельных людей исключительной способности за минуты или даже секунды оперировать умножением многозначных (шестизначных!) чисел, извлечением квадратных корней из девятизначных чисел и т. п. В том случае, если это никак не связано с умелым шарлатанством, это действительно поддается одному и только одному объяснению — счет осуществляется по обычным законам математических операций, но в другой системе времени. Многочисленные записи очевидцев, в том числе и медицинских специалистов, свидетельствовавшие о том, как известной такими способностями Араго (18...—1949) уставал за короткие (полчаса) сеансы такого счета, дают некоторые основания полагать, что в эти моменты не только структуры мозга, обеспечивающие счетные операции, но и весь мозг, а может быть, и весь организм, жили по другому времени. Пересчеты в отношении цифровых операций показывают, что «полчаса Араго» равнялись в лучшем случае непрерывной обычной работе в течение многих часов.

Такого рода способность «выходить за рамки обычного масштаба времени», по-видимому, реальна — и в то же самое время в связи с ее биологической опасностью, при вовлечении всего мозга или организма в существование по ускоренной (или замедленной) программе она, по-видимому, обычно прочно заторможена. Растворимание ее возможно как электрическими воздействиями на мозг, так и, вероятно, фармакологическими. Интересным при решении этой проблемы является получение ключа к эпизодической возможности ускорения времени в одной-двух функциональных системах. Это может оказаться при разумном подходе к вопросу не так опасно, как общее ускорение или замедление мозгового отсчета времени при жизни в обычных условиях. (Понятно, что общее ускорение может привести к быстрому износу особенно индивидуально малоустойчивых систем, а замедление резко понизит социальную приспособляемость человека.)

Приведенные (и многие аналогичные) данные подтверждают важнейшую роль подкорковых структур в обеспечении нормального протекания эмоциональных и психических реакций и их значение в разного рода психических нарушениях, подчеркивавшихся уже и в тех работах, которые базировались на данных, получаемых при очаговых поражениях мозга (Nielsen, 1958; Roberts, 1958, и др.).

В плане изучения мозговых механизмов эмоциональных и психических реакций электрическое раздражение мозга предста-

вило: 1) сравнительно большой (но, как видно будет позднее, далеко не полный!) материал о зонах мозга, имеющих отношение к центральному контролю эмоций; 2) сведения о наличии в мозгу структур, изменяющих возможности осуществления психической деятельности, и 3) очень интересные и разнообразные наблюдения различных психических феноменов, их изменений и изменений элементов этих феноменов. Этот последний материал представляется, однако, скорее сейчас еще в виде отдельных фактов, чем данных того рода, по которым могли бы быть построены хотя бы сугубо ориентировочные карты мозгового контроля психических функций.

В целом, однако, полученные с помощью электрических воздействий данные существенно расширили представление о структурно-функциональной организации мозга. Эти данные явились своего рода опорным материалом и были именно таким образом использованы в дальнейших, значительно более тонких исследованиях, проводимых с помощью оценки нейродинамики мозга при реализации соответствующих видов деятельности.

При изучении центральных механизмов эмоциональных и более дифференцированных психических реакций значительно более полные данные в условиях электрического раздражения были получены в отношении эмоционального контроля. Создавалось впечатление, что чем сложнее оказывалась психическая деятельность, тем меньшей полноты данные об ее организации могли быть получены при локальных электрических воздействиях.

Исследование структур, «точек» мозга, наиболее тесно связанных с реализацией психических функций, углубление изучения мозгового контроля эмоциональных и психических реакций оказалось возможным способом исследования воспроизводимости физиологических показателей состояния мозга при повторных реализациях психологических (в том числе эмоциогенных) проб. В связи с особенностями ЭСКоГ и отсутствием в настоящее время достаточно совершенных приемов анализа реакции с учетом ее зависимости от исходного фона и, таким образом, невозможностью получения в этом случае убедительно сравнимых результатов, для решения этой задачи использовались главным образом данные динамики медленных электрических процессов (МЭП или так называемого постоянного потенциала), наличного кислорода — O_2 и импульсной активности — ИА. Особые возможности представили многоканальные записи этих показателей. Исследования показали, что МЭП и O_2 являются весьма демонстративными показателями развития эмоциональных состояний (В. М. Смирнов, 1967; В. Б. Гречин, В. М. Смирнов, 1967). На основании анализа МЭП и O_2 при эмоциогенных пробах (воспроизведение эмоциогенных ситуаций способом эмоциогенных слов, вопросов, предъявлением карт Роршаха и т. п.) наблюдалось два основных типа изменений.

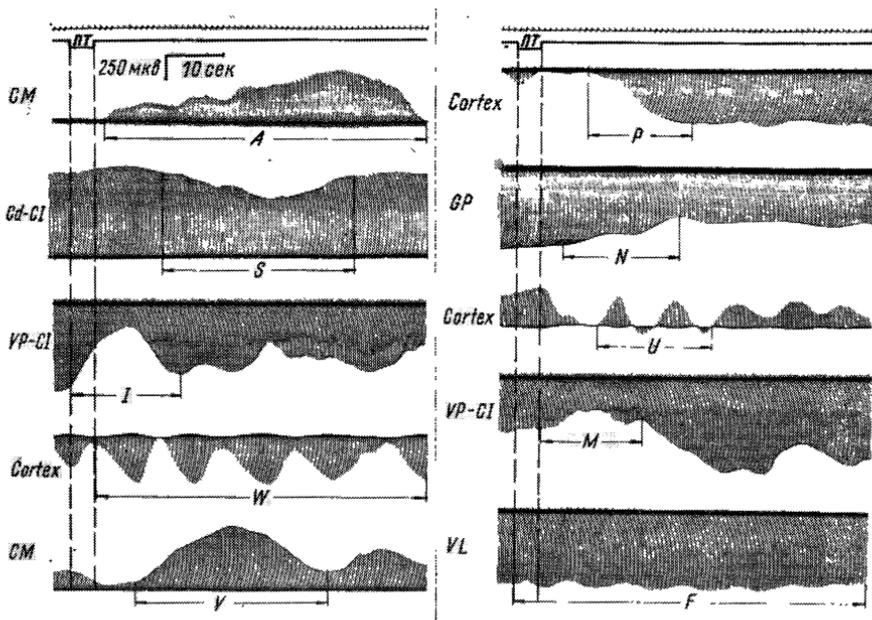
Изменения первого вида развивались спустя 0,3 с (от момента окончания действия раздражителя) и длились около 10—15 с. Они

характеризовались изменением рисунка колебаний МЭП, наблюдавшихся при спокойном бодрствовании, и иногда умеренным сдвигом уровня МЭП. Эти изменения не были связаны собственно с развитием эмоционального состояния и отражали состояние активации внимания, предшествующее развитию эмоций. Они наблюдались преимущественно в неспецифических ядрах зрительного бугра (переднее, медиальное, срединный центр), в миндалине, гиппокампе и менее отчетливо в вентро-латеральном ядре, бледном шаре, красном ядре, некоторых отделах коры. Если эмоция не развивалась, появившиеся изменения первого вида исчезали. Наоборот, при развитии эмоции эти изменения переходили в изменения второго вида, причем в большинстве случаев при сильных эмоциональных переживаниях направленность сдвига МЭП «коррелировала» с эмоциональной окраской реакции: положительный сдвиг МЭП наблюдался при отрицательных эмоциях, отрицательный, наоборот,— при положительных, хотя в ряде структур при отрицательных эмоциях наблюдался однозначный сдвиг МЭП. Эти сдвиги оказывались наиболее отчетливыми в неспецифических ядрах зрительного бугра (переднем, медиальном, срединном центре), в некоторых отделах вентро-латерального ядра, в субталамической области, гиппокампе, миндалине, бледном шаре, хвостатом ядре, в клеточных образованиях ножек мозга, в некоторых отделах коры (В. М. Смирнов и М. М. Сперанский, 1970).

Результаты динамики МЭП при эмоциогенных пробах не всегда могли быть представлены в виде суперпозиции — одна и та же эмоциогенная проба при повторении могла терять эффективность, данные предъявления различных эмоциогенных проб могли давать неполностью сопоставимые результаты. В этих исследованиях чаще всего можно было говорить о принципиальной воспроизводимости результатов на основе характера сдвигов и их направленности.

Однако анализ многолетних наблюдений медленных электрических процессов, их формы и амплитуды позволил В. М. Смирнову и М. М. Сперанскому (1972) создать своеобразную «азбуку эмоций» по динамике МЭП (рис. 10).

Специальный интерес результаты регистрации сдвигов МЭП при эмоциогенных тестах приобретают, если сопоставить их с эмоциональными реакциями, развивающимися при вызванном внешним электрическим воздействием сдвиге МЭП в мозгу. Регистрация физиологических показателей при эмоциогенных пробах представила более полный материал о структурах мозга, связанных с развитием эмоциональной реакции. Однако зона наибольших сдвигов МЭП при эмоциогенных тестах совпадала с областью, электрическое воздействие на которую вызывало развитие эмоциональной реакции. Можно утверждать, что использованные приемы электрических воздействий на мозг и исследование физиологических показателей мозга позволили получить в отношении эмоциональных реакций взаимоподтверждающие



10. Типичные компоненты ответов МЭП при психологических воздействиях, активирующих внимание и эмоциональное поведение.

Высокоамплитудные комплексные компоненты-волны: *A* — аппликационная волна, *S* — селлярная волна, *I* — *I*-волна, *W* — *W*-волна, *V* — *V*-волна; высокоамплитудные некомплексные компоненты-сдвиги: *P* — позитивный, *N* — негативный сдвиг МЭП; низкоамплитудные некомплексные компоненты: *U* — волны, ундуляция, *M* — монотонные волны (колебания), *F* — фоновая активность в ответе.

данные о структурно-функциональной канве эмоциональных реакций (рис. 11). Анализ направленности сдвигов МЭП при эмоциональных реакциях в основных, участвующих в реакции структурах (таламус, височные лимбические структуры и т. д.) дал основание по-новому рассматривать эмоционально-нейтральное состояние — оно соответствовало колеблющемуся в небольших пределах среднему, характеризующемуся определенным уровнем, состоянию этих образований. Исследования O_2a при эмоциогенных тестах (В. Б. Гречин и В. М. Смирнов, 1967) позволили также обнаружить отчетливые изменения уровня и, иногда, динамики потребления кислорода подкорковыми структурами, причем были уточнены не только принципиальные, общие особенности этих сдвигов, но и связанные с областью отведения. Так, появление правильных, «синусоидальных» или, реже, аperiodических многофазных колебаний относительно небольшой длительности, чаще всего сходного рисунка при отрицательных и положительных эмоциях, было характерным для вентрального, заднелатерального и вентро-латерального ядер зрительного бугра. Изменения O_2a в дорсо-медиальном ядре наблюдались с большим латентным периодом и лишь при наиболее значимых эмоциогенных тестах.

Изменения O_2a в ядрах зрительного бугра наблюдались и при повторении тестов. Наоборот, в красном ядре, в ряде случаев — в черной субстанции и в покрышке, реакции при повторении проб становились менее отчетливыми. Различие направленности сдвигов O_2a или их динамики (рисунок) в зависимости от знака эмоциональной реакции отмечено в покрышке, гиппокампе, миндалине, а также хвостатом ядре.

Понимание физиологических и в первую очередь нервных механизмов этих перестроек в мозгу, равно как и самих механизмов развития эмоциональных реакций при изменениях внешней и внутренней среды организма, по-видимому, наиболее правильно на основе учета фактора полифункциональности нейронных популяций и, отсюда, большого количества «афферентных приводов» к различным подкорковым структурам.

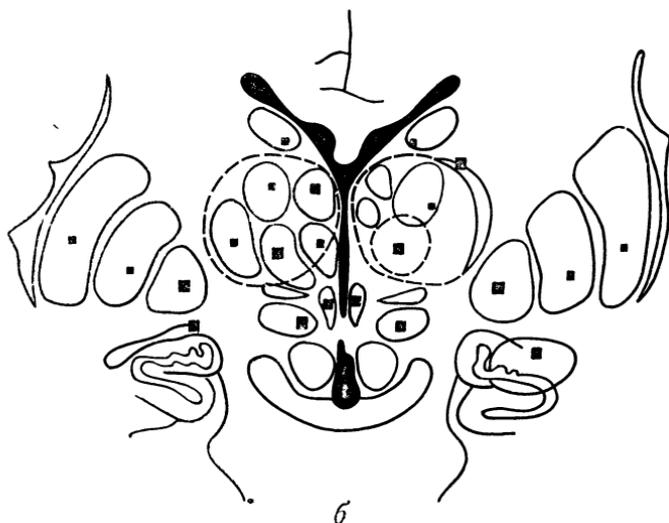
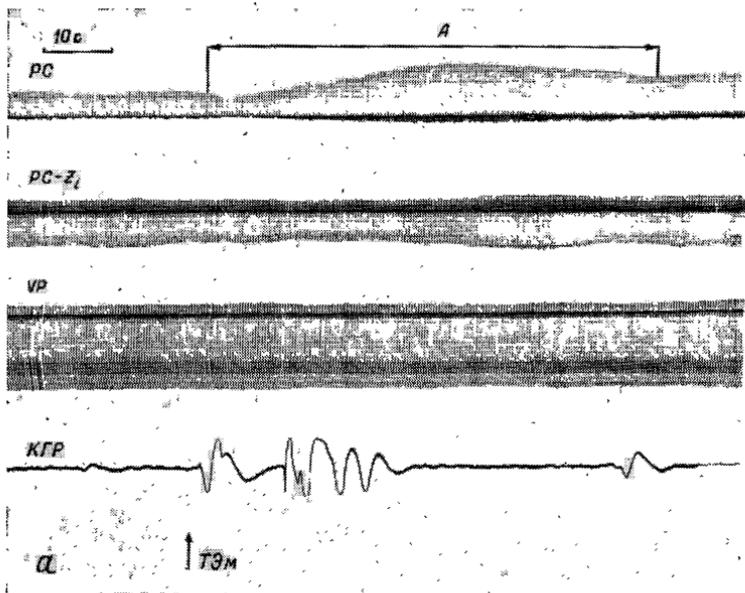
Исследования МЭП и O_2a при психологических пробах типа проб Бине и др. оказалось возможным уже почти всегда осуществлять способом суперпозиции отрезков кривых, т. е. собственно изучением воспроизводимости реакции. Исследование сравнимости данных импульсной активности осуществлялось на основе данных интегратора (Ю. К. Матвеев, 1971) после предварительного подсчета и соотнесения частоты импульсации в разные фазы пробы — к фоновой (Н. П. Бехтерева и А. И. Трохачев, 1967), а также на основе графиков, составленных в результате машинного (ЭВМ — В. А. Орлов) подсчета количества импульсов за определенные отрезки времени (0,3 с, 0,9 с, 1 с и др.) и других более сложных обработок этих процессов. Сейчас обработка данных такого рода осуществляется с помощью аналого-цифрового вычислительного комплекса.

Существенной выгодой использования тестов на оперативную память являлась возможность повторения проб принципиально того же типа по нескольку раз в течение данного исследования, в том числе и при произвольном варьировании условий наблюдения.

Первоначально более или менее значительные отклонения физиологических показателей от исходного состояния отмечались в различных глубоких структурах (и в исследованных точках коры).

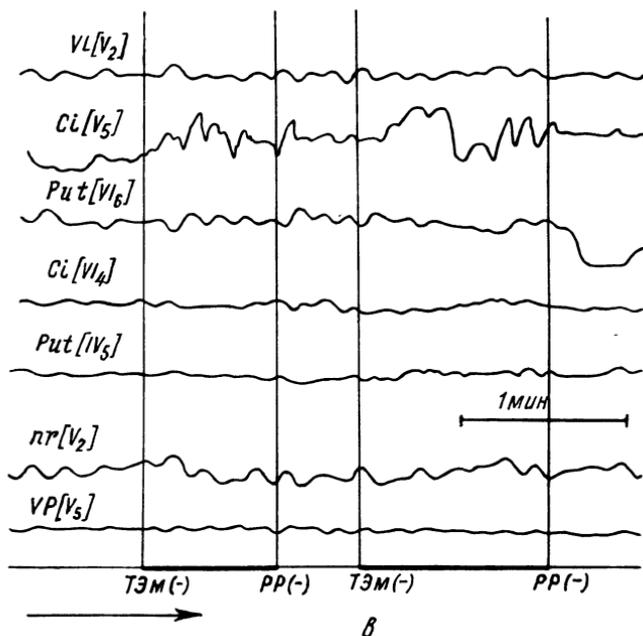
Запись МЭП, O_2a и ИА при повторном выполнении психологических проб обнаружила, что динамика этих показателей во многих точках мозга оказывалась весьма сходной, а иногда почти идентичной, воспроизводимой.

Устойчивая воспроизводимость динамики в данных условиях наблюдения рассматривалась как подтверждение связи данных образований мозга с психической деятельностью. В целях удобства изложения при описании обнаруженных структурно-функциональных отношений, так же как и в отношении эмоциогенных тестов, приходится обычно говорить о морфологических образованиях, в которых наблюдалась эта воспроизводимость физиологических показателей. Эта воспроизводимость наблюдалась



11. Исследование эмоциогенных зон мозга.

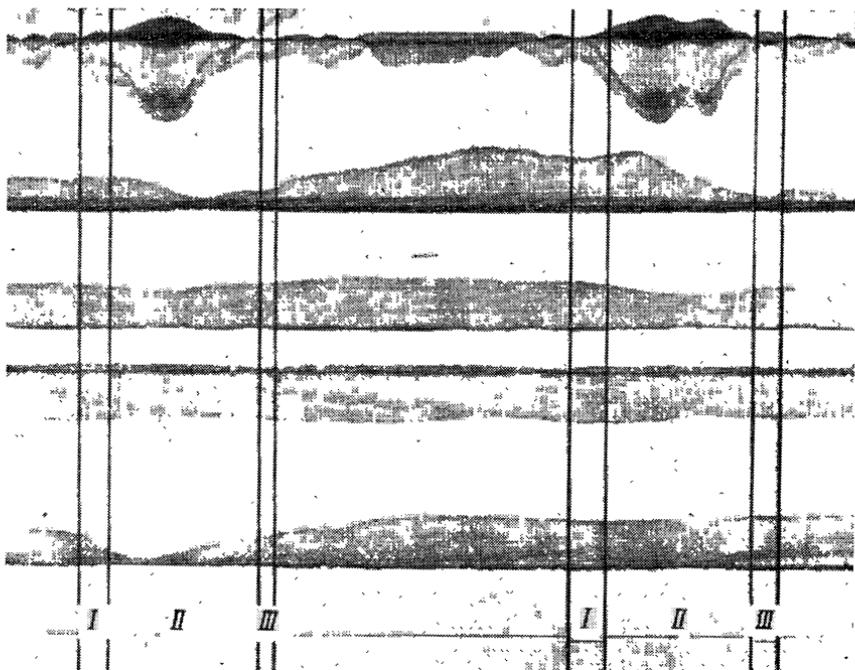
а — изменение медленных электрических процессов (МЭП) при эмоциогенных пробах. *ТЭМ* — тест эмоциональный; *б* — схема мозга. Черными квадратами помечены зоны, где наблюдались изменения МЭП при эмоциогенных тестах. Большими квадратами отмечены области, где изменения МЭП наблюдались с большей выраженностью и чаще; маленькими — зоны, где изменения МЭП наблюдались реже и были менее выражены; остальные обозначения те же, что на рис. 6;



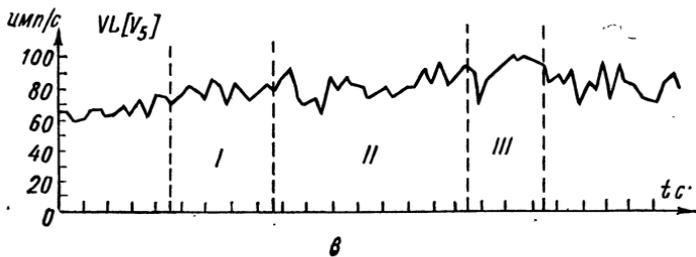
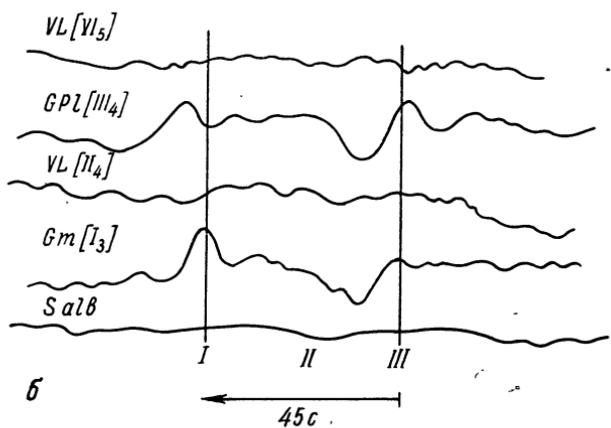
11. Продолжение.

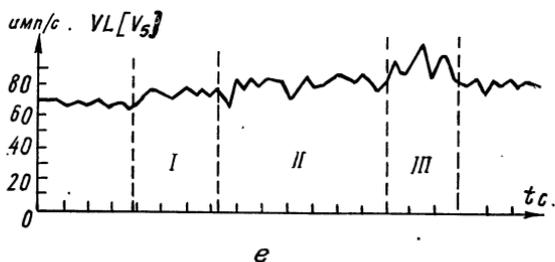
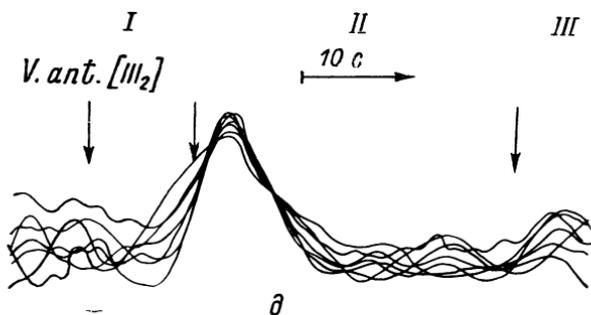
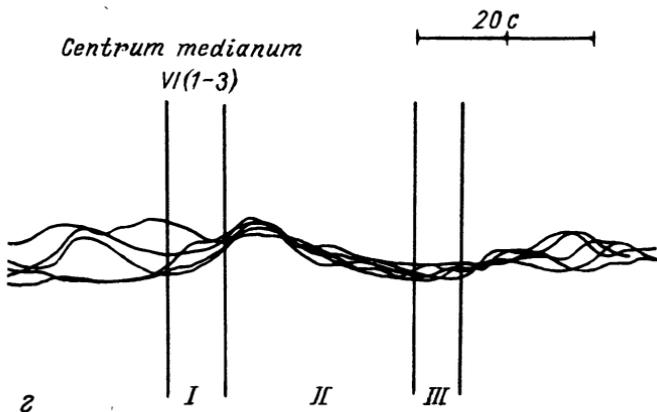
δ — динамика наличного кислорода при эмоциогенных тестах. VL — вентро-латеральное ядро зрительного бугра; PC — ножки мозга; Put — скорлупа; Ci — внутренняя капсула; nr — красное ядро; VP — заднее вентральное ядро. Римскими цифрами обозначены пучки электродов; арабскими — электроды в пучках.

в различных ядрах зрительного бугра, в бледном шаре, хвостатом ядре, гиппокампе и ряде других структур (рис. 12). Однако именно в связи с этими данными целесообразно подчеркнуть, что указанная воспроизводимость практически никогда не наблюдалась во всей структуре в целом, а обнаруживалась лишь в одной, реже — нескольких ее точках. И в то же самое время именно исследования этого плана убедительно подтвердили полифункциональность не только исследованных морфологических образований («ядер»), но и клеточных популяций. Так же, как при электрическом воздействии (не говоря уже об очаговых патологических процессах!), при регистрации динамики физиологических показателей обнаруживалось, что многие клеточные популяции имеют отношение к различным функциям, а отсюда могут отвечать воспроизводимым рисунком не только на один, но и на несколько раздражителей. Они могли быть связанными и с психической, и с двигательной деятельностью и т. д. При этом «наборы», комплексы функций, с которыми были связаны отдельные точки мозга, различались. Характерные реакции импульсной активности со срединного центра зрительного бугра обнаруживались, например, на психологические пробы и на сгибание рук в локтях и т. п. (рис. 13).

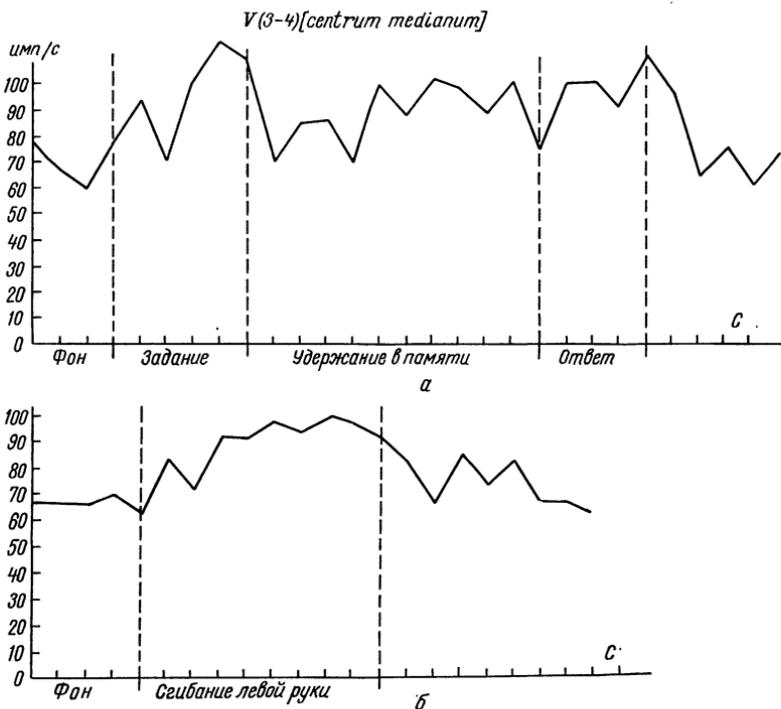


a





12. Изменения медленной электрической активности (а), наличного кислорода (б) и импульсной активности (в) при пробе на оперативную память. I — предъявление пробы; II — удержание в памяти; III — ответ. Слева — данные одной пробы. Справа: *z*, *z* — суперпозиция данных нескольких проб; *e* — усреднение 6 проб. Латинскими буквами обозначены подкорковые структуры (см. рис. 7). Римскими цифрами в сочетании с арабскими обозначены соответственно номера пучков и электродов в пучке.



13. Динамика импульсной активности в области срединного центра зрительного бугра при пробе на оперативную память (а) и при двигательной пробе (б).

Полифункциональность клеточных популяций мозга, отмечавшаяся и в работах А. Р. Лурия (1962) и мн. др. является предпосылкой и условием для оптимального взаимодействия организма со средой.

Тонкое исследование с применением приемов регистрации многих показателей жизнедеятельности мозга и различных функциональных проб показывает принципы организации мозга, равно далекие от двух наиболее экстремистских представлений,— о центрах функций и о равнозначности различных участков мозга.

К реализации сложных психических функций имеет отношение очень большое количество «точек» в самых различных образованиях мозга, и, с другой стороны, по своей функциональной характеристике эти «точки» не однозначны. Многозвеньевая организация системы из исходно-полифункциональных звеньев обеспечивает и надежность, и адекватность ее деятельности. Обеспечивая психическую деятельность здорового организма в условиях устойчивого состояния нормы, эта система способна обеспечивать решение самых сложнейших задач.

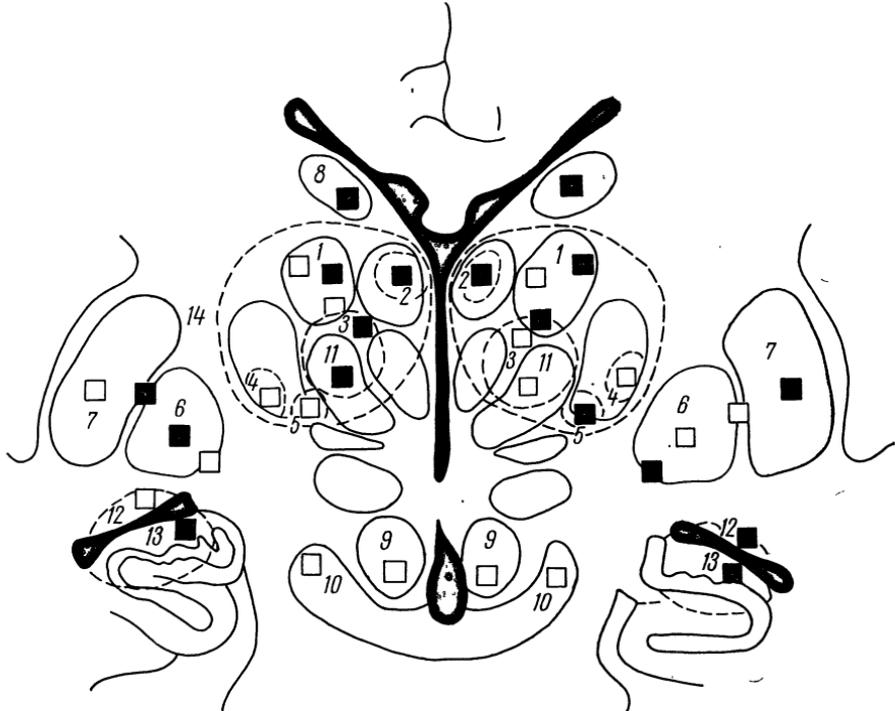
И в то же самое время именно многозвеньевой, сложный характер этой системы может определять сложность борьбы с различными патологическими процессами, характеризующимися развитием устойчивого патологического состояния (Н. П. Бехтерева и А. Н. Бондарчук, 1968). В этом случае все богатство поддерживающих устойчивое состояние реакций приобретает обратную направленность, поддерживает ставшее устойчивым патологическое состояние. Компенсаторные реакции, основанные на множестве звеньев любой системы регуляции в центральной нервной системе, имеющей при поддержании устойчивого состояния здоровья огромное положительное значение, в условиях общей перестройки организма в ходе формирования так называемого хронического заболевания, смены устойчивого состояния нормы — устойчивым патологическим состоянием, могут приобретать, хотя бы частично, и отрицательное значение для организма.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМЫ МОЗГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Исследование роли различных образований системы мозга, обеспечивающей психическую деятельность, целесообразно для изучения принципов и конкретных механизмов, создающих предпосылки для реализации психической деятельности в естественных условиях меняющейся внешней среды организма и внутренней среды мозга. Это исследование необходимо и для изучения механизмов оптимизации самой психической деятельности.

Исследование роли факторов внешней среды в исследуемых механизмах было проведено следующим образом: предъявление психологических тестов проводилось в условиях ограничения дополнительных (к основному) раздражителей при закрытых глазах субъекта, при открытых глазах в условиях умеренной освещенности, а также на фоне «шума» — фотостимуляции неритмического случайного или триггерного вариантов (Н. П. Бехтерева, 1965).

Оказалось, что некоторые «точки» (области) мозга, обнаруживавшие четкую воспроизводимость рисунка исследуемых показателей в покое, переставали обнаруживать ее в условиях «шума», и, наоборот, в этих новых условиях воспроизводимость могла появляться в тех участках мозга, где она ранее отсутствовала (рис. 14). При этом новые «точки» с воспроизводимым рисунком могли появиться в пределах той же или другой морфологической структуры (ядра) мозга. Эти последние данные, по видимому, могут быть связаны не только с реально существующими отношениями, но и с неполнотой возможностей обследования мозга в условиях лечебного применения вживленных электродов. Возможно, что при исчезновении «точек» с воспроизводимым рисунком в пределах одной структуры и появлении их в другой определяющим является не факт «выключения» одного ядра и «включения» другого. Речь идет о «выключении» одной из зон ядра и отсутствии электродов в другой точке этого же ядра, которая могла бы «включиться» в деятельность в этих же условиях, и, наоборот, обратных соотношений структура —



14. Схема мозга.

Черными квадратами обозначены зоны мозга, где обнаруживались воспроизводимые изменения наличного кислорода. Левая половина схемы — проба предъявлялась в покое; справа — на фоне шума. Обозначения структур см. рис. 8.

электрод в другом мозговом образовании. Накопление материалов все больше свидетельствует в пользу возможности такого рода ситуации, равно как и в пользу того, что огромная сложность структурно-функциональных отношений мозга не укладывается в прокрустово ложе искусственной (и очень различной у разных исследователей) дифференциации мозга на ядра.

Так, например, первоначально наблюдалось, что воспроизводимые изменения физиологических показателей в гиппокампе обнаруживались преимущественно при реализации психологической пробы в покое, а в миндалине — при шуме. Однако в дальнейшем, при несколько отличном расположении электродов в пределах тех же структур, удалось уточнить эти результаты и показать возможности «включения» — «выключения» действующих участков при изменении условий внешней среды в пределах той же структуры. Следует подчеркнуть, что эти новые данные, с оговоркой в отношении условности ядерного деления мозга, ни в какой мере не противоречат первоначальным, а лишь дополняют их. Естественно, возможны и различные варианты не только «внутриядерной», но и «межъядерной» динамики.

Со всеми приведенными дополнениями первостепенно важным остается факт о постоянстве активности одних и о непостоянстве многих других звеньев структурно-функциональной системы мозга, обеспечивающих психическую деятельность в меняющихся условиях внешней среды. Естественно отсюда говорить, что система имеет обязательные для данной деятельности образования мозга, работающие независимо от изменений внешней среды (по крайней мере — в данных пределах), жесткие звенья — и звенья, обязательные для данной деятельности лишь в каких-то определенных условиях внешней среды, звенья гибкие.

Вполне понятно, что термин «жесткие» не используется в смысле жесткого замыкания реакции через один нейрон. И внутри гибкого и жесткого звеньев системы деятельность нейронной популяции может осуществляться на основе вероятностно-статистического принципа (А. Б. Коган, 1962). Именно такое сочетание жестких звеньев (или, вероятно, точнее — относительно жестких!) и гибких обеспечивает экономичность и исключительную гибкость, адекватность системы мозга, обеспечивающей психическую деятельность.

Опыт практической нейрохирургии, в том числе и стереотаксической, показывает, что разрушение многих структур мозга, в частности и тех, связь которых с психической деятельностью показана, не всегда ведет к видимым психическим нарушениям. Это может быть связано с самим психологическим исследованием — недостаточное варьирование условий, в которых проводится психологическое исследование, может не выявить развившийся дефицит.

Это, более вероятно, связано с огромными компенсаторными возможностями мозга и замещением дефекта, в том числе и парным образованием интактного полушария. Последнее положение в наблюдениях на человеке подтверждается увеличением частоты психических осложнений при двусторонних операциях на подкорковых структурах мозга. Можно себе представить, что двустороннее разрушение жестких звеньев системы физиологического обеспечения психических функций особенно опасно, а потому выявление их приобретает все большую практическую важность.

Исследованные явления имеют еще ряд аспектов. Так, например, как указывалось, реализация психической деятельности на фоне «шума» не только нуждается в деятельности дополнительных образований мозга, но и происходит при «выключении» каких-то других «точек», активных в состоянии покоя. Иными словами, внешний «шум» в чем-то усложняет систему (являясь «помехой»), но в чем-то ее и упрощает (оказываясь источником необходимого тонуса?). Отсюда то, что наблюдается по показателям МЭП, O_2a , ИА, может быть использовано и в дальнейшей расшифровке положения об оптимальном фоне для деятельности, — эти наблюдения показывают, что одной и той же деятельности,

но реализуемой в разных условиях, соответствует свое, определенное, функциональное состояние мозга, складывающееся из функционального состояния его различных структур. Фоновое состояние мозга, на котором реализуется деятельность, в частности психическая,— интегральное функционального состояния отдельных структур, отнесенное к структурно-функциональной организации, обеспечивающей данную деятельность системы, и состоянию всех других образований мозга.

Как можно себе представить конкретный механизм, вызывающий «включение» и «выключение» каких-то элементов структурно-функциональной системы, обеспечивающей психическую деятельность? Понимание этого вопроса возможно при учете уже упоминавшегося выше положения о полифункциональности нейронных популяций, имеющих отношение к психической деятельности.

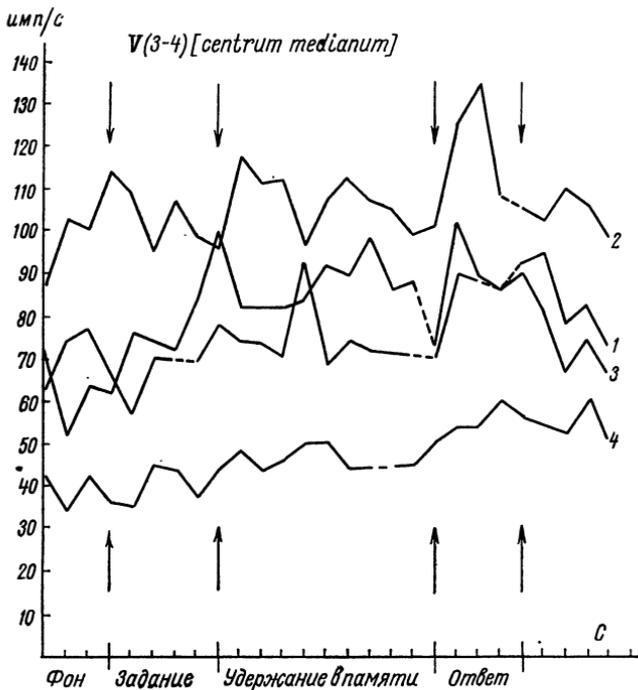
Изменение импульсации в связи с изменившимися условиями внешней среды может «включить» одни элементы системы (структуры мозга) и «выключить» другие. Наоборот, исключение каких-то внешних раздражителей оказывается оптимальным для выявления активности других структур мозга, элементов структурно-функциональной системы, обеспечивающих реализацию психической деятельности при отсутствии определенного вида (или количества!) раздражителей. Не исключено, однако, что непостоянство активности мозговых структур («гибких звеньев») отражает также обеспечение психической деятельности в изменившихся условиях среды за счет резервных возможностей мозга.

Эти положения удалось существенно дополнить в условиях изучения физиологической организации психической деятельности при изменениях внутренней среды мозга. Наблюдения этого рода были проведены во время применения нейротропных препаратов, активных в отношении различных видов синаптической передачи в мозгу — адренергических, холинергических и серотонинергических синапсов (А. Д. Аничков, 1968; Д. К. Камбаров, 1969; В. А. Чернышева, 1971). Применение нейротропных средств не только изменяло фоновые показатели физиологической активности мозга, но и ее динамику при деятельности и, в частности, рисунок МЭП и клеточной активности при психологических пробах. Так, применение дезерила привело к исчезновению воспроизводимых изменений МЭП при психологических пробах в области *nucl. centralis thalami*; педифена — в *nucl. ruber* и *globus pallidus medialis*; применение метамизила, напротив, в значительной мере усилило воспроизводимые изменения МЭП при психологических пробах в *nucl. ruber* и *globus pallidus medialis* (В. А. Илюхина, 1972).

Особый интерес представили изменения импульсной активности при применении нейротропных средств (прослеженные нами совместно с Ю. К. Матвеевым и Д. К. Камбаровою, 1970). Запись импульсной активности не только в покое, но и в условиях

реализации психологических и двигательных проб позволила проследить и общие, дистантно обусловленные изменения, и изменения, развивающиеся непосредственно в области регистрации. Общие изменения проявлялись изменением уровня нейронной активности; при этом динамика рисунка изменений импульсной активности при соответствующих пробах изменялась вторично. Действие нейротропных средств непосредственно в области отведения импульсной активности проявлялось четким изменением рисунка динамики импульсной активности при соответствующих пробах. Таким способом удавалось различать не только местные и общие изменения, но и проследивать фазовые перестройки в мозгу. Так, например, применение дезерила вызывало первоначально некоторое увеличение фоновой импульсации в срединном центре зрительного бугра, обусловленное скорее всего дистантными активизирующими влияниями. Рисунок динамики импульсации при психологической пробе в этих условиях лишь незначительно отличался от исходного. Через 1 ч фоновая импульсация вернулась к исходной; характер динамики разрядов при психологической пробе в это время изменился более значительно. Он еще более существенно перестроился на фоне существенного падения фоновой импульсации через 2 ч (рис. 15). Наблюдения этого ряда позволяют говорить о том, что перестройка нейрофизиологической системы обеспечения психической деятельности, изменение звеньев этой системы возможно под влиянием не только внешней среды организма, но и внутренней среды мозга. В этом, втором, случае перестройки развиваются в связи с изменением в определенных синаптических образованиях — адренергических, холинергических, серотонинергических. А отсюда эти же наблюдения могут быть использованы как свидетельство того, что нейрофизиологическая система обеспечения психических функций состоит из звеньев с различной медиацией, т. е. эта система полибиохимична. Подавление какого-то вида биохимической передачи — по крайней мере в той степени, в какой об этом можно судить по исследуемым показателям, — выключает данную нейронную популяцию как звено этой системы (хотя хорошо известно, что на очень многих клетках (Jung, 1963; Bradley, 1965; П. К. Анохин, 1968, и др.) располагаются синапсы разных типов, не говоря уже о возможности полибиохимичности клеточной популяции).

Естественно, до того как делать какие-либо решающие выводы, исследования должны быть продолжены и расширены, но если полученные данные будут подтверждаться, это окажется не только путем к дальнейшему нейрофизиологическому анализу звеньев системы и системы в целом, но и будет иметь четкий практический результат. Окажется возможным избирательно, направленно и дозированно выключать определенные звенья системы, не изменяя существенно условий деятельности других ее элементов и тех же структур мозга, как звеньев других функциональных систем.

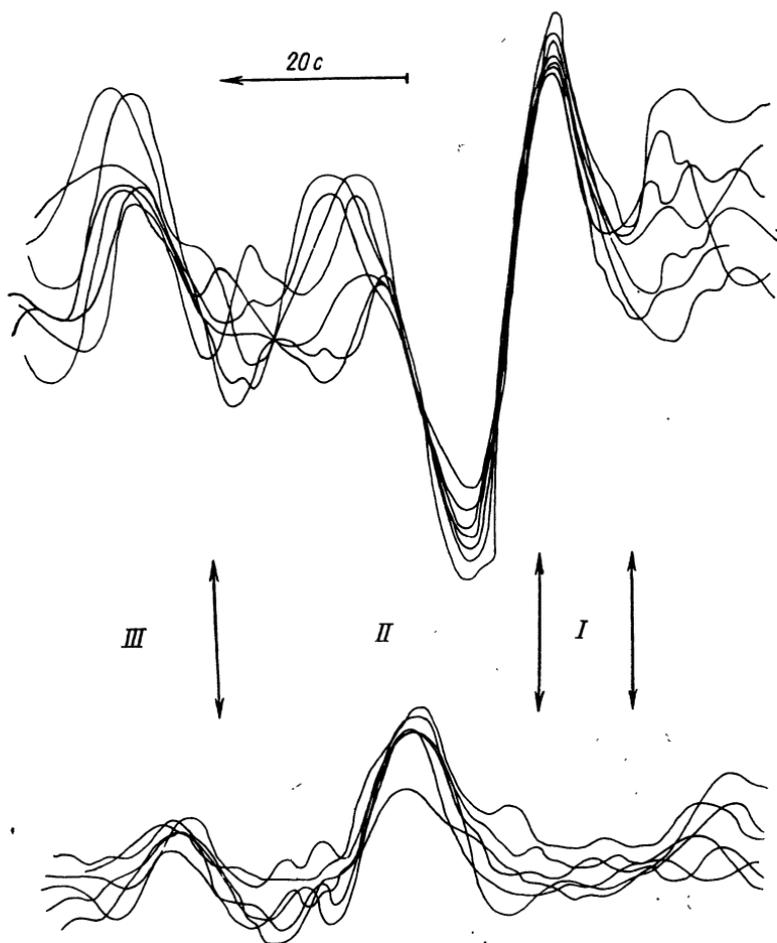


15. Динамика импульсной активности срединного центра зрительного бугра при пробах на оперативную память, проведенных в покое (1), через 15 мин (2), через 1 ч (3) и через 2 ч (4) после введения дезерила.

Полученные данные интересны еще, по крайней мере, в одном отношении. Весьма активным препаратом в отношении изменения звеньев системы обеспечения психических функций явился дезерил, причем одной из точек его приложения оказался *centr. medianum* — структура, электрическое воздействие на которую вызывало существенное изменение условий протекания психической деятельности (В. М. Смирнов, 1967; А. Н. Бондарчук и В. М. Смирнов, 1969).

Эти наблюдения могут быть использованы для суждения о возможном преимущественном анатомическом субстрате таких серотонинотропных психомиметических средств, как, например, LSD-25 и др.

В приведенных материалах учитывались факторы, «извне» или «изнутри» изменяющие физиологические механизмы психической деятельности, причем в таких пределах, в каких это улавливалось только при нейрофизиологическом исследовании и чаще всего существенно не влияло на возможность осуществления заданной психической активности. Однако воспроизведение теста



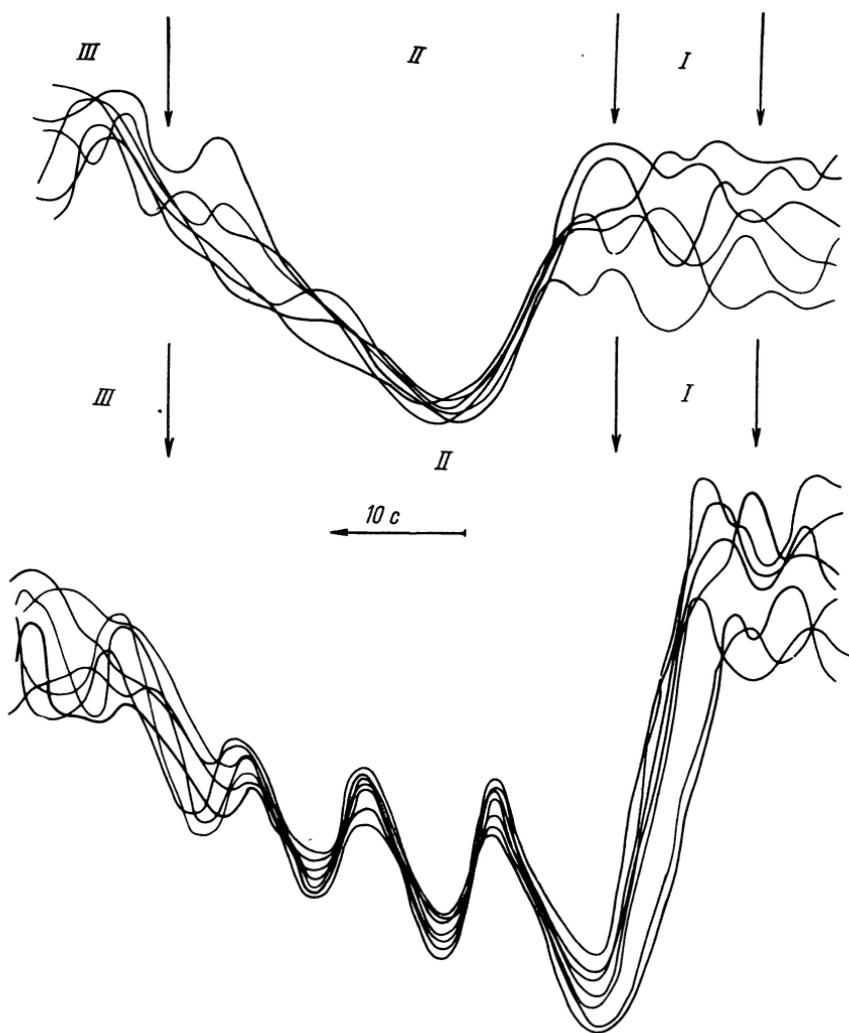
16. Сходная воспроизводимая динамика наличного кислорода при правильной и ошибочной экфории психологических тестов.

I — предъявление пробы; *II* — удержание пробы в памяти; *III* — ответ. Вверху — центральное, внизу — вентро-латеральное ядро зрительного бугра.

оказывалось не всегда правильным и в покое и во всех прочих исследуемых условиях.

Представляло несомненный интерес изучить особенности нейрофизиологической системы, обеспечивающие психическую деятельность в зависимости от качества осуществления самой психической деятельности. Это могло явиться шагом по пути изучения реально существующих физиологических механизмов оптимизации психической деятельности.

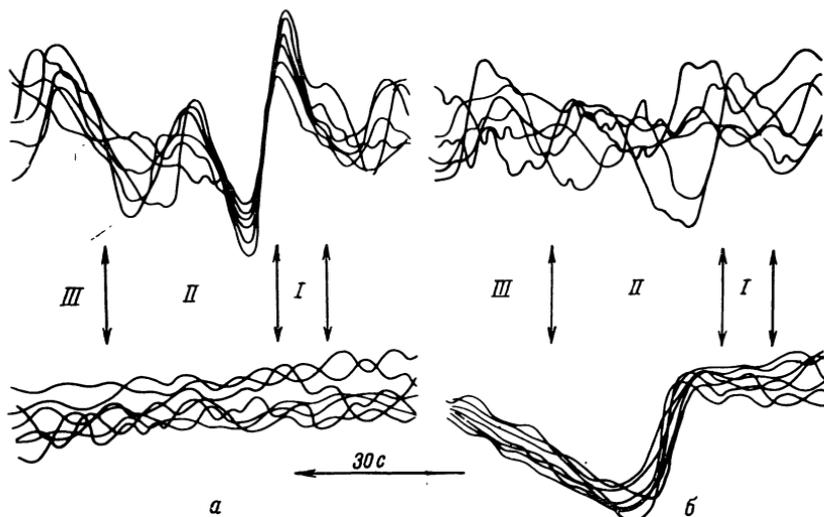
Анализ показал, что по динамике физиологических показателей в зависимости от правильности или ошибочности экфории тестов оказывается возможным выделить три типа структур



17. Различная воспроизводимая динамика наличного кислорода при правильной (внизу) и ошибочной (вверху) экфории психологических тестов.

I — предъявление пробы; *II* — удержание в памяти; *III* — ответ. Так же, как на рис. 16, запись осуществлялась с вентро-латерального ядра, но с других его отделов.

или, правильнее, «точек» в мозгу. В структурах («точках») первого типа воспроизводимая динамика физиологических показателей не обнаруживает четкой зависимости от качества выполнения пробы (рис. 16). Такие «точки» обнаружили в гиппокампе, миндалевидном комплексе, в вентральном, заднелатеральном и центральном таламических ядрах.



18. Динамика наличного кислорода при правильных и ошибочных выполнениях тестов.

Наличие воспроизводимых изменений наличного кислорода при правильно выполненной психологической пробе и отсутствие воспроизводимых изменений в области дорсо-медialного ядра зрительного бугра (а) при ошибках. Отсутствие воспроизводимой динамики наличного кислорода при правильном выполнении психологических проб и наличие воспроизводимой динамики при ошибочном выполнении проб в хвостатом ядре (б).

В структурах («точках») второго типа функциональный уровень воспроизводимо перестраивался и при правильной и при ошибочной экфории тестов, но рисунок физиологических показателей в обоих этих случаях различался (рис. 17). К третьему типу могли быть отнесены, по крайней мере, некоторые точки в пределах хвостатого ядра, срединного центра и других ядер, где воспроизводимые изменения физиологической динамики обнаруживаются только при ошибочном воспроизведении пробы (В. Б. Гречин, 1968) (рис. 18).

Обнаруженные факты интересны, в частности, и как свидетельство большей или меньшей дифференциации звеньев изучаемой физиологической системы. Это положение сближает мозговые механизмы психической деятельности с аналогичными механизмами других видов активности организма.

С точки зрения проблемы оптимизации психической деятельности, естественно, наибольший интерес представляют «точки», обнаруживающие воспроизводимые изменения при ошибочном выполнении пробы. Весьма заманчиво было бы полагать, что эти точки представляют собой что-то вроде «детектора ошибок», анализатора правильности действий, своего рода реальный элемент «акцептора действия» Анохина (1968). Впечатление о правомерности такого суждения основано на взаимодополняющих фактах. Действительно, если в хвостатом ядре регистрируются воспроиз-

водимые реакции именно при ошибках, то раздражение хвостатого ядра могло приводить к повышению числа ошибок (Н. П. Бехтерева, Н. И. Моисеева, А. Н. Орлова, В. М. Смирнов, 1964; Н. П. Бехтерева, А. А. Генкин, Н. И. Моисеева, В. М. Смирнов, 1965, и др.).

Во многих экспериментальных наблюдениях, несмотря на двойственность общих выводов, показаны четкие факты угнетающей (тормозящей) роли хвостатого ядра в отношении различных видов деятельности. Как можно себе представить механизм развития воспроизводимых отклонений физиологических параметров в хвостатом ядре и других структурах при ошибках? По какому механизму развивается «включение» этих образований? При поверхностном подходе к вопросу может создаться впечатление, что «мозг умнее человека», что мозг «знает» об ошибке, в том числе и тогда, когда о ней «не знает» человек. Дело, конечно, обстоит иначе.

В качестве одного из вероятных объяснений можно, по-видимому, принять следующее.

По крайней мере, краткосрочная память (а может быть, и долгосрочная!) основана на почти «запоминании», сохранении полного следа всего происшедшего события, в данном случае на полном сохранении в памяти предъявленного теста. Однако, наряду с процессом запоминания, одновременно и в подавляющем большинстве случаев целесообразно включается механизм «забывания», который представляет собой не «стирание», а затормаживание: перевод следа в форму, при которой «считывание» оказывается затрудненным.

Преждевременное или неадекватное включение этого, второго, механизма может само вызывать реакцию какого-то элемента акцептора действия.

Более вероятно, однако, что неадекватное включение затормаживания создает диссоциацию между имеющимися следами и возможностью их воспроизведения, результатом чего и является включение структуры, регистрирующей эту диссоциацию, рассогласование со всеми возможными последствиями общей, в том числе и гуморальной, эмоционально детерминированной активации.

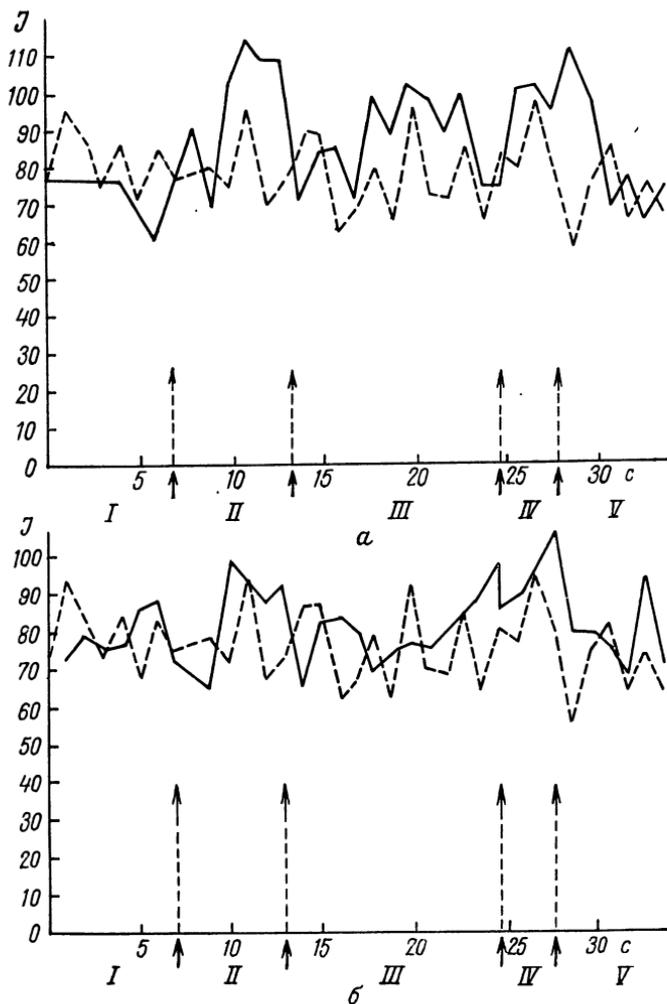
Продолжающееся накопление наблюдений дает все больше оснований считать, что действительно обнаружены «детекторы ошибок», но в решении этого вопроса, по крайней мере при анализе физиологических показателей, необходимо специально исследовать роль эмоционального фактора, особенно значимого именно при ошибочном ответе. При получении дополнительных результатов в этом плане следует, однако, учитывать, что эти две точки зрения — включение структуры первично в связи с ошибкой или в связи с эмоциональной реакцией — ни в коей мере не противоречат друг другу, а скорее вторая возможность (если она подтвердится!) дополняет первую. В исследовании этого вопроса важно учитывать латентный период, форму реак-

ции и динамику последствий, так как эти показатели в реакциях на психологическую пробу типа оперативной памяти и эмоциогенную чаще всего различаются.

Интересно отметить, что применение нейротропных средств позволило вскрыть некоторые нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе свойств нейронной популяции реагировать только на ошибочные реакции психологических тестов. Так, при применении дезерила в отдельных точках мозга (в области срединного центра и вентрального ядра зрительного бугра) отмечалось появление не наблюдавшегося ранее воспроизводимого рисунка при психологических пробах или своеобразная «генерализация эффекта» — появление характерного эффекта и на положительные реализации теста там, где до применения фармакологических препаратов реакция отмечалась только при ошибках (рис. 19). Можно попутно отметить, что в этой же точке после введения дезерила характерные изменения импульсной активности стали наблюдаться не только при движениях контралатеральных конечностей (как это наблюдалось до введения препарата), но и гомолатеральных. Наоборот, в других точках мозга именно применение препарата приводило к появлению «специфических» свойств — нейронная популяция, до применения нейротропного средства обнаруживавшая характерный рисунок и на правильные, и на ошибочные реализации проб, начинала избирательно реагировать лишь при ошибочных реализациях. Эти данные свидетельствуют о нейрофизиологических механизмах формирования свойств нейронных популяций, о первостепенной роли относительной или абсолютной активности различных биохимических медиаторных систем в проявлении этих свойств.

Гипотеза, выдвинутая в 1966 г. (Н. П. Бехтерева), об обеспечении психической деятельности человека корково-подкорковой структурно-функциональной системой со звеньями различной степени жесткости получает сейчас все большее подтверждение и, таким образом, является основой расшифровки, по крайней мере, одной из сторон физиологических механизмов психических явлений и прежде всего структурно-функционального их обеспечения. Проведенные исследования показали значительное преобладание гибких звеньев в системе мозгового контроля психической деятельности, что, по-видимому, и является одним из основных отличий этой системы по сравнению с другими системами центральной регуляции функций. Соотношение жестких и гибких звеньев в системах центральной регуляции функций может, вероятно, рассматриваться как принципиальный критерий их сложности, — в основе усложнения систем лежит абсолютное и относительное увеличение количества гибких элементов.

Вполне понятно, что именно это положение может быть учтено при расшифровке данных электрической стимуляции мозга. Обнаружение жестких звеньев любой системы возможно при наблюдении исследуемого показателя жизнедеятельности мозга



19. Графическое изображение динамики частоты импульсной активности в области одной из нейронных популяций срединного центра при психологической пробе.

По оси ординат: J — количество импульсов; по оси абсцисс: арабские цифры — отметка времени в секундах, римские цифры — фон и фаза психологической пробы; *I* — исходный фон; *II* — предъявление пробы; *III* — удержание пробы в памяти; *IV* — речевой ответ больного; *V* — фон после реализации теста.

Стрелки ограничивают начало и конец предъявления теста (*II*) и ответа больного (*IV*). *а* — прерывистая линия изображает динамику импульсной активности при правильной реализации теста, непрерывная — при ошибочной. Характерная динамика импульсной активности обнаруживается только при ошибочной реализации теста; *б* — прерывистая линия изображает динамику импульсной активности при правильной реализации теста до введения дезерила, непрерывная линия — после. Правильная реализация теста вызывает после введения дезерила характерный рисунок импульсной активности, сходный с рисунком на ошибочную реализацию теста до введения дезерила.

при стимуляции и при изучении показателей нейродинамики мозга в условиях предъявления соответствующих тестов. Исследование гибких звеньев практически реально лишь при изучении нейродинамики мозга при предъявлении функциональных проб и варьировании условий наблюдения.

Исследование различных физиологических показателей жизнедеятельности мозга при психологических пробах оказалось приемом, значительно более тонким, чем наблюдение изменений психической деятельности при очаговых патологических процессах, хирургических локальных разрушениях и электрическом воздействии на мозг. Оно позволило значительно полнее изучить структурно-функциональные и физиологические основы психического, показать участие в психической деятельности и тех образований, которые могли в результате данных выключения и раздражения несправедливо считаться «немыми» зонами.

Таким образом, было уточнено, что изучение наиболее сложных мозговых систем, и прежде всего системы обеспечения психических функций, возможно только при использовании всех приемов комплексного изучения физиологии мозга, при сочетании электрических и фармакологических воздействий на мозг с прямым наблюдением нейродинамики мозга.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИЗМЕНЕНИЙ, РАЗВИВАЮЩИХСЯ В ЗВЕНЬЯХ СИСТЕМЫ МОЗГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Естественно, что одним из наиболее интригующих вопросов именно в данной проблеме является анализ сущности изменений, развивающихся в различных образованиях мозга в процессе обеспечения психической деятельности. Ответ на этот вопрос может быть разделен на две неравные по значению и объему части: 1) какие физиологические изменения развиваются в элементах системы, обеспечивающей психическую деятельность в процессе реализации этой деятельности? 2) Какие изменения в этих структурах мозга обеспечивают специфический характер каждой конкретной психической деятельности? Иными словами, можно ли в каком-то виде физиологической активности отыскать рисунок, который будет характерен для какого-то определенного слова, фразы и т. п.?

Ответ на первый вопрос возможен сейчас.

Деятельное состояние структур, участвующих в психической активности, связано с изменением всех физиологических показателей. Изменяются уровни медленных электрических процессов и наличного кислорода. При этом изменения уровня МЭП не только развиваются при включении структуры в деятельность, но и наоборот — изменение уровня МЭП (вероятно, преимущественно постоянного потенциала) может «включить» структуру в деятельность — по крайней мере, эмоциональную. Далее:

активность структуры, развившаяся как следствие изменения МЭП (также, вероятно, постоянного потенциала) в определенных образованиях мозга, может явиться основой сложных и очень стойких поведенческих реакций (Н. П. Бехтерева, К. В. Грачев, А. Н. Орлова, С. Л. Яцук, 1963; В. М. Смирнов, 1967). В эксперименте явления этого рода наиболее подробно изучены В. С. Русиновым (1957), а затем и другими, исследовавшими процесс временной связи при создании искусственных очагов в мозгу слабой поляризацией. Эти факты четко обнаруживают важнейшую роль изменений МЭП и, в частности, постоянного потенциала в функциональной активности мозга.

Показатель O_2a может свидетельствовать об изменении и потребления, и доставки кислорода. Отсюда снижение его уровня может свидетельствовать и о повышении его потребления и об уменьшении доставки. Вполне понятно, что в условиях деятельности и в связи с особенностями мозговых сосудов уменьшение доставки кислорода в деятельные (а об этом можно судить по другим физиологическим показателям!) структуры маловероятно. Хотя общеизвестно, что при паркинсонизме возможна гипоксия мозга, снижение уровня O_2a наблюдалось в исследуемых условиях пространственно неоднозначно: в вентро-латеральном ядре, срединном центре, дорсо-медиальном ядре зрительного бугра значительно, менее отчетливо в медиальном членике бледного шара, хвостом ядре и изредка в гиппокампе и миндалевидном комплексе.

Более сложно обстоит вопрос при повышении уровня O_2a — именно это состояние может быть связано и с уменьшением потребления, и с повышением доставки кислорода. Однако вновь и в этом случае понимание физиологической сущности явлений оказывается возможным при сопоставлении различных физиологических показателей. Свидетельствуя о деятельном состоянии структуры, эти дополнительные (по отношению к данному) показатели делают маловероятным предположение о снижении потребления кислорода и более вероятным — превышение его потребления увеличившейся поставкой. Повышение уровня O_2a при психической деятельности изредка наблюдалось в отдельных участках срединного центра и дорсо-медиального ядра таламуса, в вентро-латеральном таламическом ядре, медиальном членике бледного шара. При этом имела значение не только область отведения O_2a , но и фаза выполнения психологической пробы (В. Б. Гречин, 1966). В отношении изменений ЭСКоГ суждение более сложно, так как они, как указывалось, были весьма разнообразны и очень существенно зависели от исходного фона. Можно лишь утверждать, что изменения ЭСКоГ в обнаруженных пределах (развитие медленных волн, острых волн и т. п. в структурах, имеющих отношение к обеспечению психической деятельности) не препятствовали ее реализации. Полученный в условиях прямого отведения от мозга этот факт должен быть учтен при расшифровке материалов о связи проявлений ЭЭГ

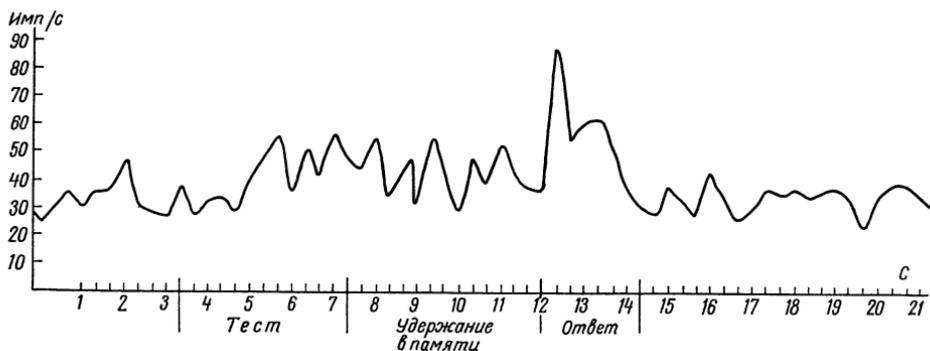
(ЭСКоГ) с основными нервными процессами. С любыми желаемыми оговорками вновь приходится признать, что наличие медленных волн в какой-то области мозга не является строго обязательным показателем наличия в ней торможения, хотя, конечно, и не свидетельствует против такой возможности. Перестройки ЭСКоГ, МЭП, O_2a в процессе психической деятельности свидетельствуют об изменениях функционального состояния структур в связи с данной деятельностью. Воспроизводимые сдвиги МЭП и O_2a , как показано выше, являются надежными показателями тесноты связи структуры с деятельностью. Однако расшифровка сущности этой связи оказывается реальной лишь на основе анализа данных импульсной активности. Только анализ импульсной активности может ответить на вопрос, что происходит в структуре при ее включении в деятельность и являются ли другие, закономерно развивающиеся физиологические сдвиги (МЭП, O_2a) результатом включения структуры в деятельность или столь же закономерного, необходимого для данной деятельности выключения.

Изменения ИА в структурах, по другим показателям обнаруживающих деятельное состояние во время психологической пробы, были самыми различными, причем различия эти определялись и направленностью изменений (учащение, урежение ИА), и динамикой их. Реакция ИА могла различаться в зависимости от области («точки») отведения, фазы выполнения пробы, внешних факторов («помех») — А. И. Трохачев, 1966) и от правильности или ошибочности выполнения пробы.

Так, например, учащение импульсации при выполнении пробы Бине могло наблюдаться в различных ядрах зрительного бугра, причем в большинстве образований оно обнаруживалось в фазе удержания пробы в памяти. В фазе ее воспроизведения (речевой ответ) могло наблюдаться как дальнейшее учащение импульсации, так и отсутствие реакции учащения импульсов или даже их урежение. Четкие реакции импульсной активности обнаруживались в верхних отделах ствола, причем на уровне покрывки моста была обнаружена зона, где именно речевой ответ давал учащение импульсов, значительно более отчетливое, чем другие, в том числе и двигательные, пробы (рис. 20).

Как уже указывалось выше, динамика реакций различалась не только в зависимости от анатомически контурируемой структуры (ядра), но и от точки отведения в пределах каждой структуры, хотя в результате проведения большого количества исследований (А. И. Трохачев, 1966; Н. П. Бехтерева и А. И. Трохачев, 1967; Ю. К. Матвеев, 1971) и удалось обнаружить определенные типовые варианты этой динамики. Естественно, огромный интерес представляет углубление в нейрофизиологические механизмы этого явления.

Ю. К. Матвеевым (1971) при использовании методического приема, предложенного М. Н. Ливановым (1965), были проанализированы процессы, которые внешне проявлялись как учащение



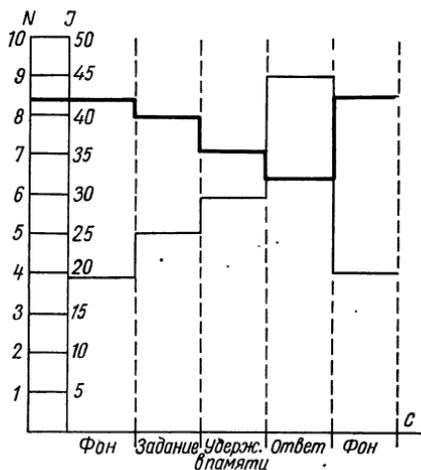
20. Динамика импульсной активности в области покрывки моста при пробе на оперативную память (регистрация проведена с помощью интегратора).

ИА. На примере динамики ИА при психологических пробах и при двигательных пробах показано, что учащение разрядов происходит (или, осторожнее, — может происходить!) при уменьшении количества активных нейронов (рис. 21). Понимание этого явления возможно прежде всего на основе фактора латерального торможения (Jung, Tönnies, 1950; Creutzfeldt, 1969; Baumgartner, 1961). Допустимо представить себе, что на основе латерального торможения активация тех элементов нейронной популяции, которые имеют отношение к обеспечению контроля какой-то функции, происходит при угнетении остальных элементов нейронной популяции. Можно также предположить, что из нейронной популяции в данную деятельность включаются не все адекватные данной деятельности элементы, но какое-то оптимальное количество их. И, однако, трудно полностью отвергнуть и еще одно предположение, противоречащее таким заманчивым первым двум. Если представить себе, что в любой данной полифункциональной нейронной популяции полифункциональными являются и составляющие ее нейроны, то тогда весь процесс может рассматриваться не как активация определенного количества специфических элементов, а просто как активация оптимального для заданной деятельности количества полифункциональных нейронов. В первых случаях импульсная активность оказывается как-то связанной со специфическим характером деятельности. В последнем случае ей принадлежит более скромная роль — типа обеспечения функционального состояния субстрата. Данные о значительных изменениях количества импульсов при ошибочных реализациях тестов подтверждают положение об оптимальном количестве «работающих» нейронов в данной деятельности, никак не свидетельствуя в пользу специфического или неспецифического характера этих работающих нейронов. Исследования с применением нейротропных препаратов, где применение одного препарата направленного нейротропного действия изменило

роль данной структуры в системе обеспечения психических функций, как будто свидетельствуют в пользу возможной правильности первого предположения — по крайней мере, применительно к некоторым подкорковым структурам. Учет факторов полифункциональности многих подкорковых нейронных популяций требует, однако, большей осторожности в выводах по этим данным. Понимание роли наблюдаемого явления в целостном механизме обеспечения какой-либо деятельности возможно лишь на основе дальнейшего анализа многих данных количественного исследования активности мозга. И все же проведенные на нейронном уровне исследования уже приоткрывают завесу над «таинственными, по сравнению со свойствами одного нейрона, свойствами нейронных популяций» (Mountcastle, 1966), активность которых обеспечивает все виды деятельности мозга.

Важнейшим результатом, который утверждают проведенные нейрофизиологические исследования, является положение о единстве нейрофизиологических механизмов различных видов деятельности, реализуемой мозгом, в том числе и деятельности психической, и об усложнении физиологии психической деятельности уже лишь на уровне самой системы. Тем самым уже не вербально, а фактически поколеблен известный дуалистический тезис Шеррингтона и реализуется гениальное предвидение И. П. Павлова о возможности «систему беспространственных понятий психологии наложить на материальную конструкцию мозга»¹.

По-видимому, все более детальный, поэтапный ответ на вопрос о физиологических изменениях, развивающихся в элементах системы, обеспечивающей психическую деятельность в процессе ее реализации, все более полный по мере совершенствования техники физиологических исследований, может явиться предпосылкой к исследованию второго вопроса. Ответ на второй вопрос — о физиологических механизмах конкретных психических явлений — сложен еще и сейчас, однако отрицать принципиальную возможность его решения, как это, по существу,



21. Схема, представляющая динамику импульсной активности и динамику количества активных нейронов нейронной популяции при пробе на оперативную память.

По оси ординат: J — количество импульсов; N — количество активных нейронов.

¹ Павлов И. П. Собр. соч., т. III. М.—Л., 1951—1952, с. 203.

делается в ряде физиологических работ и в ряде философских исследований,— значит базироваться только на данных вчерашнего дня в науке о мозге человека. Отрицание возможности исследования физиологических коррелятов конкретных психических явлений человека неизбежно ведет к разрыву между материальным и идеальным, к отрыву психической деятельности от процессов, протекающих в мозгу. Можно себе представить, что так же, как электронный микроскоп позволил уточнить морфологическую основу так называемых функциональных изменений в центральной нервной системе, прогресс в методических возможностях физиологии проложит пути к решению этого важнейшего вопроса физиологии человеческого мозга.

За те немногие годы, которые прошли со времени публикации первого издания книги, проводилась интенсивная разработка именно этого вопроса — о наиболее тонких коррелятах импульсной активности с «внешними» (акустическими) и «внутренними» семантическими характеристиками предъявляемых словесных раздражителей. Вполне понятны поиски такого рода коррелятов именно в импульсной активности, а не в других, более медленных электрических процессах. По-видимому, именно импульсная активность нервных клеток может рассматриваться как один из рабочих механизмов передачи, кодирования и декодирования, в том числе и словесных сигналов в мозгу. Однако даже в электрофизиологическом аспекте этот механизм не должен рассматриваться как единственный, учитывая огромное значение биохимических механизмов обработки и хранения информации. Целенаправленный поиск коррелятов словесных сигналов в импульсной активности нейронных популяций потребовал разработки специального аппарата анализа, что и было осуществлено под руководством П. В. Бундзена им самим совместно с Ю. Л. Гоголицыным и А. С. Каплуновским (1972—1973). Для этой цели дополнительно были использованы приемы анализа, применяемые в I Физиологическом институте Эрлангена (ФРГ).

Запись мультиклеточной активности осуществлялась на четырехканальный магнитописец МГЧ-1 при скорости магнитного носителя 10,5 мм/с. На одном из каналов магнитописца регистрировались речевые команды исследователя и соответствующие ответные реакции больных.

Анализ мультиклеточной активности нейронных популяций проводился в два этапа на аналого-цифровом комплексе (АВМ-МН-14, ЭЦВМ «Проминь-2», ЭЦВМ «Минск-32») в Институте экспериментальной медицины АМН СССР и ЭЦВМ «Линк-8» в I Физиологическом институте Эрланген — Нюрнберг (ФРГ).

Задачей первого этапа обработки экспериментального материала являлся поиск характерных изменений, связанных с выполняемым тестом в популяциях, отобранных на основе данных суперпозиции (см. выше). С этой целью использовалась непрерывная амплитудная дискриминация мультиклеточной активности, в условиях которой область выходных значений полезного сигнала разбивалась на несколько пропорциональных интервалов. В каждом дискриминационном интервале (дискриминационное окно) вычислялась функция истинной текущей частоты по количеству потенциалов действия, оканчивающихся в дискриминационном окне. Эпоха анализа составляла 20 мс. С выходов дискриминаторов сигналы поступали

на многоканальный магнитописец М-168. В дальнейшем для поиска следовых процессов использовался метод динамической селективной корреляции.

Применение динамической корреляции имело целью выделение по функциям текущей частоты паттернов активности, которые по распределению импульсных рядов статистически подобны пространственно-временному рисунку мультиклеточной активности, развившемуся в фазе предъявления тестов или рельефам динамических спектров вербальных тест-стимулов. Основу метода динамической селективной корреляции составляет вычисление кросскорреляционной функции при непрерывном одностороннем сдвиге анализируемых рядов с целью определения зон корреляционного сходства опорного (психолого-специфического) и анализируемого рядов. На основании данных динамической корреляции на запись мультиклеточной активности наносились синхросигналы, отмечающие зоны достоверной (99,9%) корреляции, что позволило с большой точностью выделять фрагменты активности, содержавшие искомые паттерны. Эти фрагменты подвергались последующей математической обработке на системе «Линк-8».

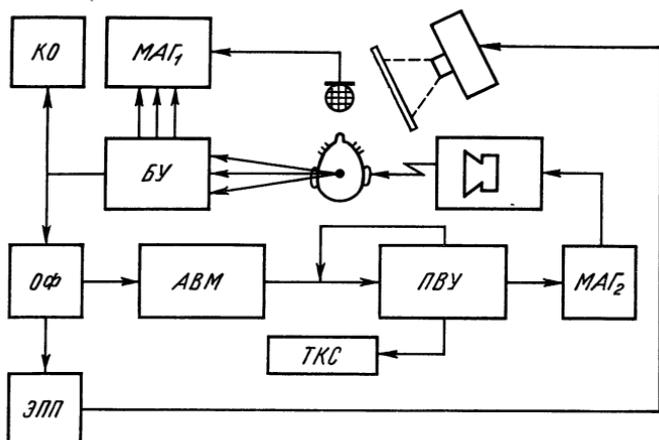
Основу цифровой обработки составляла программа, которая позволила со временем квантования биоэлектрического процесса в 10 мс обеспечить анализ и запоминание амплитуд экстремальных значений процесса и интервалов, характеризующих временное разнесение экстремумов. Эта программа включала две подпрограммы: 1) обеспечивающую построение амплитудных гистограмм максимумов, минимумов и абсолютных значений потенциалов действия, а также построение интервальных гистограмм по максимумам и минимумам процесса, и представляющую информацию о длительности восходящих и нисходящих фаз биопотенциалов; 2) обеспечивающую построение связанных амплитудно-фазовых гистограмм раздельно по длительности восходящего и нисходящего фронтов в сочетании с абсолютной амплитудой спайка и по общей длительности фронтов и абсолютной амплитуде спайка.

Данная программа представляет возможность двухпараметрического разделения потенциалов действия по амплитуде, длительности и (или) длительности фаз. Получаемые пространственные паттерны фактически отражали степень неопределенности процесса.

При анализе данных все шире используются возможности многофакторного анализа.

В исследованиях, проведенных П. В. Бундzenом с Ю. Л. Голицыным и А. С. Каплуновским (1973) и далее с Э. Э. Давидом, удалось существенно дополнить полученные ранее данные о характерном спектре импульсной активности при психологических тестах и обнаружить прежде всего зависимость паттерна импульсной активности в ряде нейронных популяций от акустических характеристик словесного раздражителя (I тип паттерна).

В методику исследования больного были внесены в соответствии с задачей некоторые изменения. Больным, которым с диагностическими и лечебными целями были вживлены множественные золотые электроды, предъявлялись тесты на краткосрочную память в виде двух-трех (и более) коротких русских слов, бессмысленных сочетаний букв (фонем), составляющих эти слова, иностранных слов, неизвестных больному, и тех же иностранных слов, значение которых затем заучивалось больным. Таким образом, в первом случае запоминались слова, ранее хорошо известные больному, и процесс запоминания мог быть связан с обращением в долгосрочную память, во втором и третьем случае — раздражители, не несущие для больного семантической информации, но разные по звучанию, заведомо не имеющие смысла и имеющие неизвестный еще больному смысл, и в третьем и четвертом случае — слова, одинаковые по звучанию, но в одном случае незначимые, а в другом — имеющие уже определенное



22. Обобщенная блок-схема управляемого эксперимента.

БУ — биоусилители (Disa); МАГ₁ — четырехканальный магнитописец; ОФ — ограничитель-формирователь активности; АВМ — аналоговая вычислительная машина МН-7; ПВУ — программно-временное устройство; МАГ₂ — магнитофон для воспроизведения фонограмм; ТКС — табло контрольных сигналов; ЭПП — самописец; КО — контрольный осциллограф. Вверху и справа: микрофон, автоматический проектор, динамик.

значение для больного. В четвертом случае вновь можно было предположить обращение в долгосрочную память. Понятно, что в связи с этим тесты и в первом, и четвертом случае могли иметь известную общность нейрофизиологических механизмов. Больной повторял про себя и вслух тесты по команде врача соответственно через 15 и 30 с после предъявления. Импульсная активность регистрировалась с 30—40 точек мозга первоначально с помощью интегратора.

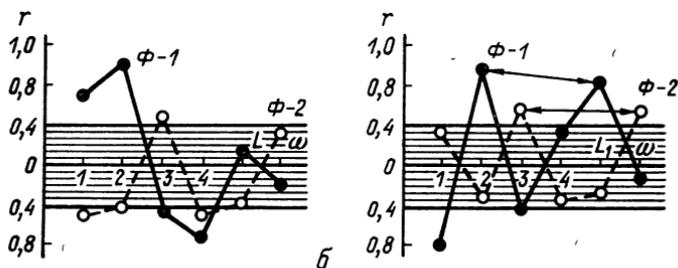
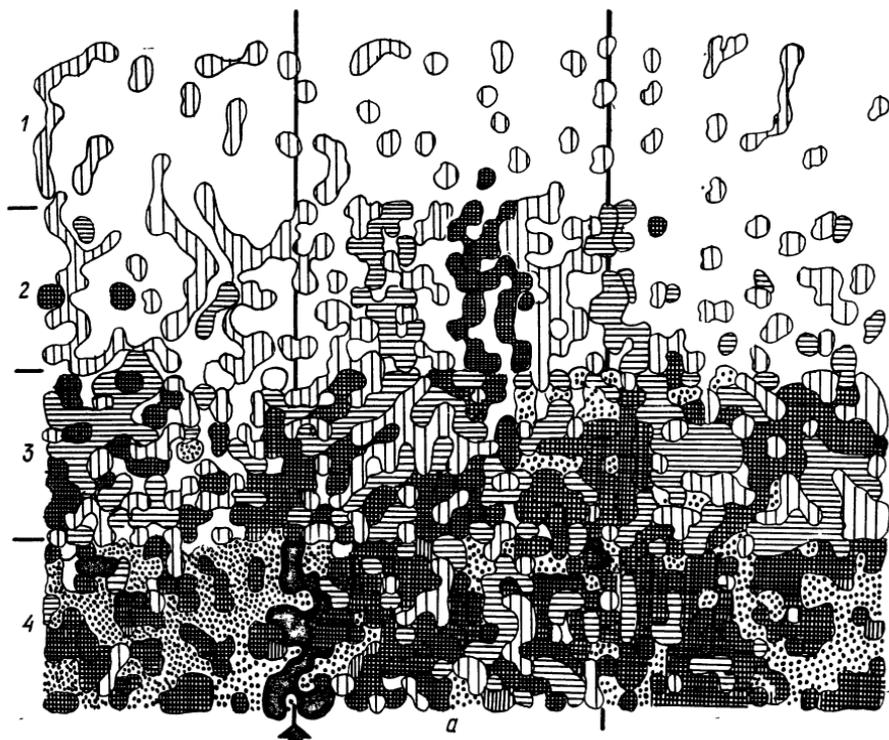
Методом суперпозиции отрезков кривых обнаруживались зоны мозга, связанные с обеспечением данной психологической (мнестической) пробы. Воспроизводимые изменения обнаружены в *centrum medianum*, *nucl. ventr. lateralis thalami*, *nucl. dorsalis superfic. thalami* и др.

В дальнейшем исследовалась активность только этих зон мозга, запись которой осуществлялась на четырехканальном магнитописце.

В работе использовался метод автоматизированного биоуправляемого эксперимента (рис. 22) и ряд тестов предъявлялся, таким образом, синхронно с определенным функциональным состоянием нейронной популяции.

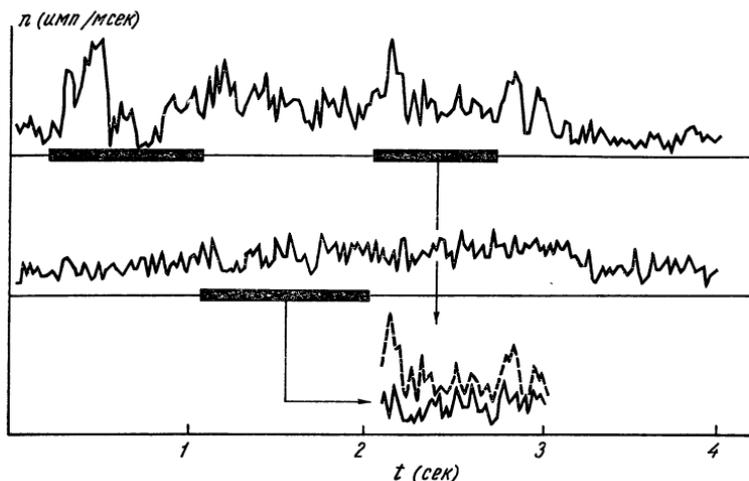
На предъявляемые словесные раздражители обнаружались реакции как тонического, так и фазического типов. Фазический компонент активности обнаруживал функциональную связь с динамикой амплитудно-частотных характеристик акустических раздражителей (рис. 23).

Эта нейродинамика, представляющая собой пространственно-временные паттерны в виде изменения функций текущей частоты отдельных групп нейронов, статистически соответствовала временной структуре максимумов амплитудной характеристики акустического сигнала и в ряде популяций (в области *p. ventralis*



23. Хронограмма импульсной активности нейронной популяции головного мозга человека в аналоговом выражении (а) и результаты факторного анализа матрицы интеркорреляций функций текущей частоты, выделенных из мультиклеточной активности методом амплитудной дискриминации и характеристик вербального сигнала при десятикратном предъявлении слова «хор» (б).

На а: ось абсцисс — время (эпоха 40 мс), ось ординат — активность, зарегистрированная в пределах четырех дискриминационных окон (1, 2, 3, 4) при десятикратном предъявлении вербального сигнала. Вертикальная штриховка — 1 импульс за 40 мс; горизонтальная — 2 импульса за 40 мс; поперечная — 3—4 импульса за 40 мс; области с точками — 5—7 импульсов за 40 мс; зачерненная область — 8—12 импульсов за 40 мс; вертикальные линии — начало и окончание вербального сигнала. На б: по оси абсцисс 1, 2, 3, 4 — активность дискриминационных уровней L и ω — соответственно значения огибающей амплитуды и функции ведущей частоты вербального сигнала; по оси ординат — коэффициенты корреляции. $\Phi-1$ и $\Phi-2$ — структура первого и второго факторов. Пунктир — область недовольных факторных значений. Вверху — контрольный факторный анализ фоновой активности и характеристик вербального сигнала; внизу — факторный анализ активности в момент воздействия вербального сигнала.



24. Пример опережения паттерна ответа в одной из областей латерального членика бледного шара при анализе МКА нейронной популяции на краткосрочную вербальную память.

Представлена текущая частота МКА ($t=20$ мс) в разных областях латерального членика бледного шара. На верхней кривой отмечены — момент задания и момент ответа; на нижней — момент возникновения опережающего паттерна. По координатным осям — n (количество импульсов за 20 мс) и t (время в с).

lateralis thalami, centrum medianum thalami и др.) отражала соотношение частот спектральных максимумов вербального раздражителя. По-видимому, в данном случае удалось обнаружить своего рода первичное кодирование словесных сигналов по «акустическому» типу. Оно, вероятно, является необходимой ступенью для дальнейшего взаимодействия с энграммами долгосрочной памяти.

В фазе удержания в памяти обнаруживается более или менее стойкое воспроизведение возникшего паттерна, причем в течение 3—6 с (от этапа задания) развивается характерный процесс сжатия во времени его последовательных элементов. Дальнейшая динамика возникшего паттерна существенно связана с другими особенностями предъявляемого раздражителя.

Паттерн, возникший на хорошо известные слова, в течение первых секунд затухает, причем к моменту мысленного или реального воспроизведения заданных слов формируется новый пространственно-временной паттерн импульсной активности, характеристики которого приближаются к характеристикам выходного сигнала (слова, произносимые больным). Этот паттерн обнаруживается в импульсной активности нейронных популяций еще до произнесения слова больным (примерно за 38 и более мс) и, по-видимому, может рассматриваться как управляющий сигнал (рис. 24).

На иностранные слова, т. е. вербальные раздражители, имеющие ранее неизвестное акустическое звучание и неизвестное значение, обнаруживается наибольшая длительность реверберации паттернов активности, сформированных в фазе задания — вплоть до фазы воспроизведения теста большим (рис. 25). Анализ импульсной активности при предъявлении тех же слов после заучивания их значения, осуществленный методами классификационного анализа (Ю. Л. Гоголицын, 1973), показал, что процесс обучения новым вербальным раздражителям приводит к закономерному уменьшению продолжительности времени обнаружения возникшего паттерна.

При этом формируется динамика паттернов импульсной активности, подобная той, которая обнаруживалась при предъявлении известных слов (рис. 26).

Следовательно, речевой ответ в процессе выполнения теста на вербальную память может наблюдаться при двух основных вариантах нейродинамики в области зон мозга, где выявляется первичный код:

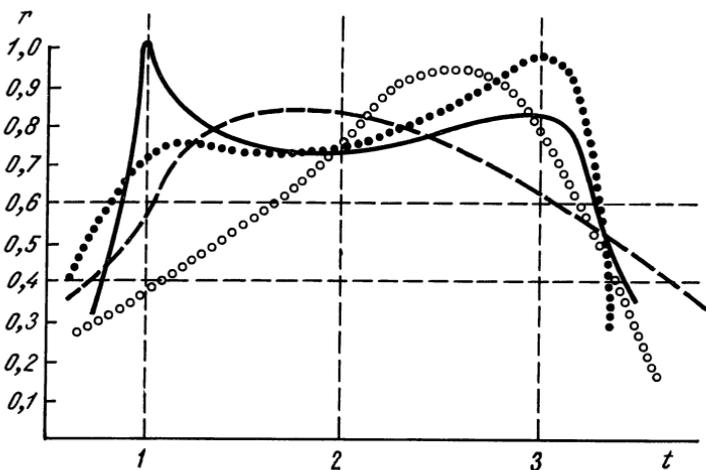
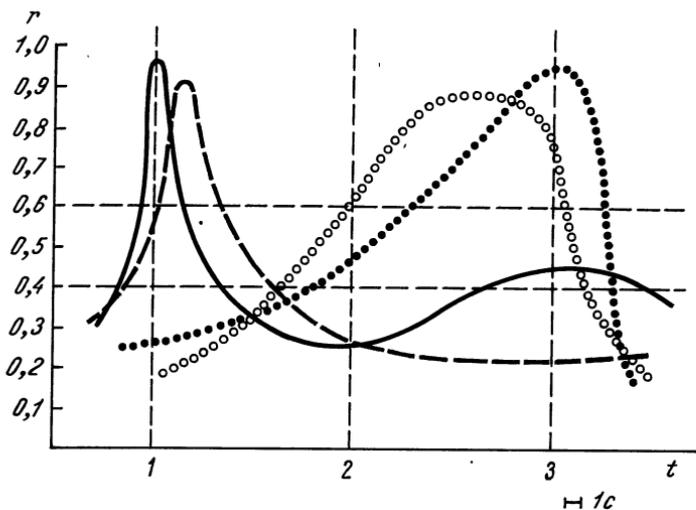
1) при рекомбинации паттерна активности, образующегося в фазу задания, и развитии нового статистически отличающегося нервного кода (случаи краткосрочной оперативной памяти, базирующейся на обращении к долговременной памяти);

2) на фоне устойчивого сохранения характеристик паттерна активности, возникающего в фазе задания иностранных слов, имеющих неизвестную акустику и несущих неизвестную для исследуемого семантическую нагрузку (случай кратковременной памяти при отсутствии следов в долговременной памяти). По всей вероятности, в последнем случае имеет место мотивационно обусловленная (подкрепленная) максимальная мобилизация механизмов краткосрочной памяти, что выражается, в частности, в ультрастабильности реверберации следовых процессов, сформировавшихся в фазе задания.

Таким образом, математический анализ динамики импульсной активности работающих нейронных ансамблей показал различия их функциональной организации при оперативной памяти с наличием базиса долгосрочной памяти и оперативной кратковременной вербальной памяти без соответствующего базиса.

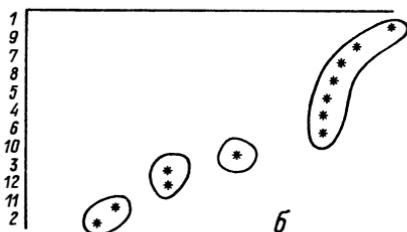
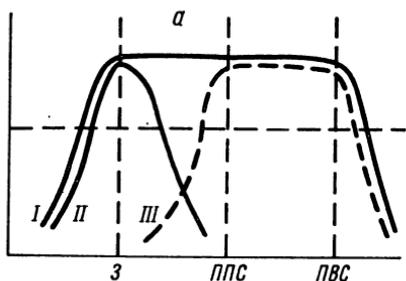
Кратковременная память характеризуется более устойчивой реверберацией следовых процессов, которую, очевидно, правомерно рассматривать как адаптивное автоподкрепление, необходимое для обучения, т. е. формирования устойчивых структурных (биохимических) изменений в нейронных системах, с целью создания дополнительного базиса долговременной памяти. На коротком временном интервале мнестической пробы устойчивый следовой процесс обеспечивает, по-видимому, также формирование необходимой ответной реакции.

Прямым подтверждением высказанной точки зрения являются результаты исследований по обучению больных ранее неизвестным иностранным словам.



25. Усредненные результаты математической обработки по оптимальной динамической селекции характеристических паттернов мультиклеточной активности в условиях тестов на кратковременную вербальную память.

По оси абсцисс — время (эпоха 1,0 с). По оси ординат — значения коэффициентов корреляции. Вертикальные пунктирные линии разграничивают этапы теста: 1 — фаза задания; 1–2 — этап удержания вербальной последовательности в памяти; 2 — фаза мысленного воспроизведения теста; 2–3 — удержание в памяти; 3 — речевое воспроизведение теста. Горизонтальные пунктирные линии ограничивают зону достоверности с вероятностью 0,95. Вверху — динамика паттернов активности при запоминании набора русских слов. Сплошная линия — динамика паттернов, подобных по временной структуре нейронной активности, формирующейся в фазе задания. Точечная (зачерненная) линия — динамика паттернов, подобных по временной структуре нейронной активности, имеющей место в фазе речевого воспроизведения вербальных сигналов. Пунктирная и точечная (светлая) линии — результаты селекции указанных типов паттернов при редукции их во времени. Внизу — динамика паттернов активности при запоминании набора неизвестных иностранных слов.



I	До обучения			
	После обучения			
II	До обучения			
	После обучения			
III	До обучения			
	После обучения			
		З	ППС	ПВС

26. Результаты классификационного анализа паттернов динамики мультиклеточной активности, полученных при обучении новым вербальным сигналам (иностранным).

а — схема устойчивости паттерна. Кривая *I* показывает ультрастабильную структуру паттерна активности, возникшего в момент задания, при реализации теста на запоминание неизвестных иностранных слов. После того, как смысл слов был выучен испытуемым, в момент задания возникал тот же паттерн (*II*), но в последующих фазах теста он с достоверностью изменялся (*III*). По оси абсцисс — фазы теста: *З* — задание, *ППС* — повторение про себя, *ПВС* — повторение вслух. По оси ординат — достоверность сходства. *б* — вид выводимых из ЭВМ результатов классификации. Слева — номера анализируемых фрагментов, по оси абсцисс — мера сходства паттернов. Справа — сводная таблица результатов классификации, *I, II, III* — пара слов, предъявляемая по 2 раза до и после обучения. По горизонтали — фаза теста. Рамками обведены фрагменты, имеющие достоверно сходную (99,9%) динамику мультиклеточной активности. Фазы *ППС* после обучения в отдельные классы не выделены, но сходны (достоверность 95%) с соответствующими фазами *ПВС* после обучения.

Наряду с таким типом перестройки, метод динамической корреляции позволил выделить еще один тип паттернов, характеристики которых не обнаруживали связи с амплитудно-частотным рельефом словесного сигнала (Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, В. Д. Кайдел, Э. Э. Давид, 1973). При предъявлении словесных раздражителей в нейронных популяциях ассоциативных структур (*n. dorsomedialis*, *n. lateralis posterior thalami* и др.) появлялась и в дальнейшем более или менее устойчиво сохранялась пространственно-временная перестройка импульсной активности относительно более сложного рисунка по сравнению с паттернами первого типа. В тестах использовались слова с высоким и низким индексами частоты и квази-слова. Динамика этих паттернов, условно названных П. В. Бундзеном «автономными», обнаруживала зависимость от вероятности употребления вербальных сигналов в речевом поведении человека.

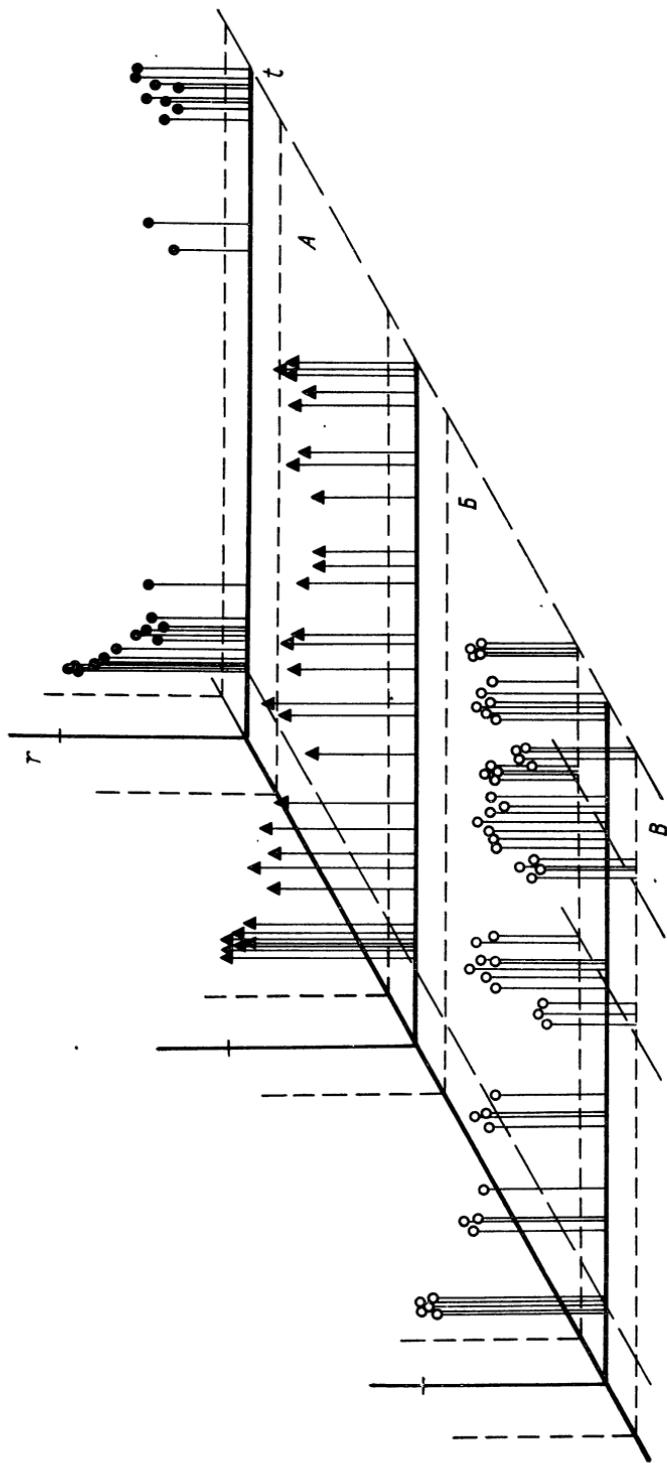
При применении в тестах на краткосрочную память слов, имеющих высокий частотный индекс, устойчивые автономные паттерны наблюдаются только в первые 2—3 с ретенции теста в памяти и в конце ретенции. При запоминании слов, характеризующихся низким индексом частоты, автономные паттерны обнаруживались значительно дольше, на протяжении 18—30 с (при общей длительности ретенции 30 с). В случаях предъявления большому квази-слов отмечается ультраустойчивая периодическая реверберация автономных паттернов, которая к концу фазы ретенции обнаруживается в работе всех нейронных популяций (рис. 27). Эту динамику можно рассматривать, как дистантный результат формирования энграмм долгосрочной памяти при воздействии на них «акустических» паттернов.

Динамический гистограммный анализ автономных паттернов позволяет думать о том, что поздние высокочастотные компоненты паттернов имеют пачечную структуру. В период удержания теста в памяти структура автономных паттернов изменялась в соответствии с индексом частоты слов, по-видимому, в зависимости от возможности семантического декодирования.

Структура паттернов мультиклеточной активности при кодировании слов с высоким индексом частоты уже в фазе задания отличается тонкой дифференциацией, которая через 2—3 с после фазы задания значительно реорганизуется. Использование приведенных выше приемов анализа позволило предположить, что паттерны этого типа характеризуются не только пачечной структурой, но и генерацией потенциалов действия определенной формы. Подобные по структуре паттерны активности возникают вторично только после инструкции на воспроизведение теста.

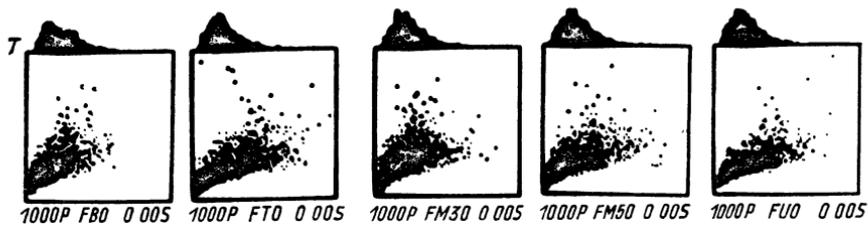
При предъявлении слов с низким индексом частоты развивается значительное изменение импульсной активности при отсутствии выраженных элементов структурирования импульсных потоков. В начальных фазах ретенции тестов наблюдается резкое уменьшение количества низко- и высокоамплитудных потенциалов действия при возрастании активности групп нейронов со среднеамплитудными значениями потенциалов действия. Перестройка импульсной активности оказывалась более устойчивой. По мере удержания вербальных сигналов в памяти происходило постепенное незначительное усиление пространственной синхронизации элементов популяции и стабилизация по форме потенциалов действия. Дифференциация популяций достигала максимума на 6—12-й секундах ретенции слов в памяти.

Характерным для перестройки импульсной активности при предъявлении квази-слов является значительное возрастание высокоамплитудных разрядов и нарастающая синхронизация элементов популяции. Дифференциация популяций может наблюдаться только в конце фазы ретенции, а структурирования импульсных потоков, которое наблюдается при предъявлении семантически значимой информации в условиях запоминания квази-слов, не отмечается (рис. 28).



27. Динамика следовых процессов в потоках мультяклеточной активности при запоминании слов, имеющих различный индекс частоты.

Ось абсцисс — время (t). Ось ординат — величина коэффициентов корреляции (r). Линии длинного штриха ограничивают фазы задания и воспроизведения тестов, линии короткого штриха параллельные оси абсцисс и ординат, — активности соседних групп нейронов. Затемненными кружками, треугольниками и кружками без затемнения обозначены величины коэффициентов корреляции и их проекции на оси времени. A — динамика следовых процессов при кодировке слов высокого частотного индекса, B — низкого частотного индекса и C — квази-слов.

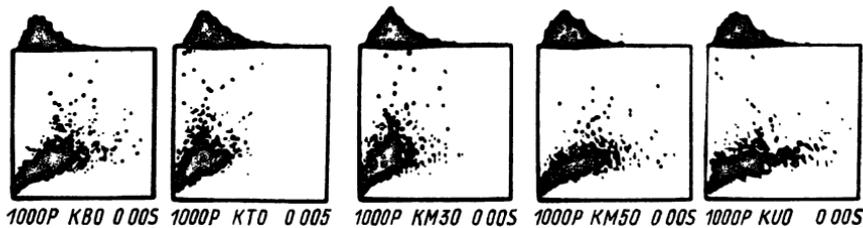
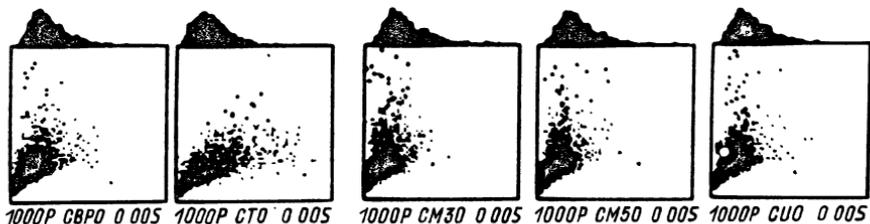


A_1

JATH $A_1 = 2000 \text{ mV}$ $T = 5 \text{ ms}$



$A_1 = 2000 \text{ mV}$ $T = 5 \text{ ms}$



Применение многофакторного анализа позволило выделить новую высокоспецифичную форму кодирования словесных сигналов, обнаруживающуюся и одновременно с акустическим кодированием, и в отсутствие акустического кода. Этот код проявляется перестройками взаимодействия близлежащих и, по-видимому, отдаленных групп нейронов — динамической пространственно-временной реорганизацией нейронных ансамблей. Весьма вероятным кажется, что определенные типы пространственной реорганизации нейронных ансамблей могут отражать смысловое кодирование в мозгу. Высокая специфичность этого кода позволила опознавать в импульсной активности нейронных ансамблей появление коррелятов слова еще до произнесения его больным и появление коррелятов отдельных фонем. Основываясь на этом типе кода, удается исследовать уже и течение простейших собственно мыслительных процессов в мозгу.

Таким образом, кодирование словесных сигналов может характеризоваться перестройкой текущей частоты импульсной активности нейронных ансамблей, появлением пачечной структуры в импульсации, импульсов определенной формы и пространственным паттерном взаимоотношений нейронных ансамблей.

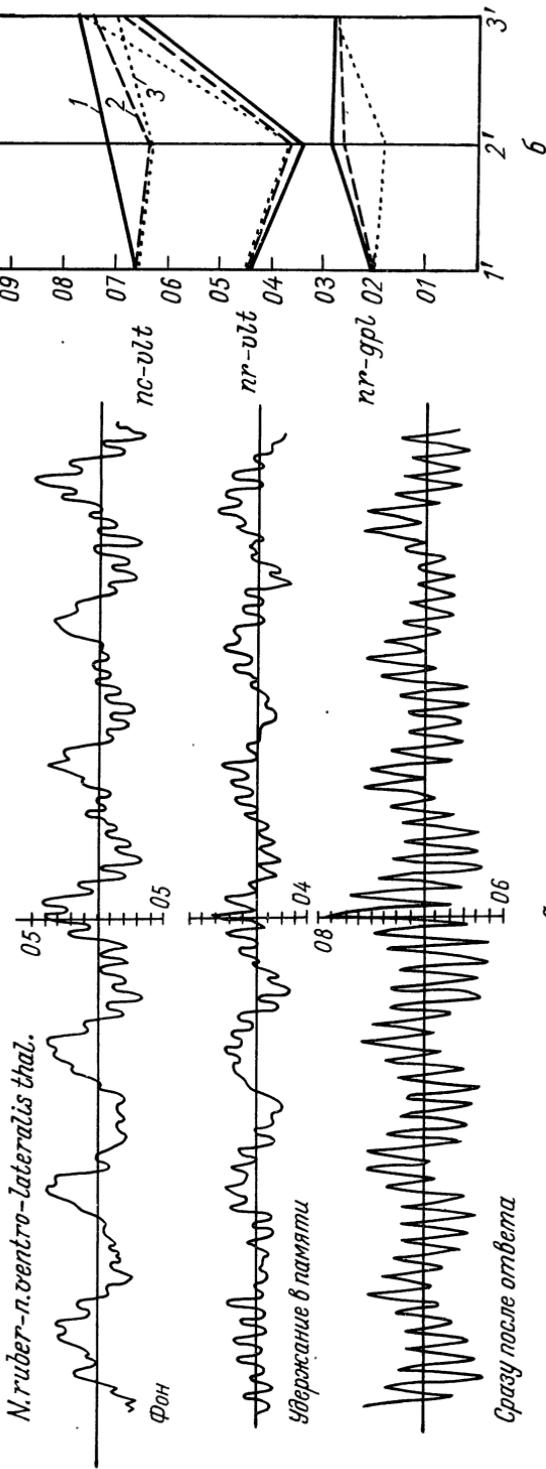
ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗВЕНЬЕВ МОЗГОВОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исследование механизмов, или, точнее, пока получение объективных признаков объединения исследуемых структурно-функциональных элементов в систему, является логическим элементом, без которого не может быть действительной полноты суждения об изучаемом вопросе даже и на настоящем уровне знаний.

Результаты электрического воздействия и данные наблюдения физиологических показателей состояния мозга при психической деятельности показали, что в обеспечении этой деятельности участвует очень много звеньев, с очень многими полифункциональными клеточными популяциями связаны и психические функции. Логично и естественно представить себе, что все это не разрозненные элементы, а звенья одной системы. Это слово очень часто употребляется в биологии по существу бездоказательно; как указывалось выше, основой для суждения о наличии системы нередко является лишь результат. Наблюдение конечного инте-

28. Структуры паттернов мультиклеточной активности, выделяемых при кодировании слов, имеющих различный индекс частоты.

Верхние ряды на *a*, *b* и *в* — гистограммы *IATH*. Нижние ряды — двумерные распределения центров тяжести *IATH*, вычисленные с помощью программы JSCHW (см. текст). Ось абсцисс гистограмм — амплитуда спайков (*A*), ординат — длительность спайков (*T*). Под каждой гистограммой представлено общее количество спайков, образующих гистограмму (*P*). Индекс кодируемых вербальных сигналов и размерность оси ординат. Группа *F* гистограмм соответствует кодировке слов, имеющих высокий индекс частоты; группа *C* — кодировке слов низкого индекса частоты, и группа *K* соответствует кодировке квази-слов. Во всех рядах динамических гистограмм: *BO* — фрагмент фоновой активности; *TO* — фаза предъявления вербальных сигналов; *M 30* и *M 50* — фазы удержания вербальных сигналов в памяти; *UO* — фаза воспроизведения вербальных сигналов.



29. Динамика корреляционных отношений при пробах на оперативную память.

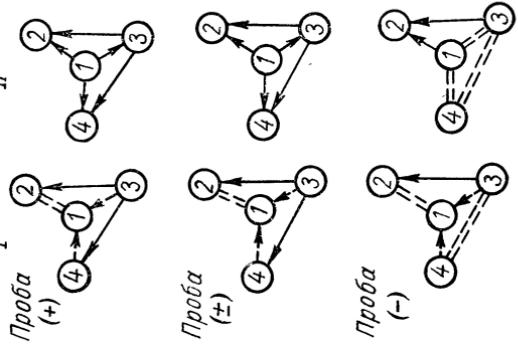
а — кросскоррелограммы, полученные в результате обработки ЭСКОГ на разных фазах выполнения проб на оперативную память. По оси ординат — коэффициент корреляции; б — типовые варианты динамики коэффициентов кросскорреляции, *nc* — центральное ядро, *nr* — вентро-латеральное; *nr* — красное ядро; *grv* — латеральный членник бледного шара; 1' — проба выполнена правильно; 2' — с существенной ошибкой, 3' — с небольшой ошибкой, 1 — фон, 2 — удержание в памяти, 3 — после ответа.

Уверожание в памяти.

После ответа.

II

I



29. Продолжение.

6 — схема мозга: 1 — центральное ядро; 2 — вентро-латеральное ядро; 3 — красное ядро; 4 — латеральный членок бледного шара; 2 — графическое представление динамики взаимодействия во времени между подкорковыми структурами по быстрой (I) и по медленной (II) составляющим кросскоррелограмм. Стрелки направлены от «опережающей» структуры к «запаздывающей»; прерывистая линия без стрелок — отсутствие сдвига во времени.

грального эффекта используется как основание для постулирования наличия центральной интеграции и в том числе как свидетельство деятельности системы.

Современные возможности анализа физиологических данных позволяют исследовать этот вопрос. Одним из адекватных приемов его изучения является корреляционный анализ, уже более десяти лет завоевавший прочное положение в изучении взаимосвязи различных образований мозга по их биоэлектрическим характеристикам (Brazier, Barlow, 1956; О. М. Гриндель, 1965; В. В. Беляев, 1968).

Способом корреляционного анализа ЭСКоГ Brazier (1967) изучена динамика взаимодействия подкорковых структур человека в бодрствующем состоянии и при засыпании.

Допустимо представить себе, что, если верно высказанное выше предположение об отражении в ЭЭГ (ЭСКоГ) состояния, оптимального для какой-то данной деятельности, складывающегося из состояний многих отдельных структур мозга, то именно в ЭСКоГ (ЭЭГ) в первую очередь можно и нужно искать признаки объединения отдельных структур в системы, обеспечивающие различные виды деятельности.

Блестящие иллюстрации этого положения имеются в работах М. Н. Ливанова (1972) и его сотр. (М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, 1966), проведенные, однако, у человека лишь при анализе ЭЭГ, регистрируемой от покровов черепа.

Понятно отсюда, что способом корреляционного анализа исследовалась при изучении вопроса о системе, обеспечивающей деятельность в условиях прямого контакта с мозгом, прежде всего ЭСКоГ.

Исследование фоновых электросубкортикограмм способом корреляционного анализа (В. В. Беляев, 1968, 1970) показало наличие характерных закономерностей соотношений биопотенциалов в различных подкорковых структурах мозга в условиях спокойного бодрствования.

Применение фармакологических препаратов нейротропного ряда наряду с уменьшением выраженности паркинсонических проявлений могло изменять эти отношения — вплоть до развития обратных фоновым (В. В. Беляев, А. Д. Аничков; цит. В. В. Беляев, 1968). На основе сугубо предварительных данных, полученных в этом направлении при изучении психической деятельности, можно уже говорить, что при ее реализации в подкорковых структурах удается обнаружить отчетливые изменения взаимосвязи между различными образованиями. Изменения тесноты связи на разных этапах выполнения пробы на оперативную память в наиболее четкой форме обнаруживались по параметру времени различия состояний высокой корреляции между структурами, условно — времени «запаздывания» или «опережения» биоэлектрических явлений в одной структуре по отношению к другой (В. В. Беляев, 1968). При этом различия в зависимости от фазы пробы, ее характера и качества выполнения пробы

могли обнаруживаться как по быстрой, так и по медленной составляющей кросскоррелограмм (рис. 29). Кросскорреляционный анализ ЭСКОГ, таким образом, обнаружил, что в процессе психической деятельности взаимодействие подкорковых структур может перестраиваться вплоть до существенного отличия их от фоновых. Обращает внимание значительность синхронизации во времени биоэлектрических процессов в различных глубоких структурах мозга после ответа, как правильного, так и ошибочного, что может быть связано, вероятно, с включением эмоционального компонента («самооценка») и сопутствующих ему нейро-гуморальных распространенных сдвигов в мозгу.

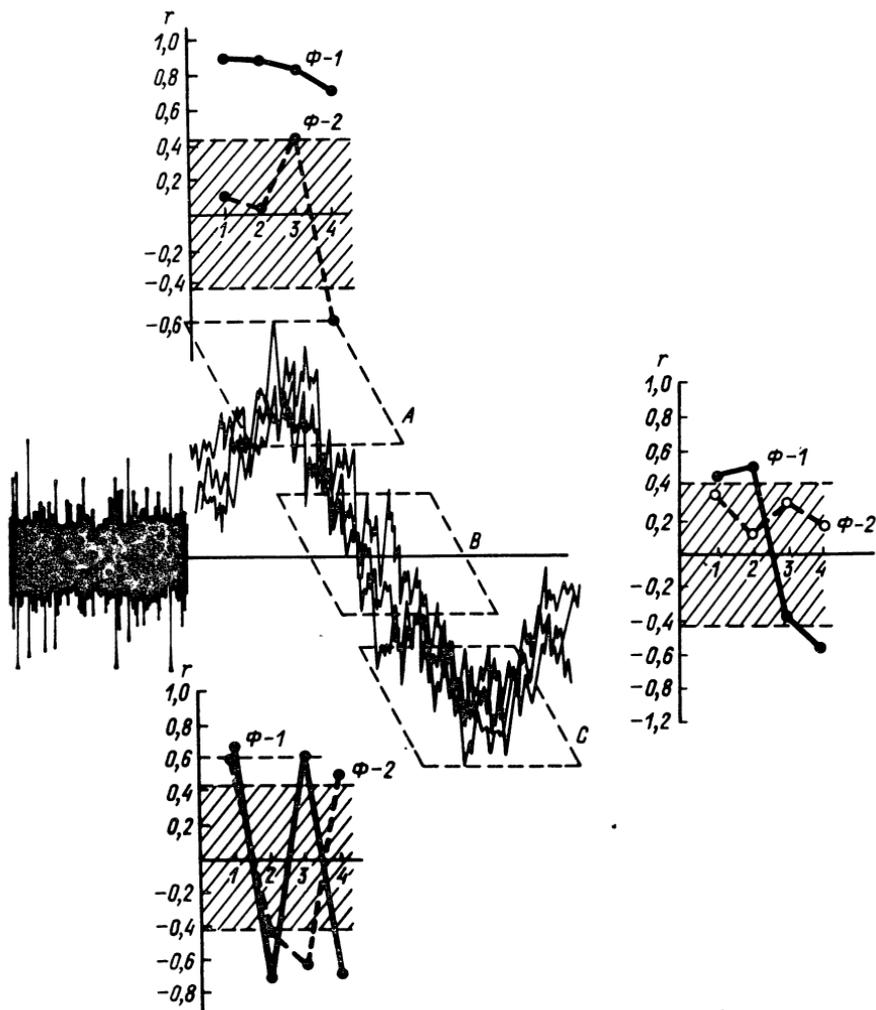
Что же касается самого коэффициента корреляции биопотенциалов, его отклонения между исследованными структурами, как видно (см. рис. 16, в), были в целом невелики и прослеживались в трех основных вариантах — сохранении на высоком или низком уровнях по всем этапам пробы или падении в фазу удержания в памяти с подъемом вновь после ответа. Отношения этого последнего рода, как вполне понятно, характеризующие уменьшение тесноты связи по данному параметру, отмечались между красным ядром и центральным ядром зрительного бугра.

Значительно более детально процесс перестройки взаимоотношений между элементами нейронной популяции, регистрируемой от одного электрода, и между различными нейронными популяциями, регистрируемыми от тех электродов, в области расположения которых обнаруживались воспроизводимые изменения физиологических параметров мозга при психологических пробах, выявился при анализе импульсной активности (Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, А. С. Каплуновский, Ю. К. Матвеев, 1972; Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, 1974).

Исследования обнаружили, что в состоянии спокойного бодрствования (фон) активность нейронных популяций характеризуется вариациями частоты импульсов, их группировки и характером функциональной организации. Способом факторного анализа (А. С. Каплуновский, 1974) было показано, что при максимальной частоте импульсных разрядов организация популяции отличается выраженной синергичностью работы большинства групп нейронов. В периоды минимальной частоты разрядов нейронных популяций, наоборот, обнаруживается значительная дифференцированность популяции. Таким образом, в нейронных популяциях «спонтанно» формируются ансамбли, в которых участвует различное количество морфофункциональных групп нейронов (рис. 30).

Предъявление психологических тестов вызывает перестройку «спонтанных» флюктуаций. В этих условиях формируются рабочие нейронные ансамбли, в данном случае функционально объединенные в соответствии с реализуемой задачей.

При этом, так же как и в периоды максимальной дифференцированности популяции, в фоновой активности в рабочем состоянии чаще всего обнаруживаются реципрокные взаимоотношения



30. Характер изменений структурно-функциональной организации нейронных популяций в течение сверхмедленного цикла фоновой активности.

В центре — условно обозначены фрагменты интегрированной мультиклеточной активности нейронных популяций. Зоны А, В и С, ограниченные пунктирами, — участки активности, подвергавшиеся последующей обработке и соответствующие зонам А, В, С результаты факторного анализа матриц интеркорреляций между функциями текущей частоты групп нейронов. Оси абсцисс — 1, 2, 3, 4 — активность групп нейронов, выделенная дискриминационным анализом. Оси ординат — коэффициенты корреляции. $\Phi-1$ и $\Phi-2$ — структура первого и второго факторов. Штриховкой обозначена область недостоверных значений. Слева представлен фрагмент оригинальной записи мультиклеточной активности.

нейронов близлежащих групп, однако конкретная организация нейронной популяции может быть другой. Физиологической основой этого явления следует считать, по-видимому, процесс латерального торможения (Ю. К. Матвеев, 1971).

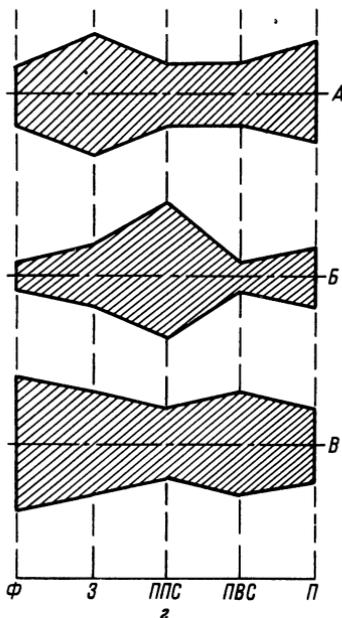
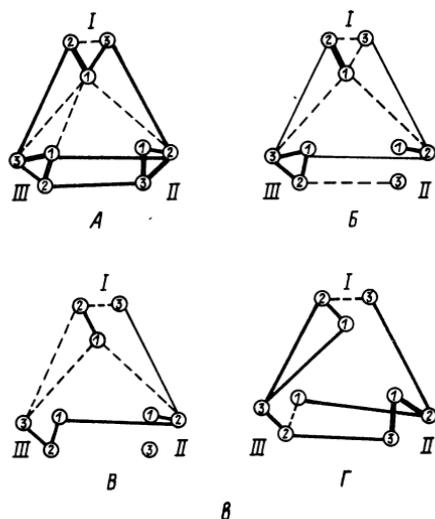
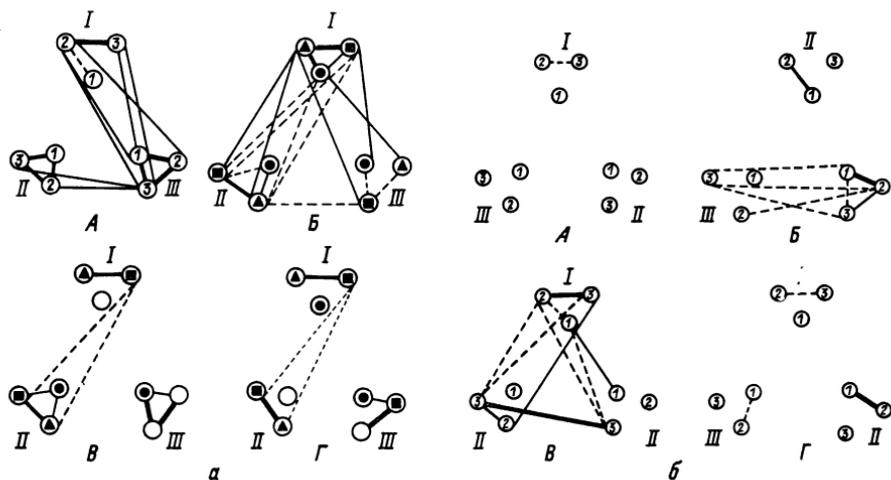
Одним из важных условий, предопределяющих правильность выполнения тестов на краткосрочную память, оказался уровень текущей частоты и характер структурно-функциональной организации популяций в момент предъявления теста. Предъявление словесных раздражителей в периоды экстремальных значений функции текущей частоты и, таким образом, максимальной синергичности или, наоборот, дифференцированности состояния нейронных популяций сопровождалось снижением качества выполнения тестов в виде появления перестановки словесных сигналов и ошибочного их воспроизведения.

Отсюда, по-видимому, можно предположить, что оптимальными исходными условиями для переработки информации на уровне нейронных популяций головного мозга, по всей вероятности, являются временные интервалы (фазы), когда организация нейронных популяций характеризуется определенной степенью индетерминизма.

Изучение динамики мультиклеточной активности ранее идентифицированных нейронных популяций показывает, что, во-первых, в период удержания вербального теста в памяти, как и в фазе задания, наблюдается сокращение общего числа межпопуляционных связей с преимущественным сохранением (жесткие компоненты) структуры связей, сформировавшихся в фазе задания. Во-вторых, наряду с прогрессивным снижением частоты импульсных разрядов, возрастает мощность отрицательных корреляционных связей, что свидетельствует об усилении реципрокности работы нейронных ансамблей, принимающих участие в обеспечении психической деятельности. При этом в нейродинамической системе стабильно сохраняются профили функциональных отношений между нейронными ансамблями, в которых с наибольшей вероятностью обнаруживаются следовые процессы (рис. 31).

Анализ процессов самоорганизации нейронных систем в фазе сохранения следовых реакций позволяет прийти к заключению, что в данных условиях находит свое выражение не принцип тотальной минимизации взаимодействия звеньев системы, а скорее принцип оптимальной минимизации взаимодействия функционально значимого нейродинамического комплекса с нейронными элементами, не определяющими непосредственно результат текущей деятельности (П. В. Бундзен, см. Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, 1974).

Вероятно, в этих условиях происходит минимизация возможностей взаимодействия работающей функциональной системы с «посторонними факторами», со «средой». Реализация данного принципа самоорганизации способна обеспечить формирование экономичного режима работы системы наряду с активным повы-



31. Результаты кросскорреляционного анализа функций текущей частоты нейронных групп (1, 2, 3), выделяемых в пределах нейронных популяций (I, II, III) в условиях правильной (а) и неправильной (б, в) реализации теста на краткосрочную вербальную память.

Сплошная толстая линия — вероятность положительной связи 0,999; тонкая — 0,99; штриховая тонкая линия — вероятность отрицательной связи 0,95; толстая — 0,99; точечная линия — вероятность отрицательной связи 0,999.

Фазы: А — фоновой активности, Б — задания теста на вербальную память, В — мысленного воспроизведения теста, Г — воспроизведения теста вслух.

На з: усредненная динамика общих мощностей матриц интеркорреляций функций текущей частоты активности групп нейронов, выделяемых из популяций дискриминационным анализом на различных этапах тестов на кратковременную вербальную память. Ось абсцисс — этапы тестов; Ф — фон; З — фаза задания; ППС — фаза мысленного воспроизведения теста; ПВС — фаза воспроизведения теста вслух; П — последствие; А — правильная, Б и В — ошибочная реализация тестов. Ось ординат — относительная мощность корреляционных связей.

шением устойчивости информационно значимого структурно-функционального комплекса в условиях «шумового» окружения.

Формирование функционально-детерминированных нейронных ансамблей является, по-видимому, одним из важнейших условий «настройки» полифункциональной нейронной популяции на участие в обеспечении определенного вида деятельности. Именно на этой основе уже в пределах ансамблей развиваются изменения, соотносимые не только с фазовой структурой психологического теста, но и с характеристиками предъявляемых раздражителей.

Направленное изучение нейрофизиологических механизмов психической деятельности человека, проведенное способом анализа физиологических показателей мозга в условиях их непосредственной регистрации, позволило получить данные о некоторых принципах работы мозга. Исследовано около 2000 точек мозга. Избирательно изучались физиологические явления специально при очень малом количестве сравнительно простых видов психической деятельности (чтобы уменьшить количество неизвестных при решении сложных «уравнений» и т. д. и т. п.), но это было необходимо на данной фазе исследований.

Результаты исследований, в которых впервые использовался комплексный метод изучения физиологических коррелятов психического, уже позволяют судить, по крайней мере, о некоторых физиологических механизмах — основах психической деятельности человека.

Эти исследования показали возможность изучать мозговую канву психического, исследовать, как, за счет каких реакций обеспечивается адекватность психической деятельности меняющимся условиям среды, ее гибкость в этих условиях и в то же время максимальная экономичность в работе мозга. Начат новый этап — изучение кода психических явлений.

Вполне понятно, что данные, полученные на больных, не могут быть абсолютно однозначными для здорового мозга. Однако установленные принципы, по-видимому, имеют общую ценность, и можно надеяться, что накопление дальнейших результатов не только подтвердит эту общность, но и позволит постепенно ответить на многие, до сих пор еще не ясные вопросы о механизмах самой сложной функции мозга человека — психической деятельности.

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОБЛЕМЫ

Прогресс исследований в самых различных областях науки связан с запросами практики, методическими возможностями и движущими идеями. Плодотворная, перспективная идея может далеко осветить трудную дорогу в неведомое. Возникшее в мозгу исследователя, несмотря на недостаточную информацию, верное представление о предмете может быть «отложено» и забыто первоначально в связи с отсутствием инструмента получения дополнительной информации, проверки и разработки идеи. Оно может быть иногда через многие годы вновь «открыто», может «ожить» — тогда, когда новое методическое решение позволит поставить необходимый эксперимент, который явится окончательным судьей в оценке идеи.

В физиологии высшей нервной деятельности ярким примером сочетания плодотворных идей и метода явился павловский этап ее экспериментального изучения.

Попытки изучения физиологии психических явлений человека с использованием модельных условнорефлекторных реакций подтвердили, что условнорефлекторный принцип распространяется и на деятельность мозга человека. Эти модельные ситуации, однако, сравнительно мало дали для понимания нейрофизиологических механизмов сложных психических явлений человека. При сопоставлении данных, полученных при применении условнорефлекторных и простейших психологических проб, уже на основе анализа только одного прямого показателя развития изменений в мозгу — электроэнцефалограммы — видно, что ЭЭГ в этих двух принципиально сходных ситуациях может быть отчетливо различной. Она различается и по распространенности развивающихся биоэлектрических перестроек, и по преимущественному вовлечению уровня неспецифических и специфических мозговых структур, а также по ряду других факторов.

Отсюда следовал естественный логический вывод о необходимости для изучения нейрофизиологических механизмов психических явлений использования в сочетании с самыми различными нейрофизиологическими методиками не только стереотипных условнорефлекторных проб, но и психологических приемов. При изучении механизмов психических явлений человека адекватным оказывалось, таким образом, сочетание классических приемов павловской физиологии и возможностей «старой», прошедшей долгий путь развития, психологии с новейшими, наиболее современными возможностями нейрофизиологии.

Среди огромного количества разного рода экстремистских представлений психологов и клиницистов о физиологических механизмах наблюдавшихся ими нормальных и патологических психических явлений человека, несомненно, встречались «золотые зерна». Так и сейчас трудно возразить что-либо по существу в отношении некоторых ранних взглядов Jackson (см. выше). Основные представления о принципах мозговой организации психической деятельности, развивавшиеся И. Н. Филимоновым (1940), поддержанные и обогащенные А. Р. Лурия (1962) и др. и во многом перекликающиеся с этими ранними взглядами, проходят проверку самыми тонкими из возможных сейчас исследований мозга человека. Успехи физиологии мозга человека подтверждают сложность локализации функций и множественность образований различных уровней мозга, участвующих в обеспечении психической деятельности. Функциональная многозначность мозговых структур не только подтверждается на уровне клеточных популяций, но и оказывается основой возможности адекватной реализации сложнейших видов психической деятельности в изменчивых условиях обычной жизни человека. Показанный на тонком нейрофизиологическом уровне многозвеньевой характер системы обеспечения психической деятельности убедительно подтверждает, что нарушение одной и той же психической функции действительно может развиваться при различных локализациях патологического очага, причем нередко лишь очень частные особенности психопатологического синдрома зависят от того, где развился очаг.

Правильность этих представлений, стройных и логичных, но возникших на основе недостаточной информации и поэтому не поднявшихся выше гипотезы, оказалось возможным подтвердить в условиях применения комплексного метода исследования структурно-функциональной и нейрофизиологической организации мозга.

По ходу диагностики и лечения больных способом вживленных электродов и, таким образом, в условиях прямого контакта с мозгом с помощью данного комплексного метода удалось, наконец, получить убедительные факты, позволившие исследовать принципы, на основе которых происходит усложнение мозговых систем регуляции функций. Одновременно удалось обнаружить и некоторые особенности мозговой системы обеспечения психической активности.

В развитие плодотворных идей прошлых лет и на основе использованного комплексного метода была высказана гипотеза об обеспечении психической деятельности человека корково-подкорковой структурно-функциональной системой со звеньями разной степени жесткости,— жесткими, обязательно участвующими в реакции, обеспечивающими экономичность работы мозга, и звеньями гибкими, включающимися в зависимости от вариаций внешней среды, внутренней среды мозга и качества выполняемой психической деятельности.

Отражение внешнего мира с его варьирующими в небольших пределах, сравнительно жесткими закономерностями и множеством «случайных», нерегулярно возникающих явлений, приобретающих доминирующее значение на уровне специально человеческого взаимодействия, и вызвало к жизни, создало (сформировало) как наиболее адекватную систему мозгового психического контроля из жестких и гибких звеньев. Перефразируя мысль С. И. Вавилова (1950) о зависимости строения глаза от характеристик солнечного спектра, можно предположить, что мозговые аппараты высших форм отражения необходимо рассматривать с учетом основных характеристик среды, в том числе и факторов специально человеческой, общественной среды.

Весь опыт неврологической и нейрохирургической клиник подтверждает заменяемость не только гибких, но и, при одностороннем поражении,— жестких элементов. Можно представить себе, что формирование системы, морфологически predeterminedенное опытом видовой эволюции, есть все же всегда преимущественно результат индивидуального развития. На нашем историческом отрезке структурная организация системы есть прежде всего проявление статистического влияния видовых характеристик на индивидуальные.

С другой стороны, сама эта структурная организация или анатомическое «предопределение» есть накопившийся и закрепившийся в процессе эволюции оптимальный опыт индивидуумов. Как же логичнее всего, на основе имеющегося опыта изучения мозга, представить себе влияние индивидуального пути на характеристики вида? Что закрепляется в непрерывно идущем процессе взаимодействия со все усложняющейся средой сейчас? Правомерно ли говорить о переходе условнорефлекторных реакций в безусловные (на уровне человека!) и целесообразен ли этот переход?

По-видимому, изменчивость внешней среды, определившая формирование гибкого структурного аппарата мозговой деятельности (гибкие звенья системы) и гибкого физиологического аппарата (условнорефлекторных реакций), предопределяет и преимущественную целесообразность закрепления облегчения формирования некоторых, наиболее частых и адекватных, а главное, биологически выгодных реакций. В этом случае закрепляется (или, точнее, может закрепляться!) не сама реакция, а легкость ее формирования при необходимости. Влияние индивидуального опыта на видовой, таким образом, может проявляться в виде закрепления основы реакций, что вновь характеризует примат фактора гибкости на данной фазе эволюции. Убедительные примеры именно такого пути, как известно, представляет экологическая физиология. Сходную точку зрения на данный вопрос можно найти и в работе В. М. Бехтерева «Общие основы рефлексологии человека».

Резкое абсолютное и относительное увеличение количества гибких звеньев в системе контроля психической деятельности по

сравнению с другими системами является механизмом, обеспечивающим исключительные возможности работы этой системы.

Именно этот фактор — появление и далее абсолютное и относительное увеличение количества гибких звеньев в системе — является и основным принципом усложнения мозговых систем. Можно попутно отметить, что, с точки зрения соотношения жестких и гибких элементов, существенно различаются между собой не только системы обеспечения психических и, например, двигательных функций, но и системы обеспечения сложных психических и эмоциональных реакций, что, безусловно, ни в коей мере не исключает теснейшего взаимодействия между ними.

Обнаружение преобладания гибких звеньев в мозговой системе обеспечения психических функций раскрыло и причины того, почему физиологическое изучение этой системы так долго не давалось в руки исследователей, пытавшихся изучать ее на основе данных выключения и раздражения мозга (являвшихся у человека, естественно, приемами лечения и диагноза). Выявление гибких звеньев системы в условиях раздражения мозга принципиально могло бы быть осуществлено, однако практически это могло быть реализовано только в том случае, если бы были найдены условия, в которых мог бы выявиться развившийся дефект. Так, например, дефект какого-то вида психической деятельности мог бы быть выявлен при проведении стимуляции на фоне дополнительного «шума», наоборот, в условиях, сенсорной депривации и т. д. Однако, как известно, такого рода специальных наблюдений у человека не производилось. Кроме того, метод электрического раздражения имеет и принципиальные ограничения при изучении структурно-функциональной организации мозга в силу большой вероятности в условиях раздражения наблюдать не только локально обусловленные, но и самые различные простые и сложные дистантные эффекты.

Только объединение всего, что давал «естественный эксперимент» — очаговые болезни мозга, что давали приемы выключения и раздражения участков мозга, — с действительно многосторонними исследованиями его нейродинамики позволило показать, что и каким образом «включается» и выключается в мозгу в процессе обеспечения психической деятельности.

Комплексный метод изучения нейрофизиологии мозга позволил уже сделать ощутимый шаг вперед в познании принципов построения мозговых систем, подтвердив одновременно исключительную плодотворность самой идеи о функциональных системах (П. К. Анохин, 1962).

Он, этот метод, оказался весьма выгодным для изучения тонких механизмов работы нейронных популяций. Важнейшим результатом исследования нейронных популяций — исследования, проведенного при использовании различных, в том числе и не только физиологических, математических, но и фармакологических приемов, оказалась убедительная демонстрация общности исследованных нейрофизиологических механизмов различных

видов деятельности и усложнения этих механизмов лишь на уровне системы. Тем самым на основе строгих фактов был существенно поколеблен (если не опровергнут!) известный дуалистический тезис Шеррингтона о принципиальных различиях нервного и психического и созданы предпосылки для реализации гениального павловского тезиса о необходимости наложения психического узора на физиологическую канву.

Принципиальная возможность, однако, означает лишь наличие пути. Наложение психического узора на физиологическую канву в настоящее время действительно становится возможным, однако каждый шаг на этом пути очень нелегок. Полное изучение именно этих сторон проблемы является сейчас прежде всего вопросом техники, времени и рациональных клинико-физиологических симбиозов, обеспечивающих возможность исследования максимально большого количества областей мозга на различных его уровнях. Первоочередной задачей этого плана является изучение коры больших полушарий, что не только осуществимо, но и очень важно по клиническим соображениям при некоторых формах эпилепсии и при некоторых психических заболеваниях. Вполне понятно, что данные, полученные у больных, не могут быть конкретно однозначными для здорового мозга. Однако установленные принципы, по-видимому, имеют общую ценность, а отсюда — получение большого количества данных у различных больных будет способствовать и накоплению данных, «приложимых» к здоровому мозгу.

Общую ценность наряду с рядом приведенных выше положений могут иметь данные о принципиальных особенностях *механизмов надежности* мозгового обеспечения психической деятельности.

В этом плане первостепенную роль играет многозвеньевая структура системы психического контроля (1) и наличие в ней не только постоянных, жестких, но и переменных, гибких элементов (2).

Свойство «включения» различных звеньев системы с помощью определенных видов биохимической медиации, обеспечивающей возможность функционирования полифункциональной нейронной популяции, как элемента системы психического контроля, может привести и реально приводит к нарушению активности этого звена при повреждении биохимического медиаторного механизма. Динамика биохимической медиации существенно меняет свойства полифункциональной нейронной популяции, «угашая» или, наоборот, активируя различные ее возможности, сужая или расширяя ее функциональный спектр. В то же самое время неодинаковость биохимической медиации в различных звеньях многозвеньевой системы обеспечения контроля психических функций и, таким образом, возможность ее функционирования при нарушении какого-то одного вида биохимической медиации является, несомненно, еще одним важным механизмом ее надежности (3).

Эти механизмы создают предпосылки к реализации психической деятельности при изменениях внешней среды организма и внутренней среды мозга.

Однако рассматривать механизмы надежности обеспечения любой деятельности и, в частности, психической активности невозможно без учета механизма ее оптимизации — механизма, понижающего общую вероятность ошибок, определяющего качество выполнения деятельности. Важнейшим механизмом оптимизации психической деятельности является детекция ошибок, осуществляемая в мозгу нейронными популяциями, избирательно или исключительно реагирующими на ошибочное выполнение заданной деятельности, в данном случае — психологических проб. Сотрудником нашей лаборатории В. Б. Гречиным было показано, что в момент детекции ошибки нейронная популяция, осуществляющая функцию детектора ошибок, становится «ведущей» по отношению ко многим другим нейронным популяциям, ее физиологические процессы опережают аналогичные физиологические процессы, развивающиеся в ряде других нейронных популяций (данные кросскорреляционного анализа динамики наличного кислорода). В свете этих данных приобретает все большую детальность представление о роли детектора ошибок как образования, вызывающего реакцию активации, определяющую возможность осуществления последующей мозговой деятельности на более высоком энергетическом уровне. В мозгу человека сейчас уже обнаружен ряд зон, исключительно или избирательно реагирующих на ошибочное выполнение психологического задания, что позволяет говорить не о детекторах ошибок, а об аппарате детекции ошибок. Не исключено, что обнаруженный аппарат детекции ошибок в целом или, что более вероятно, хотя бы частично является общим для различных деятельностей.

Наличие в мозгу нейронных популяций, тонко реагирующих на ошибочное действие, а также разная степень выраженности реакций на ошибку в психологической пробе дает известные основания предполагать, что значение различных элементов аппарата детекции ошибок неодинаково, и, таким образом, сам аппарат детекции ошибок имеет известную иерархию. Возможно, что эта иерархия динамична и определяется в большей мере характером выполняемой деятельности, однако этот вопрос, естественно, нуждается в дальнейшем изучении. Можно с известной уверенностью лишь сказать, что при реализации психической деятельности важное значение имеют детекторы ошибок нейронных популяций хвостатого ядра.

Таким образом, к механизмам надежности мозгового обеспечения психической деятельности может быть отнесен и аппарат детекции ошибок, способствующий оптимизации этой деятельности (4).

Аппарат детекции ошибок заслуживает, однако, рассмотрения и еще в одном плане — в плане роли его нарушений в патологии психической сферы. Наблюдавшееся нами нарушение детек-

ции ошибок в нейронной популяции при применении нейротропных средств в виде появления одинаковой или весьма сходной реакции и при ошибочных, и при правильных реализациях психологических проб характеризует первый возможный вид его перестройки (этот вид его нарушений, по-видимому, и лежит в основе эмпирически обнаруженной опасности вождения автомашин на фоне приема некоторых транквилизаторов.) Разрушение исключительных или избирательных реакций элементов аппарата детекции ошибок и, таким образом, частичное или полное нарушение условий оптимизации психической деятельности может лежать и в основе некоторых собственно психических расстройств.

Изменение аппарата детекции ошибок, как показали наши наблюдения, может, однако, развиться и в другой форме. Стимуляция тех структур, в нейронных популяциях которых представлены элементы аппарата детекции ошибок, приводила к детерминации ошибок. Увеличение количества ошибок в психологических пробах при стимуляции нейронных популяций хвостатого ядра показывает принципиальную возможность детерминации ошибок при активации нейронных популяций этой области. По-видимому, как проявление нарушений аппарата детекции ошибок (типа его стойкой активации) можно рассматривать описанное В. М. Смирновым (1967) появление нарушений схемы тела при электрическом воздействии на глубокие структуры.

Можно себе представить, что детектор ошибок приобретает как бы самостоятельное, самодовлеющее значение и в других, более «естественных» условиях патологии и превращается из детектора — оптимизатора деятельности — в детерминатор ее нарушений. Такой процесс может также лежать в основе психопатологических синдромов и, в частности, тех, которые проявляются навязчивым повторением каких-то действий, неадекватностью поведения и т. п. Постоянная, не детерминированная ошибкой, первичная по отношению к какому-то действию активность структуры, играющей обычно роль детектора ошибок, все время сигнализирует о несогласовании осуществляемого действия (или любой другой реальности) с планом, независимо от правильности или ошибочности действия.

Таким образом, если изучение структурно-функциональной основы и некоторых механизмов деятельности системы мозгового контроля психических функций уже осуществляется сейчас достаточно широко, изучение конкретных физиологических коррелятов конкретного психического нуждалось в новом методическом «скачке».

Предпосылки к этому скачку созданы разработкой специального метода анализа импульсной активности, позволяющего выявлять наиболее тонкие ее изменения.

Результатом всего комплекса новых методических возможностей, стимулирующего взаимовлияния конкретных результатов и «работающих» гипотез, явились новые возможности исследова-

ний мозга человека, позволившие поставить принципиально новые задачи и приступить к их разрешению. Очень схематизированно эти новые возможности характеризуются сравнительной легкостью ответа на вопрос «где?», определения зон мозга (нейронных ансамблей), связанных с обеспечением деятельности, и, отсюда, реальностью постановки вопроса, «как», «каким образом?» — какого рода общие и местные перестройки в мозгу не только происходят в процессе обеспечения психической деятельности, но и лежат в ее основе; прежде всего — как происходит восприятие, узнавание, воспроизведение слов и использование их; и отсюда — каким образом мозг оперирует специально человеческой информацией. Решение этих проблем предполагает изучение того, как физиологически осуществляется в мозгу кодирование и декодирование словесных сигналов, формирование того важнейшего базиса, без которого невозможно осуществление собственно мыслительных процессов.

Важно подчеркнуть, что если рассматривать физиологические аспекты изучения психических процессов, то именно этот вопрос является на данном этапе развития науки по-настоящему ключевым. Только его решение позволит перебросить необходимый мост между, казалось бы, такими далекими друг от друга биохимическими и психологическими данными о мозге, создав предпосылки для построения действительно стройной системы представлений о том, как мыслит человек при помощи мозга. Общей теоретической предпосылкой к поискам тонких физиологических коррелятов нейрофизиологических механизмов психических процессов является представление о том, что в физиологической активности определенных морфофизиологических единиц может содержаться достаточно специфическое соответствие психическим процессам — их код и, в частности, прежде всего — код словесных сигналов, что процесс кодирования словесных сигналов осуществляется, хотя бы частично, с помощью биоэлектрических процессов или хотя бы адекватно в них отражается.

Только такое углубление в нейрофизиологические корреляты психических процессов действительно и окончательно решит вопрос о нейрофизиологических основах психического во всей его полноте и сложности.

Были ли, однако, достаточные основания для поисков кода психических явлений в биоэлектрических процессах? Может быть, поиски этого кода на нейрофизиологическом уровне, и, по существу, всего лишь — погоня за химерой?! Окончательный ответ на вопрос о правомерности исследований в этом направлении заключался, как это ни парадоксально, лишь в его решении. Это — не единственный случай в науке, когда голоса скептиков могли звучать очень громко. Известные основания для поисков такого кода все же, пожалуй, были.

Это, во-первых, данные Lettvin, Maturana, McCulloch, Pitts (цит. по Н. Н. Василевскому, 1969), обнаруживших в эксперименте избирательную реакцию определенных нейронов зритель-

ной системы лягушки на характерные свойства предмета, и многие аналогичные данные, в том числе и полученные у человека, где обнаруживалось изменение нейронной активности, связанное с определенным фактором раздражителей (Jasper, 1966; Mountcastle et Granit; цит. по Jasper, 1966, и др.). Это, во-вторых, те данные эксперимента, где применение меченого раздражителя, в частности светового раздражителя определенной структуры (Н. Н. Василевский, С. И. Сороко, 1969), приводило к воспроизведению в рисунке нейронной активности той же структуры, сохранению следов раздражения в деятельности определенных нейронов. Это, в-третьих, некоторые данные, полученные в наблюдениях на больных с вживленными электродами (наблюдение А. Н. Бондарчук — в книге Н. П. Бехтеревой, А. Н. Бондарчук, В. М. Смирнова, А. И. Трохачева, 1967): при подаче триггерной световой стимуляции при отведении биопотенциалов от областей мозга, по данным электрического воздействия, тесно связанных с регуляцией артериального давления, наблюдался существенный и продолжавшийся более суток его подъем! Это, наконец, данные об очень характерном спектре импульсной активности в фазу удержания в памяти при реализации использовавшихся нами психологических проб (с воспроизведением случайного ряда чисел) — спектре, существенно отличном и от фонового, и от того, который наблюдается при «неудержании» пробы в памяти с последующим ошибочным ее воспроизведением. Вполне понятно, что все эти данные в плане поставленной проблемы имели косвенное значение. Однако принципиальная общность нейрофизиологических механизмов различных видов деятельности позволяла надеяться, что в нейрональной активности элементов системы обеспечения психического можно найти и корреляты конкретных психических явлений, хотя в данном случае проблема сигнал — шум исключительно усложнилась. На каком этапе решения вопроса мы находимся сейчас?

Можно без преувеличения отметить, что первые шаги в области расшифровки импульсного кода психических явлений оказались весьма обнадеживающими. В глубоких структурах мозга обнаружены зоны, перестройка импульсной активности которых зависела от акустических характеристик слова. Можно себе представить, что такого рода изменения принципиально могли бы быть обнаружены и на любой, менее специфический акустический сигнал, и не только в мозгу человека, но и животных. В мозгу животных годом позже, чем это показано у человека, действительно обнаружены весьма сходные явления на словесные сигналы (Walker, Halas, 1972). Эти данные показали, что в мозгу идет первичный анализ словесных сигналов, позволяющий уже далее «обратиться» в долговременную память мозга за его семантическим значением, для его декодирования. Правомочность таких представлений была подтверждена обнаружением второго типа паттернов в мозгу человека, по своим характеристикам не связанного с акустическими свойствами сигнала. Этот, условно

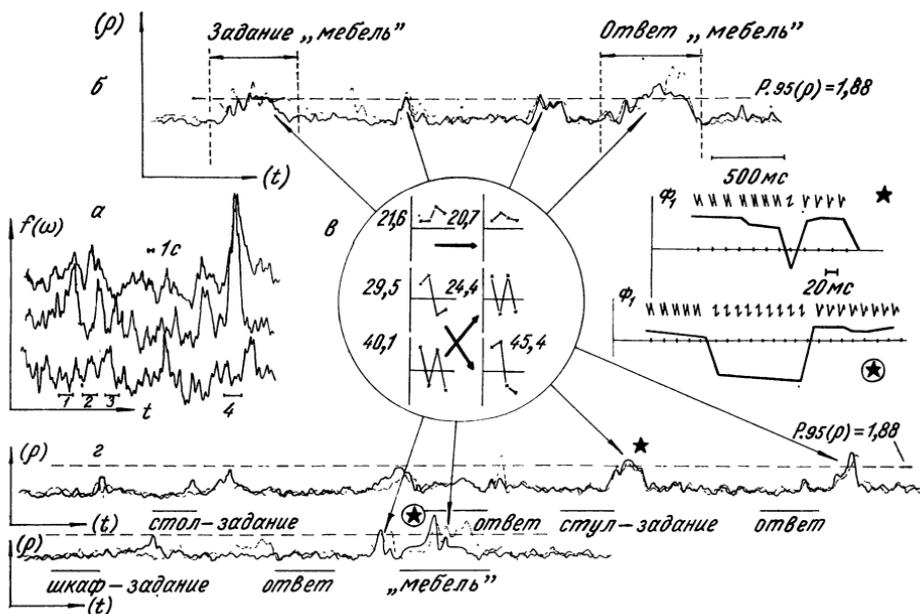
названный «автономным», паттерн, по-видимому, имеет отношение уже к семантическим свойствам сигнала (Н. П. Бехтерева и др., 1973).

Достаточно характерные перестройки в виде изменения формы потенциалов отмечались при предъявлении слов с высоким индексом частоты. При предъявлении слов с низким индексом частоты наблюдающиеся изменения были менее отчетливы, что связано, по-видимому, с зашумлением паттерна перестройками, имеющими относительно неспецифический характер и связанными с процессами, направленными на активацию энграмм долговременной памяти, процессами энергетического характера. И все же микроструктура паттернов, подобная той, которая обнаруживается при предъявлении слов с высоким индексом частоты на 6—12-й секунде, обнаруживалась и в данном случае. Второй тип паттерна должен рассматриваться как уже один из элементов биоэлектрического кода специально человеческих словесных сигналов, важнейший элемент дальнейшей интеграции собственно психической деятельности.

Третий вид кода характеризовался динамической пространственной реорганизацией взаимодействия нейронных ансамблей, что позволило обозначить его как пространственно-временной код. Он наблюдался и в тех нейронных популяциях, где обнаруживалась акустически зависимая перестройка текущей частоты разрядов нейронов и там, где такого рода перестройка не обнаруживалась. Именно этот вид кода, выделяемый с помощью факторного анализа, позволил обнаружить биоэлектрические пространственно-временные корреляты отдельных фонем и тем самым создал новые возможности контроля мозгового кода слов. Понятно, что пространственно-временной код фонем являлся элементом комплекса развивающихся при акустическом кодировании реорганизаций активности нейронных ансамблей.

Способом выявления пространственно-временного кода удалось улавливать появление в мозгу нейрофизиологических коррелятов слова еще до его произнесения больным в тех нейронных популяциях, где акустический код не обнаруживался ни в момент восприятия, ни к моменту воспроизведения слов. Именно с помощью обнаружения в мозгу пространственно-временного кода оказалось возможным перейти от исследования кодирования слов в мозгу к изучению механизмов выявления мозгом их смысловой общности. Так, например, способом опознания кода различных слов удалось после предъявления больному слов «стул», «стол», «шкаф» выявить в мозгу код слова «мебель» еще до его произнесения больным и т. д. (рис. 32).

Пространственно-временной код может быть, таким образом, весьма значимым элементом и смыслового кода. Косвенным, хотя и достаточно веским доказательством положения о наличии в мозгу смыслового кода является выявление в мозговых зонах сходных перестроек на слова, далекие по акустическим свойствам и близкие по семантическим (Ю. Л. Гоголицын, 1973). Мно-



32. Изменение функций текущей частоты трех нейронных популяций при тесте на индукцию.

a — 1, 2, 3 — моменты предъявления слов: «стол», «стул», «шкаф», 4 — ответ испытуемого — «мебель»; *b* — результаты селекции пространственно-временной формы организации нейронной популяции, специфичной для обработки вербального сигнала обобщающего значения («мебель»); *e* — профили взаимодействия нейронных ансамблей, выделенные методом факторного анализа и специфичные для обработки вербального сигнала «мебель»; *z* — селекция специфической формы ансамблевой организации по результатам анализа мультиклеточной активности в тесте на индукцию. Ось абсцисс — время; ось ординат — степень сходства текущей ансамблевой организации популяции со специфической формой. Звездочкой обозначены периоды максимального сходства.

голетний опыт психологии детского возраста по взаимодействию сигнальных систем в процессе обучения, а также данные М. Н. Ливанова (1972) о наличии пространственной биоэлектрической динамики в мозгу при психической деятельности, дают веские основания к развитию исследований пространственно-временного кода специально для изучения процессов смыслового кодирования. При этом важным является изучение пространственных взаимоотношений не только в одной нейронной популяции, но и между дистантно расположенными популяциями.

Проведенные исследования позволили получить также некоторые материалы о механизмах вербальной памяти.

Устойчивость связанных с акустическими характеристиками паттернов и автономных паттернов при предъявлении редких слов, слов, семантическое значение которых неизвестно, и квазислов связана с особенностями механизмов краткосрочной памяти,

одной из сторон которых являются и относительно большие энергетические затраты на биоэлектрическом уровне. Устойчивость паттернов при краткосрочной памяти связана, вероятно, не только с активационными механизмами, но и с отсутствием тормозящего влияния четкой энграммы долгосрочной памяти на биоэлектрический реверберационный процесс. На основании имеющихся литературных сведений можно предположить, что устойчивые реверберационные процессы, характеризующиеся высокой синхронизацией активности нейронов и, таким образом, резким ограничением «степеней свободы» нейронных систем, ведут к изменению синаптической проводимости и структурно-конформационным изменениям в субсинаптических мембранах нервных клеток, т. е. являются механизмом, обеспечивающим консолидацию новых энграмм долгосрочной памяти (П. В. Бундзен, цит. по: Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, В. Д. Кайдель, Э. Э. Давид, 1973). Естественно, первые исследования собственно биоэлектрического кода не в состоянии дать объяснения всем биоэлектрическим проявлениям памяти и также вполне естественно не претендуют на это.

Приведенные положения вполне согласуются с представлениями П. В. Бундзена (1972) о иерархической организации памяти и могут быть сопоставлены с некоторыми аспектами гипотезы Н. Ю. Беленкова (1973) о взаимодействии долгосрочной и краткосрочной памяти. Вовлечение тормозных влияний энграмм долгосрочной памяти особенно отчетливо при пробах с использованием слов с высоким индексом частоты. Авторегуляция устойчивости нервного кода вербальных сигналов осуществляется, по-видимому, по принципу обратной связи в зависимости от степени функциональной активности энграмм долгосрочной памяти. Регуляция устойчивости следовых паттернов осуществляется путем не только временного, но и пространственного ограничения нервного кода, причем последнее осуществляется, очевидно, за счет процессов латерального торможения (Ю. К. Матвеев, 1971).

По-видимому, сейчас уже ясны не только некоторые частные закономерности кодирования словесных сигналов в мозгу человека, но и некоторые общие механизмы такого рода, позволяющие наметить четкие пути дальнейшего изучения вопроса.

Понятие «код» в физиологии сейчас, пожалуй, несколько расширено. Нередко о кодировании и декодировании сигналов внешнего мира в центральной нервной системе говорят уже тогда, когда дело идет, по существу, о передаче с нейрона на нейрон через биохимическую медиацию, через высокоспецифические процессы в мембране и в самой нервной клетке более или менее сложных сигналов в «нерасшифрованном» виде, нейрофизиологические характеристики которых неизвестны (Keidel, 1972). В широком смысле слова это правомерно, тем более, что в такого рода работах не всегда и ставится вопрос о принципах и конкретных особенностях биоэлектрической и биохимической шифровки сигналов в мозгу.

По отношению к специально человеческой (психической) деятельности задача неизмеримо усложняется. Дело идет не только о «шифровке» физических свойств сигнала, не только о необходимости использовать этот «зашифрованный» сигнал как пусковой для более или менее сложной поведенческой реакции, но и о шифровке тех сигналов, каждый из которых при дешифровке не только восстанавливает свое значение (нередко приобретая в то же время «индивидуальную окраску»), но и ложится в основу мыслительных процессов через бесчисленное множество взаимодействий и взаимоисключений. Для того чтобы иметь право рассматривать задачу как решимую, необходимо не только использовать адекватные подходы, но и определить хотя бы приблизительно реальные сегодняшние лимиты возможностей каждой специальности в ее исследовании. По-видимому, рассмотрение вопроса о законах сложнейшей интеллектуальной деятельности на сегодня и завтра является задачей психологов, хотя не исключено, что послезавтра к этому вопросу могут найти подходы и нейрофизиологи.

Задача нейрофизиологии в данной проблеме — это прежде всего исследование законов шифровки и дешифровки, кодирования и декодирования словесных сигналов на различных уровнях центральной нервной системы — там, где осуществляется «вход» и «выход», в структурах, ответственных за шифровку сигнала по его акустическим характеристикам, и тех, где происходит непосредственное взаимодействие с долгосрочной памятью и, наконец, там, где формируется семантический код. Вполне понятно, что успех в значительной мере связан с возможностями и адекватностью аппарата извлечения (и изучения!) биоэлектрических характеристик мозга, наиболее тесно связанных именно с этими явлениями. Можно считать, что изучение вопроса начато в 1971 г. (Н. П. Бехтерева, П. В. Бундзен, А. С. Каплуновский, Ю. К. Матвеев, 1971).

Поиск нервного кода, несомненно, следует вести в плане изучения импульсной активности коры больших полушарий (Milner, 1972), прежде всего височной доли, причем возможно, что здесь будет обнаружено множество активных зон, выявлено разделенное на элементы и функционально-объединенное представительство энграмм памяти.

В полном соответствии с усредненными современными представлениями о долгосрочной памяти и в данном случае предполагается, что ее основой являются конформационные изменения белковых молекул. Однако возможность улавливания биоэлектрического паттерна в области хранения энграмм долгосрочной памяти, по-видимому, реальна, так как механизм считывания, видимо, связан с биоэлектрически детерминированной активацией мембран.

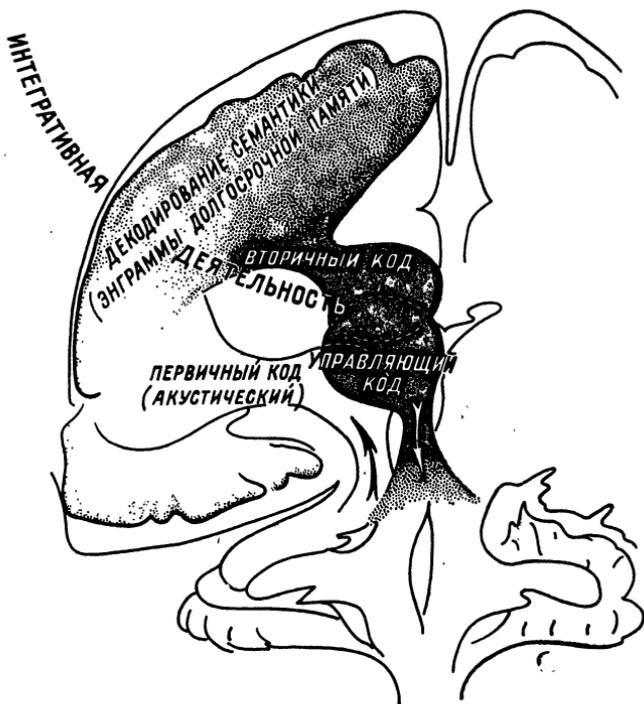
Большинство современных представлений о биохимической медиации в мозгу трудно совместимо с данными о возможности обнаружения в удаленных от периферического конца анализатора

паттернов, в частности типа первичного (акустического) паттерна, коррелирующего с характеристиками такого сложного сигнала на входе, как слово. Если представить себе движение импульсов через множество синапсов, где электрические явления проходят через промежуточную биохимическую фазу типа адреналиновой, норадреналиновой, ацетилхолиновой и т. д. медиации, то центр тяжести кодирования в связи с неизбежной огромной потерей специфичности характеристик биоэлектрического потока должен был бы уже на самых первых фазах кодирования быть перенесенным с биоэлектрического паттерна на структурную специфичность нейронов (глии) и обнаружение коррелятов биоэлектрических мозговых явлений с характеристиками сигнала на входе было бы принципиально нереальным. Однако исследования показали наличие такой специфичной связи. . .

Наиболее адекватное объяснение такого рода фактам могло бы быть дано с позиций, развиваемых Bogoch (1968) и сходных, поддерживаемых Adey (1970) о роли гликопротеинов и мукополисахаридов в передаче информации в центральной нервной системе. Adey (1970) подчеркивает роль мукополисахаридов мембраны клеток, легко соединяющихся с ионами, в высокой чувствительности центральной нервной системы к электрическим импульсам. Еще более заманчивы, казалось бы, представления Bogoch (1968, 1972), предположившего, что гликопротеины обеспечивают быструю (без задержки) и очень высоко избирательную передачу электрических импульсов между нейронами центральной нервной системы и такой же специфический и быстрый контакт нейронов и глии. Подобные представления могли бы адекватно объяснить возможность сохранения специфических соотношений входного сигнала в активности мозга. Однако эти и другие сходные гипотезы не получают пока широкого распространения в связи с отсутствием достаточно полноценного подтверждения.

Полученные непосредственно в исследованиях на человеке прямые (биоэлектрический код) и косвенные (его динамика в связи с базисом долгосрочной памяти) данные позволяют уже построить примерную схему кодирования и декодирования словесных сигналов в головном мозгу человека (рис. 33).

Согласно этой схеме, первоначальное кодирование слов осуществляется по законам кодирования сложных звуковых (акустических) сигналов и является независимым от смыслового содержания этих слов. Возникший акустический код адресуется затем к долгосрочной памяти, накопленной в результате индивидуального опыта человека, активирует ее или формирует при отсутствии соответствующего базиса. На уровне акустического кодирования в зависимости от ряда дополнительных факторов (эмоциональная окраска ситуации, другие побудительные мотивы и т. д.) возможен предварительный отбор, «фильтрация» информации. Активация долгосрочной памяти приводит к формированию в мозгу новой оперативной единицы — смыслового кода, могущего служить основой уже других, значительно более сложных психи-



33. Схема кодирования и декодирования словесных сигналов в головном мозге человека.

ческих процессов. При необходимости словесной реализации психического процесса в мозгу формируется управляющий код. При отсутствии соответствующего базиса в долгосрочной памяти функции управляющего кода может нести и первичный акустический код, сформировавшийся в мозгу при предъявлении неизвестного слова.

Изучение мозгового кода психических процессов является приоритетом отечественной науки. Данные о мозговом коде слов — важнейшая ступень к изучению тончайших мозговых механизмов действительно сложнейших психических процессов. В этом направлении исследователям предстоит еще, несомненно, огромная работа. Необходимо и движение вперед — исследование все более сложных психических процессов — и закрепление достигнутых рубежей — создание все более полного архива кода самых различных слов. Многоплановое глубокое изучение проблемы потребует усилий большого коллектива специалистов различного профиля, обеспеченного адекватной и достаточно совершенной техникой.

Проблема нервного кода имеет, однако, не только методологическую и методическую сложность. Безусловно, головокружительно интересно проникнуть в нервный код, действительно разгадать воплощенную в осязаемые знаки тайну психического. Исключительно важно решение этой задачи и для физиологии, и для психологии, и для неврологии, психиатрии, философии.

Но как отзовется решение этой, чисто «человеческой» задачи на человечестве?! Ведь, по существу, именно расшифровка нервного кода психических процессов может сделать эти процессы до конца управляемыми,—гораздо более управляемыми, чем это принципиально возможно уже сейчас приемами нейрофармакологии; более, чем это возможно, в частности, способом изменения постоянного потенциала в отношении других, более простых функций животного и человека.

Надо ли, отсюда, стремиться к этому успеху, к успеху в расшифровке нервного кода? Не выпустят ли ученые и в этом случае (и в который раз!) «джина из бутылки», которого уже не удастся упрятать обратно? Безусловно, надо, как нужно развитие всех без исключения других областей науки, в том числе и тех, прогресс в которых невольно явился угрозой человечеству, так как хорошо известно, что опасность никогда не содержится в самом знании.

Решение загадки нервного кода, дав в руки Человека истинную власть над ним самим, сделает управляемым болезни нервного кода, те его нарушения, которые обрекают сейчас еще десятки и сотни тысяч людей во всем мире на длительное пребывание в палатах психиатрических больниц.

Все это — пока вопрос будущего. Но если обратиться к клиническому, чисто прикладному плану, если внимательно проанализировать уже имеющийся запас знаний о мозге с точки зрения их клинической ценности, видно, что многое при его заболеваниях решимо уже сейчас.

Так, например, определенные перспективы в лечении психических расстройств может открыть использование данных о нарушении аппарата детекции ошибок.

На основе полученных результатов об активности нейротропных средств в отношении детектора ошибок понятно, что способом коррекции его нарушений как типа *деспециализации*, так и типа превращения в детерминатор ошибок могут быть рационально подобранные фармакологические средства. В тяжелейших случаях устойчивой активации детектора ошибок может быть, по-видимому, разумным лечебное разрушение этого пораженного элемента аппарата детекции ошибок. Далее убедительно показано, что эмоциональные реакции связаны со сдвигами в определенных структурах мозга медленных электрических процессов и, по-видимому, преимущественно постоянного потенциала. Сдвиг постоянного потенциала наблюдается в мозгу при развитии эмоции; вызванный искусственно, он приводит к развитию эмоциональной реакции.

На основе этих сдвигов МЭП (постоянного потенциала) при сочетании их (по принципу условного рефлекса) с каким-то фактором среды могут развиваться исключительно устойчивые поведенческие реакции больного. Врачи, в круг задачи которых не входит коррекция эмоциональных расстройств, расценивают такую возможность как опасность, которой они всемерно стремятся избежать. Но задача коррекции эмоциональных расстройств может быть поставлена как самостоятельная проблема и, как свидетельствуют данные уже сегодняшнего дня, она частично решена — и прежде всего при использовании того же способа вживленных электродов.

Проникновение в клинику метода вживленных электродов и нейротропных средств принципиально сравняло методический уровень эксперимента и наблюдений на человеке. Более того, уравнивание методических возможностей клиники и эксперимента, по существу, подняло возможности клиники над экспериментом, так как при исследовании человека осуществляется словесный контакт с больным, позволяющий уточнять и субъективный компонент реакции, а не только ее объективное выражение.

В наибольшей мере это обогатило именно изучение сенсорной сферы, эмоциональных и психических явлений, где субъективный словесный отчет позволил буквально в секунды дать ответ на многие вопросы, которые и за долгие годы в эксперименте могли бы быть решены лишь приблизительно. Так, хорошо известно, каким сложным было до получения данных у человека объяснение субъективной сущности явления, наблюдавшегося в эксперименте Olds.

На сравнительно очень узком круге больных, диагностика и лечение которых осуществлялись способом вживленных электродов, при объединении возможностей этой методики и возможностей нейротропных средств удалось, таким образом, получить целый ряд данных, имеющих весьма общее значение не только для физиологии, но и для широкой медицинской практики. В этих условиях уже оказалось возможным построение карт эмоциогенных зон (см. выше) и карт структурно-функциональной организации контроля других функций, и, по-видимому, в ближайшем будущем окажется реальным создание уточненных карт центральной биохимической медиации (Д. К. Камбарова, 1969). Наложение карт биохимической медиации на карту организации центрального контроля любой функции обеспечит в условиях нервной, психиатрической и других клиник возможность воспроизведения уже не только с помощью вживленных электродов, но и с помощью нейротропных средств желаемой реакции, хотя, конечно, при применении нейротропных средств и не всегда в такой избирательной форме, как это возможно при использовании вживленных электродов. Можно предполагать, что с помощью все более чистых, «направленных» нейротропных средств будут вызываться все более локальные изменения в мозгу. В этих условиях, на основе развития заданных эмоциональных реакций и при

сочетании их с избранным фактором среды, будут воссоздаваться необходимые, лечебно целесообразные поведенческие перестройки. В случае эмоциональных реакций, на основе карт биохимической медиации и с учетом карт центрального эмоционального контроля, направленно и на научной основе по условнорефлекторному принципу будут вызываться поведенческие сдвиги как бы того типа, которые иногда так умело вызывали по желанию в далекие прошлые годы знатоки нейротропного действия вытяжек из растений способом «приворотных и отворотных» зелий и т. п. Вполне понятно, однако, что здесь правомерно лишь чисто формальное сравнение. То, что на основе большого народного опыта и нередко с существенной опасностью не только для жизни «жертвы», но и для жизни «врача» проводилось чисто эмпирически, а потому с возможностью вероятностного решения очень узкого круга задач, окажется возможным на научной основе, в условиях соблюдения необходимых мер обеспечения безопасности и с готовностью к коррекции возникающих осложнений у больных с самыми различными эмоциональными расстройствами.

Приложение знаний, полученных на узком контингенте больных, к широкой клинической практике, значительно расширит ее возможности, расширит власть Врача над Болезнью.

Следует, однако, попутно подчеркнуть, что и при лечении эмоциональных расстройств в этом «случае будущего» и при вполне современном, хотя во многом чисто эмпирическом, применении нейротропных средств следует учитывать возможную фазовость развития сдвигов МЭП при эмоциях и также возможную фазовость развития эмоций. Выше было показано, что одни и те же структуры как бы могут участвовать в эмоциях прямо противоположного знака при изменении электрического знака (или тенденции сдвига) уровня так называемого постоянного потенциала. Физиологический анализ этого вопроса был бы не полным, если бы не рассматривать и другую пространственно-временную возможность — возможность другого, более сложного рисунка физиологических явлений в пространстве и во времени. Действительно «активным», свидетельствующим о вовлечении структуры в реакцию, может быть сдвиг медленных электрических процессов какой-то одной, наиболее вероятно, отрицательной направленности. Отсюда фазовая динамика МЭП в какой-то структуре может не прямо, а лишь косвенно отражать фазовое развитие эмоциональных состояний. Структура оказывается тесно связанной с эмоциональной реакцией при развитии в ней, скажем, отрицательного сдвига медленных электрических процессов, а следующий, например, положительный сдвиг может свидетельствовать не об обеспечении ею же эмоций противоположного знака, а о необходимом «отключении» ее и тесно с этим во времени связанным «включением» структур, действительно активно обеспечивающих развитие новой эмоции. При этом «включение» этих, вторых структур может быть связано с развитием в них также отрица-

тельного сдвига МЭП. С учетом данных эксперимента на животных эта вторая возможность более вероятна.

Развитие новой эмоции, таким образом, по-видимому, оказывается связанным с «включением» новых мозговых структур при «отключении» первых. Следовательно, углубление в мозговые механизмы эмоций позволяет предположить, что развитие, например, отрицательной эмоции зависит не только от активности зон мозга, прямо связанных с их обеспечением, но и от инактивации других зон, «работающих» при положительных эмоциях. Отсюда не исключено, что эти процессы отражают своеобразную «сложность» развития отрицательных эмоций и, таким образом, защитную роль оптимального уровня положительных эмоций. Если это так, то, к сожалению, и отрицательное эмоциональное состояние по тем же механизмам затруднит развитие положительной эмоции. Такую возможность нужно знать и учитывать и в лечебной, и педагогической практике. Нейрофизиологические исследования приоткрывают, таким образом, и завесу над материальной сущностью инертности эмоций.

Следует, однако, попутно подчеркнуть, что и при лечении эмоциональных расстройств в «случаях будущего», и при вполне современном, хотя во многом чисто эмпирическом, применении нейротропных средств следует учитывать возможную фазовость развития сдвигов МЭП при эмоциях и также возможную фазовость развития эмоций. Так, например, развитие сильного негативного отклонения МЭП, коррелирующего с положительным эмоциональным состоянием, может вести к своеобразному «эффекту последействия» в виде последующего развития позитивного отклонения МЭП, что может благоприятствовать развитию отрицательного эмоционального состояния. Это, по-видимому, особенно значимо в случаях эмоционального дисбаланса.

При формировании лечебных поведенческих реакций следует учитывать эти данные, так как вполне понятно, что фазовость реакций может привести не к желаемой, а прямо противоположной ей поведенческой перестройке. Этот факт фазовости процессов разъясняет, по-видимому, и механизмы явления, обобщенного в народном опыте крылатой фразой — «от любви до ненависти — один шаг». Эту же возможность фазовых сдвигов обязательно надо учитывать при назначении и применении нейротропных средств, так как многократное, длительное и неконтролируемое применение этих препаратов может повлечь за собой не «сбалансирование», а, наоборот, «расшатывание» всей сложной динамической системы контроля эмоций, обеспечить легкость развития фазовых эмоциональных реакций. Не исключено, что существенный рост количества психических расстройств в различных странах сейчас в какой-то мере связан и с принявшим поистине гомерические размеры и, отсюда, практически неконтролируемым применением транквилизирующей терапии и особенно «самотерапии». Сказанное, естественно, отнюдь не должно рассматриваться как призыв к отмене транквилизаторов и других нейротропных

средств, а лишь как пожелание к контролю над их применением и учету реальности, а иногда и неизбежности такого рода осложнений.

Выше рассматривались основные принципы и механизмы надежности работы системы обеспечения психической деятельности. В то же самое время уже само формирование даже очень надежной и динамичной системы есть всегда одновременно «невключение» в ту же систему многих нейронных популяций — эволюционно потенциальных «претендентов» на участие. Любая, даже самая динамичная, система предполагает известную стабилизацию, более или менее прочно закрепляющееся ограничение степеней свободы в оперировании возможностями мозга.

Функциональные системы, являющиеся структурно-функциональными элементами устойчивого состояния здоровья, могут (в известных пределах) перестраиваться при изменениях внешней среды, в процессе обучения (в том числе и экспериментального) и т. д.

Однако именно устойчивость функционирования мозговых систем, хотя и относительная, приводит к тому, что при патологических изменениях мозга, особенно у взрослого человека, далеко не всегда происходит использование всех его резервов. Очень важно учитывать в лечебной тактике и особенно стратегии, что если повреждение достаточно существенно, не устранено и все же совместимо с жизнью, существование организма в среде обеспечивается за счет формирования нового устойчивого состояния — устойчивого состояния болезни, устойчивого патологического состояния, пришедшего на смену вариациям нормального устойчивого состояния (Н. П. Бехтерева, А. Н. Бондарчук, 1968). Конкретные механизмы патологии и поддержания устойчивых состояний различны при различных заболеваниях, что и определяет типовые и индивидуальные различия приемов лечения. И все же в лечении хронических заболеваний мозга целесообразно и необходимо считаться с общим фактором — *устойчивым патологическим состоянием*, поддерживаемым реакциями типа гомеостатических, но направленных на поддержание не здоровья, а болезни. Этот фактор нередко определяет малую эффективность хирургического и фармакологического лечения многих заболеваний и особенно частую «недолговечность» первоначального положительного эффекта. Знание и учет этого фактора помогают наметить новые и нередко достаточно общие пути лечения, естественно, чаще всего лишь дополняющие применяемое типовое и индивидуализированное лечение конкретного заболевания.

Хорошо известны попытки вызвать общие перестройки мозга и организма, уже давно применяющиеся в психиатрии (электрошок и др.). Способом, целенаправленным и дозированно изменяющим условия функционирования мозга, а потому и значительно более перспективным, является предложенная недавно лечебная электрическая стимуляция, вызывающая изменение режимов работы мозга с помощью воздействия на его модулирующие образо-

вания. Их стимуляция, наряду с подавлением проявлений болезни, вызывает значительный общий эффект (Н. П. Бехтерева и соавт., 1972). Так, в частности, только в результате электростимуляции удалось наблюдать сохранившуюся в последующем «расчленение» и резкое уменьшение выраженности фантомно-болевого синдрома, стойкую активацию психических функций у тяжелейшего больного эпилепсией и улучшение состояния здоровья больных гиперкинезами. Электростимуляция мозга снимала остро развившиеся и хронические фобические синдромы, вызывала и подавляла другие эмоциональные реакции, перестраивала эмоциональные состояния. Вполне понятно, что сфера применения лечебной электрической стимуляции — приема, значительно более щадящего, чем разрушение мозга, должна и может быть расширена, особенно при тех заболеваниях, при которых доминирует фактор устойчивого патологического состояния. Вероятно, ее целесообразно применять при целом ряде не поддающихся лечению, обычными методами навязчивых состояний и других психических и неврологических заболеваний.

В лечебную практику все шире входит сейчас еще один прием, направленный на перестройку условий функционирования мозга. Речь идет о так называемом «эксперименте с обратной связью», известном также под названием адаптивного биоуправления. Задачами его применительно к физиологии и патологии мозга являются изучение реакций мозга с точным учетом его состояния или заданная перестройка мозга, его «переобучение» и создание новых устойчивых состояний с помощью воздействия на организм (мозг) в прямой зависимости от какого-либо изменения в нем (Walter, Shipton, 1949); Н. П. Бехтерева и В. В. Усов, 1960; П. В. Симонов и Ф. Е. Темников, 1965; М. Н. Ливанов и соавт., 1966; Н. Н. Василевский, 1972; П. В. Бундзен и А. В. Чубаров, 1969).

Сочетание воздействий, технически основанных на принципе обратной связи (а в общем плане — на принципе условного рефлекса), с новыми данными об организации мозга открывает еще одну возможность в лечении его заболеваний. «Разрушение» устойчивого патологического состояния, формирование новых отношений в мозгу может быть осуществлено на основе электрического воздействия на зоны, активация которых в заданном направлении изменяет (подавляет) болезненную симптоматику, в четкой зависимости от появления или не появления этой симптоматики (при автоматизированном включении подкрепляющих воздействий). Формирование новых устойчивых состояний принципиально осуществимо при использовании эмоционально-активных зон — тех областей мозга, активация которых вызывает положительные или, наоборот, отрицательные эмоциональные реакции. Повторное подкрепление желаемой реакции (состояния) воздействием, вызывающим положительную эмоцию, и, наоборот, болезненной реакции — воздействием, вызывающим отрицательную эмоцию, может оказаться исключительно активным приемом переобучения мозга. Эффект может развиваться необычайно быстро, быть прочным и

достигаться за счет «вынужденного» и направленного использования резервов, компенсаторных возможностей мозга и, таким образом, заданного формирования новых функциональных систем.

С усовершенствованием стереотаксической техники внутри-мозговые лечебные воздействия становятся реальностью при широком круге заболеваний мозга. В то же время следует подчеркнуть, что они являются лишь одним из возможных приемов, «привязанных» к какому-либо болезненному проявлению. В подавляющем большинстве случаев возможно и показано проведение сеансов «обучения» с применением информационной и мотивационной техники без прямого воздействия на мозг.

Используя информационные и мотивационные стимулы, удается перестраивать электрическую активность мозга, частоту проявления тремора (Н. В. Черниговская и соавт., 1972а, б, в), состояние сознания (Caarder и Chas, 1971а, б), мышечный тонус (Jacobs и Fenton, 1969; Budzinsky и соавт., 1970; Whatmore и Kohli, 1968) и др.

Описанные новые пути лечения могут в отдельных случаях применяться изолированно. Принципиально же их следует рассматривать как элемент комплексного лечения, в котором специфическое воздействие на данную болезнь сочетается с воздействием на общие механизмы, свойственные болезненным процессам и прежде всего хроническим заболеваниям мозга. Представление об устойчивом патологическом состоянии, дополнившее старую концепцию «порочного круга» и логично развивающую теорию гомеостаза применительно к болезни, позволяет понять общие механизмы целого класса болезней. Таким образом, в лечении заболеваний мозга имеются сейчас новые разноплановые возможности. Однако следует отметить, что и новые данные о мозге, и новые лечебные возможности, полученные в результате развития физиологии мозга, еще сравнительно мало используются в лечении его заболеваний. Не исключено, что в психиатрии в этом в значительной мере повинна память о ранних и иногда, как известно, трагических неудачах психохирургии, с чем современное положение вопроса имеет уже достаточно мало общего.

Сейчас уже очевидно, что павловский принцип условных рефлексов лежит в основе сложнейших активностей мозга не только животных, но и человека. «Человеческий близнец» условнорефлекторной методики, создававшийся по ее образу и подобию, так и не достиг, однако, роста своего экспериментального брата. Подчеркнув универсальность условнорефлекторного принципа, он не только не позволил понять тонкостей психического, но и не помог создать в клинике того фундамента, на котором можно было бы перестраивать здание пораженного человеческого разума. При «переходе к человеку», при проникновении в клинику нужны были при сохранении основного принципа новые конкретные формы. «Возврат» в клинику условнорефлекторного метода не только возможен, но и необходим, однако он должен и может

быть поднят на новый уровень, модифицирован на основе современных данных изучения механизмов мозга человека. Принцип условных рефлексов безусловно может уже сейчас, при использовании успехов современной «человеческой» нейрофизиологии, дать много в коррекции болезней и страданий человека. Некоторые возможные пути применения принципа условных рефлексов в клинике и были рассмотрены в данном разделе книги.

Расширение клинической нейрофизиологии в свою очередь будет способствовать дальнейшему быстрому накоплению теоретически важных сведений о мозге человека. Анализ данных о механизмах нормальных и патологических психических реакций мозга человека, полученных в условиях расширенного применения возможностей клинической нейрофизиологии в сочетании с углубленным изучением мозга в условиях наилучших возможностей такого изучения — при прямом контакте с мозгом, — а также дальнейшее совершенствование в извлечении информации из нейрофизиологических данных будут несомненно использованы как фундамент для создания достаточно общей теории о нейрофизиологических основах психической деятельности человека.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГИИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА И ЭКСПЕРИМЕНТ НА ЖИВОТНЫХ

Успехи в изучении нейрофизиологического обеспечения различных функций мозга в значительной мере связаны с современными техническими возможностями и использованием вживленных электродов в клинике. По данным электрических воздействий начали создаваться мозговые карты обеспечения эмоций, заполнение которых кажется лишь вопросом количества наблюдений и разнообразия исследуемых образований мозга. Заполнение мозговых карт эмоций осуществляется сейчас уже не только на основе данных электрических воздействий, но и регистрации медленных электрических, а затем и ряда других процессов мозга.

Наблюдения на человеке в данной области, казалось бы, приобрели обязательную для эксперимента строгость, многосторонность методических подходов при гораздо больших, чем в эксперименте, возможностях выявления субъективного компонента реакции. Казалось бы, полная физиология мозгового обеспечения эмоций человека — вопрос самого ближайшего будущего. . .

Однако дело в действительности обстоит не так просто. На уровне «человеческих» исследований при принципиальной однозначности физиологических методических возможностей с экспериментом и, естественно, больших возможностей психофизиологического комплекса, «законной преградой» в изучении мозга являются медицинские и этические проблемы. Выбор области вживления электродов всегда осуществляется исходя из интересов больного. Оправданное задачами лечения и техническими воз-

возможностями расширения спектра заболеваний медленно расширяет и круг структур мозга, являющихся стереотаксическими мишенями. При сложнейших формах эпилепсии такого рода мишенью в ряде клиник стала уже и одна из опасных для введения инородных тел областей — гипоталамус. Правда, все еще очень немногие рискуют внедряться у человека в эту зону, хорошо зная вероятность развития при этом разного рода дистрофических осложнений. По вполне понятным причинам оправдана и осторожность в отношении стволовых структур. Электроды в некоторые области коры вводятся при эпилепсии и начинают вводиться при зрительном и слуховом протезировании. И все же, учитывая специфику этих заболеваний, нет оснований полагать, что в ближайшее время удастся, не пренебрегая ограничениями медико-этического порядка, войти в длительное соприкосновение с достаточно большим количеством зон всех областей коры. Таким образом, по сравнению с экспериментом на животных исследования мозгового обеспечения эмоций человека существенно страдают в отношении возможной полноты обследования мозга.

Вполне понятно, что уточнение наблюдавшегося при диагностической стимуляции эмоционального эффекта требует его повторного воспроизведения. Многократная стимуляция этих зон в диагностических целях непозволительна. Лечебная электростимуляция эмоциогенных зон дает как будто несколько больше простора для наблюдения динамики результатов. Но лечебная стимуляция должна проводиться лишь по показаниям эмоциональных расстройств, т. е. при исходном нарушении активности системы обеспечения эмоций, и повторение стимуляции в благоприятном случае должно вести к изменению качества реакции. Не безграничны в случае изучения мозгового обеспечения эмоциональных реакций и возможности, открывающиеся за счет регистрации физиологических показателей при эмоциогенных тестах. Животное можно и иногда нужно (в интересах человека!) поставить в сложнейшую эмоциогенную ситуацию. *Эмоциогенные тесты для больного должны избираться предельно бережно, и особенно те, которые вызывают отрицательную эмоцию.*

Возможности прямого контакта с мозгом в условиях лечебного применения метода вживленных электродов трудно переоценить и особенно по сравнению с другими физиологическими приемами изучения мозга человека. Однако, как известно, целый ряд приемов может быть использован и у больного, и у здорового человека. Вживление электродов осуществляется исключительно по медицинским показаниям, а потому и во всех случаях полученный результат должен рассматриваться с учетом этого обстоятельства. Исследование во всех случаях вживления электродов больного мозга является самым серьезным ограничением этих наиболее тонких возможностей изучения мозга человека.

Радикальные меры для устранения этого ограничения в физиологии мозга человека предложить трудно. Одной из паллиативных рекомендаций является исследование у каждого больного

и пораженной и менее пораженной системы и построение представлений о физиологии мозга, прежде всего с учетом данных менее пораженной системы. Накопление материала, полученного у разных групп больных, может представить более или менее близкие к норме данные о физиологии эмоций. Другим приемом преодоления ограничений, связанных с исследованием большого мозга, является проведение их на фоне компенсирующей или замещающей фармакологической терапии.

Таким образом, современные технические возможности, помноженные на многоплановый прогресс в диагностике и лечении заболеваний мозга, хотя и предопределили решающий скачок в изучении нейрофизиологии человека и, в частности, наиболее сложного ее раздела — нейрофизиологического обеспечения психических функций, не сняли и не должны снять медико-этические ограничения.

Перечисление ограничений в изучении физиологии высшей нервной деятельности человека, если пойти по частным вариантам, могло бы занять, вероятно, больше печатных страниц, чем занимает вся эта книга. В этом, безусловно, нет необходимости. Важно подчеркнуть, что возможности физиологии мозга человека существенно возросли и особенно за последние два десятилетия. Сочетание объективных наблюдений с «человеческим» контактом помогает проникнуть в глубь тех механизмов, суждение о которых на основе эксперимента может быть только косвенным. И все же всегда следует помнить, что в решении широкого круга вопросов физиологии мозга человека разумно определенное место эксперимента на животных никогда не будет занято исследованием самого человека.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абашев-Константиновский А. Л. О психопатологических синдромах очагового значения.— *Вопр. нейрохир.*, 1961, № 5, с. 45—47.
- Абашев-Константиновский А. Л. Проблема локализации и клиническая психиатрия.— *Журн. невропатол. и психиатр.*, 1964, № 1, с. 43—49.
- Абрамович Г. Б., Захаров В. В. О психических нарушениях при поражении мамиллярных тел и системно связанных с ними образований.— *Труды науч.-исслед. психоневрологического ин-та им. В. М. Бехтерева*, т. 21. Л., 1961, с. 125—181.
- Аврамов С. Р. Динамика уровня постоянного потенциала в глубоких структурах мозга человека в состоянии спокойного бодрствования и при некоторых воздействиях.— В сб.: *Роль глубоких структур головного мозга человека в механизмах патологических реакций*. Л., 1965, с. 3—8.
- Александровская М. М., Невзорова Т. А., Шпир Е. Р. Случай опухоли мамиллярных тел, психопатология и соматические симптомы.— *Журн. невропатол. и психиатр.*, 1947, № 2, с. 30—37.
- Аничков А. Д. Влияние центральных холинолитиков на биоэлектрическую активность миндалины и гиппокампа человека.— В кн.: *Физиология и патология лимбико-ретикулярного комплекса*. М., 1968, с. 225—226.
- Анохин П. К. О физиологическом субстрате сигнальных реакций.— *Журн. высш. нервн. деят.*, 1957а, № 1, с. 39—48.
- Анохин П. К. Значение ретикулярной формации для различных форм высшей нервной деятельности.— *Физиол. журн. СССР*, 1957б, № 11, с. 1072—1085.
- Анохин П. К. Соотношение коры и подкорковых аппаратов в условном рефлекс.— В кн.: *Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности*. М., 1962, с. 241—254.
- Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., 1968.
- Артемьева Е. Ю., Хомская Е. Д. О периодических колебаниях асимметрии α -волны при различных функциональных состояниях мозга.— *Материалы XVIII Междунар. конгресса по психологии*, симп. 6. М., 1966, с. 39—46.
- (Бейн Е. С., Жирмунская Е. А., Волков В. Н.) Beyn E. S., Zhirmunskaya E. A., Volkov V. N. Electroencephalographic investigations in the process of recognizing images of objects during their tachistoscopic presentation — I (Normal subjects).— *Neuropsychologia*, 1967, N 5, p. 203—217.
- Бейн Э. С., Жирмунская Е. А., Волков В. Н. Электроэнцефалографические исследования в процессе узнавания предметных изображений при тахистоскопическом их предъявлении.— *Журн. невропатол. и психиатр.*, 1971, № 9, с. 1288—1296.
- Беленков Н. Ю. Энгграмма как эквивалент пусковой афферентации.— *Успехи физиол. наук*, 1973, № 1, с. 53—64.
- Беляев В. В. Взаимоотношения биоэлектрических процессов некоторых структур головного мозга человека. Автореф. дисс. канд. Л., 1968.
- Беляев В. В. Некоторые аспекты структурно-функциональной организации центральной нервной системы человека по данным корреляционного анализа биоэлектрических процессов.— В сб.: *Нейрофизиоло-*

- гические основы нормальных и патологических реакций мозга человека. Л., 1970, с. 60—62.
- Беритов И. С., Воробьев А. О. О происхождении благоприятствующего действия закрывания глаза на α -волны у человека. — Труды Института физиологии АН Грузинской ССР, т. 5. Тбилиси, 1943, с. 369—386.
- Бериташвили И. С. О нейронной и биохимической организации нервного субстрата памяти в коре большого мозга. — Труды 5-й Всесоюз. конф. по нейрохимии. Тбилиси, 1970, с. 11—21.
- (Бехтерева В. М.) Bechterev W. M. Von Demonstrationes Gehirns mit Zerstörung der vorderen und inneren Theile der Hirnrinde beider Schläfenlappen. — Neurol. Zbl., 1900, Bd. 19, S. 990—991.
- Бехтерева Н. П. О биоэлектрической активности больших полушарий при супратенториальных опухолях. Автореф. дисс. докт. Л., 1958.
- Бехтерева Н. П. О значении применения различных видов прерывистой световой стимуляции в локальной диагностике опухолей головного мозга. — Журн. невропатол. и психиатр., 1961, № 11, с. 1608—1614.
- Бехтерева Н. П. Глубокие структуры мозга человека и некоторые механизмы патологических реакций. — В сб.: Роль глубоких структур мозга человека в механизмах патологических реакций. Л., 1965, с. 25—30.
- Бехтерева Н. П. Некоторые принципиальные вопросы изучения нейрофизиологических основ психических явлений у человека. — В сб.: Глубокие структуры мозга человека в норме и патологии. Л., 1966, с. 18—21.
- Бехтерева Н. П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л., 1971.
- Бехтерева Н. П., Бондарчук А. Н. Об оптимизации этапов хирургического лечения гиперкинезов. — Вопр. нейрохир., 1968, № 3, с. 39—44.
- Бехтерева Н. П., Бондарчук А. Н., Смирнов В. М. Физиологическое обоснование операций на подкорковых структурах при гиперкинезах. — Вопр. нейрохир., 1969, № 1, с. 1—7.
- Бехтерева Н. П., Бондарчук А. Н., Смирнов В. М., Трохачев А. И. Физиология и патофизиология глубоких структур мозга человека. Л.—М., 1967.
- Бехтерева Н. П., Бондарчук А. Н., Мелючева Л. А., Смирнов В. М. Лечебные электростимуляции глубоких структур головного мозга. — Вопр. нейрохир., 1972, № 1, с. 7—12.
- Бехтерева Н. П., Бундзен П. В., Матвеев Ю. К., Каплуновский А. С. Функциональная реорганизация активности нейронных популяций мозга человека при кратковременной вербальной памяти. — Физиол. журн. СССР, 1971, № 12, с. 1745—1761.
- Бехтерева Н. П., Бундзен П. В., Каплуновский А. С., Матвеев Ю. К. К расшифровке нейрофизиологического кода краткосрочной памяти у человека. — Материалы XXIII совещ. по проблемам высшей нервной деятельности, т. 1. Горький, 1972, с. 95—96.
- Бехтерева Н. П., Бундзен П. В., Кайдел В. Д., Давид Э. Э. Принципы организации структуры пространственно-временного кода краткосрочной вербальной памяти. — Физиол. журн. СССР, 1973, № 12, с. 00—00.
- (Бехтерева Н. П., Генкин А. А., Моисеева Н. И., Смирнов В. М.) Bechtereva N. P., Genkin A. A., Moiseeva N. I., Smirnov V. M. Electrographic evidence on participation of deep structures of the human brain in certain mental processes (computer analysis data) — In: 6th Intern. Congr. EEG Clin. Neurophysiol., Vienna, 1965, v. 15, p. 8.
- (Бехтерева Н. П., Генкин А. А., Моисеева Н. И., Смирнов В. М.) Bechtereva N. P., Genkin A. A., Moiseeva N. I., Smirnov V. M. Electrographic evidence on participation of deep structures of the human in certain mental processes (computer analysis of data). — EEG Clin. Neurophys., Suppl., 1967, v. 25, p. 153—166.

- Бехтерева Н. П., Генкин А. А., Смирнов В. М. Глубокие структуры мозга человека и психические функции. — В сб.: Структура и функция архипалеокортекса. Гагские беседы. М., 1968, с. 338—354.
- Бехтерева Н. П., Зонтов В. В. К вопросу об электрографической характеристике основных нервных процессов. — Физиол. журн. СССР, 1961, № 12, с. 1463—1470.
- Бехтерева Н. П., Грачев К. В., Орлова А. Н., Яцук С. Л. Использование множественных электродов, вживленных в подкорковые образования головного мозга человека для лечения гиперкинеза. — Журн. невропатол. и психиатр., 1963, № 1, с. 3—8.
- Бехтерева Н. П., Камбарова Д. К., Матвеев Ю. К. Функциональная характеристика звеньев мозговых систем контроля психических и двигательных функций у человека. — Физиол. журн. СССР, 1970, № 8, с. 1081—1097.
- Бехтерева Н. П., Моисеева Н. И., Орлова А. Н., Смирнов В. М. Некоторые данные о нейрофизиологии и функции подкорковых структур мозга человека. — Материалы X Весовой сессии физиологов, биохимиков, фармакологов, т. 1. Ереван, 1964, с. 124—125.
- Бехтерева Н. П., Моисеева Н. И., Орлова А. Н., Смирнов В. М. О нейрофизиологии и функции подкорковых структур мозга человека. — В сб.: Физиология в клинической практике. М., 1966, с. 111—121.
- (Бехтерева Н. П., Моисеева Н. И., Смирнов В. М.) Bechtereва N. P., Moiseeva N. I., Smirnov V. M. Complex reiterative patterns in pathologic human electrosubcorticograms and operative memory. — In: 6th Intern. Congr. EEG Clin. Neurophysiol. Communication, Vienna, 1965, p. 241—244.
- Бехтерева Н. П., Орлова А. Н. Клинико-электрофизиологические наблюдения при опухлях головного мозга в условиях применения различных лечебных мероприятий. — В сб. трудов 1-й межобл. конф. нейрохирургов Зап. Сибири и Урала. Новосибирск, 1957, с. 113—117.
- Бехтерева Н. П., Трохачев А. И. Некоторые данные об электрической активности глубоких структур мозга при изучении оперативной памяти. — Вopr. психол., 1966а, № 3, с. 44—48.
- Бехтерева Н. П., Трохачев А. И. Динамика электросубкортикограммы уровня постоянного потенциала и клеточной активности в глубоких структурах мозга человека при оперативной памяти. — Труды XIII Междунар. психологического конгресса, 6-й симп. М., 1966б, с. 5—7.
- Бехтерева Н. П., Трохачев А. И. Изменение электрических явлений в глубоких структурах мозга и оперативная память. — В сб.: Современные проблемы электрофизиологии центр. нервной системы. М., 1967, с. 31—40.
- Бехтерева Н. П., Усов В. В. Методика прерывистой фотостимуляции в ритме собственных потенциалов мозга при регистрации электроэнцефалограммы. — Физиол. журн. СССР, 1960, № 1, с. 108—111.
- Бехтерева Н. П., Чернышева В. А. Основные этапы изучения вопроса о физиологических механизмах психической деятельности человека. — Вестник «Научная мысль», 1969, № 3, с. 28—37.
- Бондарчук А. Н., Смирнов В. М. Эффекты электростимуляции срединного центра зрительного бугра у человека. — Физиол. журн. СССР, 1969, № 4, с. 408—413.
- Брендстед А. Н. Особенности биоэлектрической активности мозга при сложных формах деятельности ребенка. — Материалы 21-го совещ. по проблемам высшей нервной деятельности. М. — Л., 1966, с. 52—53.
- Бундзен П. В. Нейрокибернетический подход к анализу процессов адаптивной самоорганизации функциональных систем головного мозга. — Материалы симпозиума: Саморегуляция нейрофизиологических механизмов интегративной и адаптивной деятельности мозга. Л., 1972, с. 7—12.
- Бундзен П. В., Чубаров А. В., Шишкин Б. М. Нейрокибернетические аспекты изучения механизмов оптимального управления в дея-

- тельности головного мозга. — В кн.: Очерки прикладной нейрокибернетики. Л., 1973, с. 35—120.
- Бундзен П. В., Гоголицын Ю. Л., Давид Э., Каплуновский А. С., Перепелкин П. Д. Структурно-системный подход к анализу процессов функциональной реорганизации нейронных популяций. — Физиол. журн. СССР, 1973, № 12, с. 00—00.
- Вавилов С. И. Солнце и глаз. М., 1950.
- Вартамян Г. А. Ионные механизмы возбуждения и торможения. — В кн.: Механизмы деятельности центрального нейрона. М.—Л., 1966, с. 58—100.
- Вартамян Г. А. Взаимодействие возбуждения и торможения в нейроне. Л., 1970.
- Василевский Н. Н. О связи фоновой активности нейронов с омотсенсорной коры с особенностями их функциональной организации. — Физиол. журн. СССР, 1965, № 6, с. 711—716.
- Василевский Н. Н. Нейрональные механизмы коры больших полушарий. Л., 1968.
- Василевский Н. Н. Нейрофизиологические механизмы регуляции адаптивной деятельности мозга. — В сб.: Эволюция, экология и мозг. Л., 1972, с. 3—29.
- Василевский Н. Н., Климова-Черкасова В. И., Вартамян Г. А. О структурно-функциональных соотношениях возбуждения и торможения в центральной нервной системе. — Физиол. журн. СССР, 1965, № 4, с. 424—430.
- (Василевский Н. Н., Вартамян Г. А.). Vassilevsky N. N., Vartanian G. A. Relations between phases of the electrocorticogram, firing and excitability of cortical neurons.— In: 6th Intern. Congr. EEG clin. Neurophysiol. Vienna, 1965, v. 193, p. 81.
- Василевский Н. Н., Вартамян Г. А. Реакции и механизмы деятельности центральных нейронов. — В кн.: Проблемы физиологии и патологии высшей нервной деятельности, в. 3. Л., 1966, с. 52—71.
- Василевский Н. Н., Сороко С. И. Следовые процессы и клеточные механизмы памяти. — Физиол. журн. СССР, 1969, № 8, с. 957—965.
- (Войтинский Е. Л., Прянишников В. А.). Voitinski E. L., Pryanishnikov S. A. The study of correlation between psychological and electroencephalographic data by the method of synchronous detection.— In: XVIII Intern. Congr. of Psychol., v. 1. Abstract, 1966, p. 217.
- Воронин Л. Г., Соколов Е. И. О взаимоотношении ориентировочного и условного рефлексов у человека. — Вестн. Моск. ун-та, 1955, № 9, с. 39—54.
- Генкин А. А. О выявлении в электроэнцефалограмме специфической локальной реакции при сложной деятельности. — Вопр. психол., 1961, № 6, с. 114—126.
- Генкин А. А. Об асимметрии длительностей фаз ЭЭГ при умственной активности. — Докл. АН СССР, 1963, № 6, с. 460—463.
- Генкин А. А. Длительность восходящих и нисходящих фаз электроэнцефалограммы, как источник информации о нейрофизиологических процессах. Автореф. дисс. канд. Л., 1964.
- Генкин А. А. Статистические характеристики длительностей фаз колебаний электроэнцефалограммы и некоторые механизмы произвольной активности человека. — Материалы XVIII Междунар. конгресса психологии, симп. 6. М., 1966, с. 80—85.
- Гершуни Г. В., Короткин И. И. О субсензорных условных рефлексов на звуковые раздражения. — Докл. АН СССР, 1947, № 2, с. 417—480.
- Гершуни Г. В., Кожевников В. А., Марусева А. М., Чистович Л. А. Об особенностях образования временных связей на неощущаемые звуковые раздражения у человека. — Бюлл. exper. биол. и мед., 1948, № 3, с. 205—209.
- Гоголицын Ю. Л. Метод объективной классификации паттернов мультисклеточной активности нейронных популяций головного мозга человека. — Физиол. журн. СССР, 1973, № 6, с. 960—962.

- Гоголицын Ю. Л. Исследование методами классификационного анализа паттернов мультиклеточной активности нейронных популяций головного мозга человека при краткосрочной памяти. — Материалы Всесоюз. конф. по нейрокибернетике. Ростов-на-Дону, 1973, с. 68.
- Горелик Л. И., Смирнов В. М., Тонконогий И. М. Об участии глубоких структур головного мозга человека в восприятии элементов формы и изображений, различающихся по своим статистическим характеристикам. — В сб.: Психологический эксперимент в неврологической и психиатрической клинике, в. 46. Л., 1969, с. 31—51.
- Гречин В. Б. Некоторые данные о динамике кислорода в подкорковых образованиях головного мозга человека. — В сб.: Глубокие структуры головного мозга человека в норме и патологии. М. — Л., 1966, с. 50—53.
- Гречин В. Б. Наличный кислород глубоких структур мозга человека и динамика его при некоторых функциональных пробах. Автореф. дисс. канд. Л., 1968.
- Гречин В. Б. Целесообразна ли калибровка оголенного кислородного катода в практике интрацеребральных электродов. — Физиол. журн. СССР, 1969, № 9, с. 1180—1182.
- Гречин В. Б., Смирнов В. М. Изменение окислительного метаболизма глубоких структур мозга человека при эмоциональных реакциях и в гипнотическом сне. — Труды ин-та им. Бехтерева, т. 44. Л., 1967, с. 52—67.
- Гриндель О. М. Значение корреляционного анализа для оценки ЭЭГ человека. М., 1965.
- Дубикайтис Ю. В. Оценка электроэнцефалограмм с помощью потенциальных полей у больных с органическими поражениями головного мозга. — Материалы X съезда Всесоюз. физиол. об-ва им. И. П. Павлова, т. 1. М. — Л., 1964, с. 17.
- Дубикайтис Ю. В. Электрофизиологическая локализация эпилептогенной зоны при хирургическом лечении очаговой эпилепсии. Автореф. дисс. Л., 1968.
- (Жирмунская Е. А., Бейн Е. С., Волков В. Н.). Zhirmunskaya E. A., Beyn E. S., Volkov V. N. Electroencephalographic investigations in the process of recognizing pictures of objects during their tachistoscopic presentation — II. — *Neuropsychologia*, 1969, v. 7, p. 167—178.
- Зарковский П. М., Медведев В. И., Зинченко В. П. Эргономика. М., 1970.
- Иванников Ю. Г., Усов В. В. Предоперационная и операционная стереотаксические программы для ЭВМ «Минск-1». — В кн.: Проблемы клинической и экспериментальной физиологии головного мозга. М., 1967, с. 21—25.
- Иванов-Смоленский А. Г. Методика исследования условных рефлексов у человека. М., 1933.
- Илюхина В. А. Медленные электрические процессы головного мозга человека при реализации психической и двигательной деятельности (в связи с состоянием центральной биохимической медиации). Автореф. дисс. Л., 1972.
- Илюхина В. А., Хон Ю. В. К вопросу о корково-подкорковой организации мозговых систем обеспечения готовности к действию у человека. — Физиол. журн. СССР, 1973, № 12, с. 00—00.
- Камбарова Д. К. Биоэлектрическая активность мозга человека при воздействии на серотонинергические структуры. — В сб.: Механизмы нервной деятельности. Л., 1969, с. 56—65.
- Камбарова Д. К. Центральные биохимические системы и патология. — В сб.: Проблемы физиологии и патологии высшей нервной деятельности. Л., 1970, с. 185—205.
- Книпст И. Н. Электрическая активность разных уровней коры головного мозга при выработке оборонительного условного рефлекса. — Труды ин-та высш. нервн. деятельности АН СССР, т. 1. М., 1955, с. 294.
- Коган А. Б. Электрофизиологическое исследование центральных механизмов некоторых сложных рефлексов. М., 1949.

- Коган А. Б. Выражение процессов высшей нервной деятельности электрических потенциалах коры мозга при свободном поведении животного.— В сб.: Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 42—53.
- Коган А. Б. Проблема движения нервных процессов в коре мозга. Ростов-на-Дону, 1967.
- Кожевников В. А. Принципы метода анализа биотоков головного мозга как сложного колебательного процесса.— В кн.: Проблемы физиологической акустики, т. 3. М.—Л., 1955, с. 102—116.
- Колмогорова А. И. Автоматы и жизнь.— В кн.: Возможное и невозможное в кибернетике. М., 1969, с. 10—29.
- Корсаков С. С. Болезненные расстройства памяти и их диагностика. М., 1890.
- (Ливанов М. Н.). Livanov M. N. Spatial analysis of the bioelectric activity of the brain.— Proc. Intern. Union Sci. XXII Congr., v. 1, p. 2. Leiden, 1962a, p. 899—907.
- Ливанов М. Н. О замыкании условных связей (по материалам электрофизиологических исследований).— В сб.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962б, с. 174—185.
- Ливанов М. Н. Нейрокинетика.— В сб.: Проблемы современной нейрофизиологии. М.—Л., 1965, с. 37—72.
- Ливанов М. Н. Пространственная организация процессов головного мозга. М., 1792.
- Ливанов М. Н., Гаврилова Н. А., Асланов А. С. Об отражении некоторых психических состояний в пространственном распределении биопотенциалов коры головного мозга человека.— Материалы XVIII психологического конгресса, симп. 6: Электрофизиологические корреляты поведения. М., 1966, с. 31—33.
- Ливанов М. Н., Королькова Т. А. О быстрых колебаниях в электроэнцефалограмме и некоторых условиях, их усиливающих.— Гагские беседы, т. 1. Тбилиси, 1949, с. 301—307.
- Ливанов М. Н., Поляков К. Л. Электрические процессы в коре головного мозга кролика при выработке оборонительного условного рефлекса на ритмический раздражитель.— Изв. АН СССР, отд. биол. наук, 1945, № 3, с. 286—305.
- Ливанов М. Н., Рябиновская А. М. К вопросу о локализации изменений в электрических процессах коры головного мозга кролика при становлении оборонительного условного рефлекса на ритмический раздражитель.— Физиол. журн. СССР, 1947, № 5, с. 523—534.
- Ливанов М. Н., Стрельчук Н. В., Мелихова А. М. Электрофизиологические исследования взаимодействия первой и второй сигнальных систем при гипнотическом состоянии.— Материалы XVI совещания по проблемам высшей нервной деятельности. М.—Л., 1953, с. 123—125.
- Ломов Б. Ф. Человек и техника.— В сб.: Вопросы инженерной психологии. М., 1966, с. 25—35.
- Лурья А. Р. Высшие корковые функции человека и их нарушение при локальных поражениях мозга. М., 1962.
- Лурье Р. Н., Русинов В. С. Изменения в ЭЭГ человека при световых раздражениях и следовых процессах.— Пробл. физиол. оптики, 1952, № 8, с. 80—92.
- Лурье Р. Н., Русинов В. С. Изменения в ЭЭГ человека при образовании условного рефлекса на комплексный раздражитель.— Пробл. физиол. оптики, 1955, № 11, с. 113—122.
- Майорчик В. Е., Русинов В. С., Кузнецова Г. Д. Динамика корковых процессов при выработке отставленных условных рефлексов у человека.— В сб.: К физиологическому обоснованию нейрохирургических операций. М., 1954, с. 48—59.
- Майорчик В. Е., Спиринов Б. Т. Электрофизиологический анализ корковых процессов при образовании временной связи у человека.— Вопр. нейрохир., 1951, № 3, с. 3—11.

- Макаров П. О. Условно-рефлекторные изменения функционального состояния оптического анализатора и электроэнцефалограммы человека.— В сб.: Вопросы физиологии нервной и мышечной систем. Тбилиси, 1956, с. 361—371.
- Макаров П. О. Условно-рефлекторные сдвиги электроэнцефалограммы человека в микроинтервалах времени, как показатель функциональной подвижности коры головного мозга.— Материалы конф. по вопросам электрофизиологии центр. нервной системы. Л., 1957, с. 84.
- Матвеев Ю. К. Латеральное торможение в нейронных популяциях.— В кн.: Импульсная активность мозга человека. М., 1971, с. 132.
- Мещерский Р. М. Изменение электрической активности в корковом конце зрительного анализатора кролика при образовании условного оборонительного рефлекса на световые раздражители.— Труды ин-та высш. нервной деятельности АН СССР, т. 1. М., 1955, с. 265—278.
- Моисеева Н. И., Орлов В. А. Прием статистической обработки данных биоэлектрической активности головного мозга с использованием ЭВМ.— В сб.: Роль глубоких структур головного мозга человека в механизмах патологических реакций. Л., 1965, с. 98—100.
- Мордвинов Е. Ф., Егоров А. С. Об одном ЭЭГ-корреляте отношения человека к предстоящей деятельности.— Вопр. психол. 1971, № 3, с. 121—125.
- Мнухина Р. С. Электроэнцефалографические исследования условнорефлекторных реакций и их анализ в свете теории Н. Е. Введенского. Л., 1964.
- Мушкина Н. А. Динамика выработки наличных и следовых условных рефлексов угнетения альфа-ритма и дифференцировок к ним.— Журн. высш. нервн. деят., 1956, № 1, с. 157—163.
- Невский М. П. О биоэлектрической деятельности мозга в гипнотическом сне.— Журн. невропатол. и психиатр., 1954, № 1, с. 26—32.
- Новикова Л. А. Электрофизиологическое исследование речевых кинестезий.— Вопр. психол., 1955, № 5, с. 84—94.
- Новикова Л. А., Соколов Е. Н. Исследование электроэнцефалограммы, двигательных и кожно-гальванических реакций при ориентировочных и условных рефлексах у человека.— Журн. высш. нервн. деят., 1957, № 3, с. 363—373.
- Павлов И. П. Собр. соч., т. III. М.— Л., 1951—1952, с. 203.
- Пеймер И. А. Опыт комплексного электрофизиологического исследования больных с отдаленными последствиями закрытой травмы черепа.— Труды ВМА им. Кирова, т. 57. Л., 1954, с. 118—153.
- Пеймер И. А. Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности человека. Автореф. дисс. канд. Л., 1960.
- Пеймер И. А., Фадеева А. А. Электроэнцефалография при выработке условных рефлексов у больных с последствиями закрытых травм мозга.— Вопр. невропатол. и психиатр., 1957, № 1, с. 51—60.
- Пеймер И. А. и др. Электрофизиологическое и психофизиологическое исследование механизмов передачи информации в центральной нервной системе человека.— Материалы XVIII Междунар. психологического конгресса, симп. 2. М., 1966, с. 184—187.
- Ройтбак А. И., Дендриты и процесс торможения.— Гагрские беседы, т. II. Тбилиси, 1956, с. 165—187.
- Ройтбак А. И., Саванелли Н. Д. Электроэнцефалографическое исследование шизофрении.— Труды ин-та физиологии АН Груз. ССР, т. 9. Тбилиси, 1953, с. 201—220.
- Русинов В. С. Учение И. П. Павлова о высшей нервной деятельности и физиологические исследования.— Вопр. нейрохир., 1953, № 1, с. 3—8.
- Русинов В. С. Доминантный очаг, вызванный в разных этапах центральной нервной системы и его влияние на ход рефлекторной реакции.— Материалы VIII Всесоюз. съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. Тбилиси, 1955, с. 523—525.
- Русинов В. С. Электрофизиологические исследования высшей нервной деятельности.— Журн. высш. нервн. деят., 1957, № 6, с. 854—867.

- (Русинов В. С., Рабинович М. Я.). Rusinov V. S., Rabinovich M. I. Electroencephalographic researches in the laboratories and clinics of the Soviet Union.— EEG Clin. Neurophysiol., 1958, Suppl. 8. p. 1.
- Русинов В. С. Общие и локальные изменения в электроэнцефалограмме при выработке условных рефлексов у человека.— В кн.: Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 288—297.
- Сахиулина Г. Т. Изменение в ЭЭГ собак в процессе образования и упрочения условного рефлекса.— Докл. АН СССР, 1955, № 1, с. 153—156.
- Сахиулина Г. Т. Изменение в электроэнцефалограмме собак в связи с образованием условных рефлексов.— Журн. высшей нервн. деят., 1957, № 5, с. 741—753.
- Семеновская Е. Н., Лурье Р. Н. Изменения ЭЭГ зрительных и лобных областей при напряжении внимания.— Пробл. физиол. оптики, 1948, № 6, с. 299—304.
- Симонов Л. Н. Опытное доказательство существования центров, задерживающих рефлексы у млекопитающих животных.— Воен.-мед. журн., 1866, т. 44, кн. ХСVII, № 1, с. 47.
- (Симонов П. В.) Simonov P. V. Emotions Creativity.— In: Psychology Today. 1970 p. 51—56.
- Симонов П. В. К вопросу о нарастающей тенденции к синтезу наук (о некоторых проблемах современной психофизиологии).— В сб.: Методологические вопросы физиологии высшей нервной деятельности. Л., 1970, с. 19—32.
- Симонов П. В., Темников Ф. Е. Адаптивные биоэлектронные системы восприятия, обучения и управления.— В сб.: Бионика. М., 1965, с. 77—83.
- Смирнов В. М. Психопатологическое исследование больных с гиперкинезами, леченных путем воздействия через жвигленные электроды на подкорковые структуры головного мозга.— Материалы II съезда общества психологов, в. 4. М., 1963, с. 43—44.
- Смирнов В. М. Исследование психической деятельности при электрических воздействиях на глубокие структуры головного мозга человека.— В сб.: Роль глубоких структур головного мозга человека в механизмах патологических реакций. Л., 1965, с. 100—111.
- Смирнов В. М. Исследование механизмов эмоций в процессе лечения методом долгорочных интрацеребральных электродов.— В сб.: Вопросы современной психоневрологии. Труды ин-та им. Бехтерева, т. 38. Л., 1966, с. 120—132.
- Смирнов В. М. Изучение клинических эффектов при стереотаксических воздействиях на глубокие структуры головного мозга.— В сб.: Проблемы локализации и психоневрологии. Труды ин-та им. Бехтерева, т. 43. Л., 1967, с. 22—48.
- (Смирнов В. М.) Smirnov V. M. Neuropsychological investigations of the thalamus in man.— Science in progress. October 1968, p. 21—31.
- Смирнов В. М. Нейропсихология и вопросы изучения глубоких структур головного мозга человека.— Вестн. АМН СССР, 1970, № 1, с. 35—42.
- Смирнов В. М., Шандурина А. Н. О роли диэнцефально-стволовых и отриопаллидарных структур головного мозга в механизмах речи и ее нарушений.— Труды 22-го совещания по проблемам высш. нервной деятельности, посвящ. 120-летию со дня рожд. И. П. Павлова. Рязань, 1969, с. 220.
- Смирнов В. М., Сперанский М. М. Способ формализованного описания постоянного потенциала.— Физиол. журн. СССР, 1970, № 8, с. 1172—1178.
- Смирнов В. М., Шандурина А. Н., Горелик Л. И. О роли подкорковых образований мозга в механизмах саморегуляции высшей нервной деятельности человека.— Труды XXIII совещ. по проблемам высшей нервной деятельности, в. 2. Горький, 1972, с. 175.
- Соколов Е. Н. Природа фоновой ритмики коры больших полушарий.— В кн.: Основные вопросы электрофизиологии центр. нервной системы. Киев, 1962, с. 157.

- Трофимов Л. Г., Лурье Р. Н., Любимов Н. Н., Рабинович М. Я. Исследование электрических явлений в области корковых концевых различных анализаторов при выработке оборонительных и пищевых условных рефлексов.—Материалы VIII Всесоюзн. съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. Тбилиси, 1955, с. 613—615.
- Трохачев А. И. Динамика клеточной активности подкорковых структур мозга человека в процессе лечения методом долгосрочных глубинных интрацеребральных электродов.— В сб.: Роль глубоких структур головного мозга человека в механизмах патологических реакций. Л., 1965, с. 115—117.
- Трохачев А. И. Динамика клеточной активности подкорковых структур мозга человека при некоторых моторных и психологических пробах.— В сб.: Глубокие структуры головного мозга человека в норме и патологии. Л., 1966, с. 157—160.
- Ухтомский А. А. Учение о доминанте.— Собр. соч., т. 1. Л., 1950.
- Филимонов И. Н. Локализация функций в коре большого мозга.— Невропатол. и психиатр., 1940, № 1—2, с. 14—25.
- Хананашвили М. М. Механизмы нормальной и патологической условнорефлекторной деятельности. Л., 1972.
- Черниговская Н. В., Цукерман А. С., Мовсисянц С. А. Опыт применения метода адаптивного авторегулирования в неврологической клинике.— Материалы симпозиума: «Саморегуляция нейрофизиологических механизмов интегративной и адаптивной деятельности мозга». Л., 1972а, с. 58—60.
- Черниговская Н. В., Цукерман А. С., Мовсисянц С. А. Использование принципа адаптивного автоуправляемого эксперимента для лечения больных с центральными двигательными нарушениями.— Материалы Междунар. союза теоретической и прикладной биофизики АН СССР. М., 1972б, с. 142.
- Черниговская Н. В., Василевский Н. Н., Цукерман А. С., Мовсисянц С. А. Метод адаптивного авторегулирования в изучении управления двигательной активностью больных с гиперкинезами.— Материалы 2-го Междунар. симпозиума по регуляции движений. Varna—Bulgaria, Abstracts, 1972b, p. 48.
- Чернышева В. А. Динамика медленных сдвигов мозговых потенциалов в подкорковых образованиях головного мозга человека при реализации психической деятельности в условиях направленного изменения внутренней среды мозга.— Физиол. журн. СССР, 1971, № 2, с. 150—158.
- Шпильберг П. И. Токи действия сетчатки и мозга человека и животных в изучении зрительной функции.— Материалы VII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов. М., 1947, с. 280—284.
- Яковлева Е. К. О некоторых особенностях электрической активности головного мозга при наркоте навязчивых состояний.— Журн. невропатол. и психиатр., 1952, № 6, с. 20—23.
- Яковлева Е. К. Об отражении в ЭЭГ словесных воздействий при неврозе навязчивых состояний.— В сб.: Вопросы теории и практики ЭЭГ. Л., 1956, с. 217—234.
- Adey W. R. Neural information processing; Windows without and the citadel within.— In: Biocybernetics of the Central Nervous System. Ed. L. D. Proctor. Boston, 1969, p. 1—27.
- Adey W. R. Spontaneous Electrical Brain Rhythms Accompanying Learned Responses.— In: The Neurosciences. New York, 1970, p. 224—243.
- Adey W. R., Dunlop C. W., Hendrix C. E. Hippocampal slow waves, distribution and phase relationships in the course of approach learning.— AMA Arch. Neurol., Psychiat., 1960, v. 3, p. 74—90.
- Adrian E. D. The physiological basis of perception.— In: Brain mechanisms and consciousness. Ed. J. I. Desfresnaye, Ch. C. Thomas. Springfield, 1954, p. 237—243.
- Adrian E. D., Matthews B. H. The interpretation of potential waves in the cortex.— J. Physiol., 1934, v. 81, p. 440.

- Albe-Fessard A. E. Mechanisms of nervous integration and conscious experience.—In: Brain mechanisms and consciousness. Ed. J. F. Delafresnaye, Ch. C. Thomas. Springfield, 1954, p. 200—236.
- Alpers B. J. Relation of the hypothalamus to disorders of personality. Report of a case.—Arch. Neurol. Psychiat., 1937, v. 38, p. 291—303.
- Angeleri F., Ferro-Milone F., Parigi S. Electric activity and reactivity of the rhinencephalic, parahrinencephalic and thalamic structures. Trial of prolonged implantation of electrodes in human beings.—Excerpta Med. Intern. Congr. series, 1961, v. 37, p. 84—85.
- Angyan A., Hasznos T. Цит. по P. M. Мещерскому, 1955.
- Arellano A. P., Schwab R. S. Scalp and basal recordings during mental activity.—Proc. 1st Intern. Congr. Psychiatr. Paris, 1950.
- Bagchi B. K. The adaptation and variability of responses of the human brain rhythm.—J. Physiol., 1937, v. 3, p. 463—485.
- Bagchi B. K., Howell R. W., Schmall H. T. The electroencephalogr. and clinical effects of electrically induced convulsions in the treatment of mental disorders.—Am. J. Psychiat., 1945, v. 102, N 1, p. 49—50.
- Barbizet J. Defect of memorizing of hippocampal-mamillary origin.—J. Neurol. Neurosurg. Psychiat., 1963, v. 26, p. 127—135.
- Barbizet J. Etudes sur la memoire. Paris, 1966.
- Bates J. A. V. Depth electrodes in the human subject. Basic technical, interpretative and ethical considerations.—Excerpta Med. Intern. Congr. series, 1961, v. 37, p. 62—64.
- Baumgarther G. Die Reaktionen den Neurone des zentralen visuellen Systems der Katze im simultanen Helligkeitskontrast.—In: R. Jung, H. Kornhuber. (Red.) Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems. Symposium Freiburg. Berlin, 1961, S. 296—311.
- Berger H. Uber das Elektronkephalogramm des Menschen.—Arch. Psychiat., 1929, Bd. 87, S. 527.
- Berkhout J., Walter D. O., Aday R. Alterations of the human electroencephalogram induced by stressful verbal activity.—EEG clin. Neurophysiol., 1969, v. 27, p. 457—469.
- Rickford R. G. a. oth. Changes in memory function produced by electrical stimulation of the temporal lobe in man.—In: The brain and human behavior. Baltimore, 1958, p. 227—243.
- Bogoch S. Brain glycoprotein I0B: Further evidence of the „Sign — Post“. Role of brain glycoprotein in cell recognition, its change in brain tumor and the presence of a „Disfance factor“.—In: Structural and functional proteins of the nervoys system.—Ed. A. N. Davison, I. G. Morgan, P. Magel. N. Y., 1972, p. 39—54.
- Bogoch S. The Biochemistry of memory, with an inquiry into the function of the brain mucoids. New York, 1968.
- Bouillaud J. Recherches cliniques propres a dimontrer que la perte de la parole correspond a la lesion des lebules arterieurs du cerveau.—Arch. Gen. et Med., 1825, v. VIII.
- Bouillaud J. Traite clinique et physiologique de l'encephalite. Paris, 1825.
- Bradley P. B. The pharmacology of the EEG.—In: Second Advance Course in EEG. Salzburg, 1965, p. 157—161.
- (Brazier M.). Брей же М. Длительно сохраняющиеся электрические следы в головном мозге человека и их возможное отношение к высшей нервной деятельности. — В кн.: Электронцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 341—353.
- Brazier M. A. B. The Contribution of anesthesiology to electroencephalography.—In: Anesthesiology and the Nervous System. Ed. J. B. Dillon a. C. M. Ballinger. N. Y., 1966, p. 165—187.
- Brazier M. A. B. Absence of Dreaming or Failure to Recall from Experimental Neurology. Suppl. 4; Physiological Correlates of Dreaming. Ed. C. D. Clemente. New York — London, 1967, p. 91—98.
- Brazier M. A. B., Barlow I. S. Some applications of correlation analysis to clinical problems in electroencephalography.—EEG Clin. Neurophysiol., 1956, v. 8, N 2, p. 325—331.

- Brazier M. A. B., Casby J. U. Cross Correlation and autocorrelation studies of electroencephalographic potentials.— EEG Clin. Neurophysiol., 1952, v. 4, p. 201—211.
- (Bremer F.). Бремер Ф. Анализ корковых процессов побуждения. — В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 119.
- Bross P. Цит. по А. Р. Лурия, 1962.
- Budzynski T., Stoyva J., Adler C. Feedback-induced muscle relaxation: Application to tension headache.— J. Behav. Ther. Exp. Psychiat., 1970, v. 1, p. 205—211.
- Buren J. M., van. Sentory, motor and autonomic effects of medial temporal stimulation in man.— J. Neurosurg., 1961, v. 18, p. 273—288.
- Buren J. M., van. Confusion and disturbance of speech from stimulation in vicinity of the head of the caudate nucleus.— J. Neurosurg., 1963, v. 20, N 2, p. 148—157.
- Buseh E. Psychial symptoms in neurosurgical disease.— Acta psychiat. neurol., 1940, v. 15, p. 257—290.
- (Chang H. T.). Чанг Х. Т. Некоторые данные об изменениях возбудимости корковых и подкорковых нейронов и возможная роль этих изменений в процессе выработки условных рефлексов. — В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 69.
- Chapman W. P. Studies of the periamygdaloid area in relation to human behavior.— In: The brain and human behavior. Baltimore, 1958, p. 258—277.
- Chapman R. M. Human evoked responses to meaningful stimuli.— XVIII Intern. Congr. of psychology, symp. 6. M., 1966, p. 53—59.
- Creutzfeldt O. Attention as a Concept in Neurophysiology.— Science, 1969, v. 158, p. 495—496.
- Darrow C., Wilson I., Vieth P., Malle I. Acceleration and momentum incerebral function reflected in EEG phase relations.— In: Recent Advances Biol. Psychiatry. N. Y.— London, 1960.
- Delgado J. M. R. Effect of Brain stimulation on Tasm free stimulations.— EEG clin. Neurophysiol., 1963, Suppl. v. 24, p. 260—280.
- Delgado J. M. R. Modulation of Emotion by Cerebral Radio Stimulation.— In: Physiological Correlates of Emotion. New York a. London, 1970, p. 189—204.
- (Delgado J. M. R.). Дельгадо Ж. Мозг и сознание. М., 1970.
- Delgado J. M., Hamlin H. Depth electrography.— Confin. Neurol., 1962, v. 22 (3/5), p. 228—237.
- Durup G., Fessard A. L'electro-encephalogramme de l'homme: Observations pshychophysiologique relative a l'action des stimuli visuel et auditif.— Ann. Psychol., 1935, v. 36, p. 1—35.
- Faure J., Cohen-Seat. Responses to sensory stimuli, produced by movie activation.— EEG Clin. Neurophysiol., 1954, v. 6, N 4, p. 523.
- Foerster O., Gagel O. Ein Fall von Ependymcyte des III Ventrikels Eiu Beitrag zur Frage der Beziehungen psychis cher Störungen zum Hirnstaum.— Zschr. ges Neurol. Psychiat., 1933, Bd. 149, S. 312—344.
- Gaarder K., Chase Ch. Control of States of Consciousness. I Altainment Through Control of Psychophysiological Variables.— Arch. Gen. Psychiat., 1971a, v. 25, p. 429—435.
- Gaarger K., Chase Ch. Control of States of Consciousness. II. Attainment Through External Feedback Augmenting Control of Psychophysiological Variables.— Arch. Gen. Psychiat., 1971b, v. 25, p. 436—441.
- Gastaut H. Etude electrocorticographique de la reactivite des rythmes rolandiques.— Rev. Neurol., 1952, v. 87, N 2, p. 176—182.
- Gastaut H. The role of the reticular formation in establishing conditioned reactions.— In: Reticular formation of the brain. Ed. H. H. Jasper et al. Boston, 1958a, p. 561—579.
- Gastaut H. Some aspects of the neurophysiological basis of conditioned reflexes and behaviour.— In: Ciba foundation symposium on the neurological

- basis of behaviour, Ed. G. E. W. Wolstenholme a. C. M. O'Connor. Amsterdam — London — N. Y., 1958b, p. 255—272.
- Gastaut H. J., Bert J. EEG changes during cinematographic presentation.— EEG Clin. Neurophysiol., 1954, v. 6, N 3, p. 433—444.
- (Gastaut H. et al.) Гастро А. и др. Электроэнцефалографическая характеристика образования условных рефлексов у человека.— Журн. высш. нервн. деят., 1957, № 1, с. 25—38.
- Gastaut H. et al. Etude topographique des reactions Electroencephalographiques conditionees chez l'homme.— EEG Clin. Neurophysiol., 1957, v. 9, N 1, p. 1—34.
- (Gastaut H. et al.) Гастро А. и др. Нейрофизиологическое объяснение условных электроэнцефалографических реакций. Журн. высш. нервн. деят., 1957, № 2, с. 203—213.
- (Gastaut N., Roger A.) Гастро А., Роже А. Участие основных функциональных структур головного мозга в механизмах высшей нервной деятельности.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 18—41.
- Gerard R. W. The fixation of experience.— In: Brain mechanisms and learning. Ed. J. F. Delafresnaye. Oxford, 1961, p. 21—32.
- Glass A. Mental arithmetic and blocking of the occipital alpha rhythm.— EEG Clin. Neurophysiol., 1964, v. 17, N 6, p. 595—603.
- Glass A. Evidence of the habituation of the EEG to mental arithmetic.— EEG Clin. Neurophysiol., 1965, v. 19, N 5, p. 531—533.
- Gless P., Griffith H. B. Bilateral destruction of the hippocampus (cornu Ammonis) in a case of dementias.— Mschr. Psychiat. Neurol., 1952, Bd. 123, S. 193—204.
- Golla F. L., Hutton E. L., Walter W. Grey. The objective study of mental imagery.— J. Ment. Sci., 1943, v. 89, p. 375.
- Comes A. O. Brain-consciousness problem in contemporary scientific research.— In: Brain and conscious experience. Ed. J. Eccles. Berlin — Heidelberg — New York, 1966, p. 446—469.
- Grünthal E. Über das Corpus mammillare und den Korsakowschen symptomkomplex.— Confin Neurol., 1939, Bd. 2, S. 64—95.
- Hassler R. Motorische und sensible Effekte Umschriebener Reitungen und Ausschaltungen im menschlichen Zwischenhirn.— Dtsch. Z. Nervenheilk., 1961, Bd. 183, S. 148—171.
- Hassler R., Riechert T., Munding F., Umbach W., Ganglberger T. Physiological observations in streotaxic operations in extrapyramidal motor disturbances.— Brain, 1960, v. 83, p. 337—350.
- Heath K. Physiological data-electrical recordings.— In: Studies in Schizophrenia. Cambridge, 1954, p. 151—156.
- Heith R. G. Closing Remarks with commentary on depth electroencephalography in epilepsy and schizophrenia.— In: EEG a. Behavior. N. Y., 1963, p. 377—394.
- Heath R. G., Mickle W. A. Evolution of 7 years experience with depth electrodes studies in human patients.— In: Electrical Studies on the Unanesthetized Brain. E. R. Ramey a. D. S. O'Doherty. Ed. Hoeber. New York, 1960, p. 214—242.
- Hodes R., Heath R. G., Miller W. H. Elektroencephalograms and Subcorticograms made before stimulation.— In: Studies in Schizophrenia. Cambridge, 1954, p. 157—195.
- (Ioshii N. et al.) Иошии Н. и др. Условный рефлекс и электроэнцефалография.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 187—198.
- Ioshii N., Pruvot P., Gastaut H. Electrographic activity of the unsensory reticular formation during conditioning in the cat.— EEG Clin. Neurophysiol., 1957, v. 9, N 4, p. 595—608.
- Jacobs A., Fenton C. S. Visual feedback of myoelectric output to facilitate muscle relaxation in normal persons and patients with neck injuries.— Arch. Physiol. Med., 1969, v. 50, p. 34—39.
- Jasper H. H. Pathophysiological Studies of Brain Mechanisms in different

- states of consciousness.— In: Brain and conscious experience. Ed. J. Eccles. Berlin — Heidelberg — New York, 1966, p. 257—282.
- Jasper H. H., Rasmussen T. Studies of clinical and electrical responses to deep temporal stimulation in man with some considerations of functional anatomy.— Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis., 1958, v. 36, p. 316—334.
- (Jasper H., Ricci G. F., Doane B.). Джаспер Г., Риччи Дж., Доун Б. Микроэлектродный анализ разрядов корковых клеток при выработке оборонительных рефлексов у обезьян.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 129.
- Jasper H., Shagass C. Conditioning the occipital alpha-rhythm in man.— J. Exp. Psychol., 1941, v. 26, p. 373—388.
- John E. R. Mechanisms of memory. New York, London, 1967.
- Jouvet M., Hernandez-Peon R. Mechanismes neurophysiologiques concentrant l'attention, l'habituation et le conditionnement.— EEG Clin. Neurophysiol., 1957, Suppl., N 6, p. 39.
- Jung R. Correlation of bioelectrical and autonomic phenomena with alterations of consciousness and arousal in man.— In: Brain mechanisms and consciousness. Ed. J. F. Delafresnaye. Springfield, 1954, p. 310—339.
- Jung R. Brain processes and learning.— In: Brain mechanisms and learning, v. I. Ed. M. A. B. Brazier. Amsterdam, 1963, p. 189—201.
- Jung R., Hassler R. The extrapyramidal motor system.— In: Handbook of physiology, sect. I, v. II. Washington, 1960, p. 863—927.
- Jung R., Tönnies J. D. Hirnelektrische Untersuchungen über Entstehung und Erhaltung von Krampfentladungen: Die Vorgänge am Reizort und die Bremsfähigkeit des Gehirns.— Arch. Psychiatr. Nervenkr., 1950, Bd. 185, S. 701—735.
- (Jus. A., Jus K.) Юс А., Юс К. Попытка электроэнцефалографического анализа процессов внутреннего торможения (запаздывания и его перехода в сон).— Журн. невропатол. и психиатр., 1954, № 9, с. 715—721.
- Kamp A., Schrijer C. F. M., Storm van Leeuwen W. Occurrence of „beta bursts“ in human frontal cortex related to psychological parameters.— EEG Clin. Neurophysiol., 1972, v. 33, N 3, p. 257—268.
- Keidel W. D. Sinnesphysiologie, T. I. Allgemeine Sinnesphysiologie Visualis System. Berlin, Heidelberg, N. Y., 1971.
- Kennard M. A., Fister W. P., Rabinovitch M. S. The use of frequency analysis in the interpretation of the EEG of patients with psychological disorders.— EEG Clin. Neurophysiol., 1955, v. 7, N 3, p. 29—38.
- Kennedy I. L., Gottsdanker R. M., Armington I. G., Gray F. E. A new EEG associated with hirurgnd.— Science, 1948, v. 108, p. 527—529.
- King H. E., Joung K. M., Corrigan R., Bersadsky L. Psychological observations before and after stimulations.— In: Studies in Schizophrenia. Cambridge, 1954, p. 309—344.
- Knott J. R. Some effects of „mental set“ on the electrophysiological processes of the human cerebral cortex.— J. Exp. Psychol., 1939, v. 24, p. 384—405.
- Knott J. R., Henry Ch. E. The conditioning of the blocking of the alpha rhythm of the human EEG.— J. Exp. Psychol., 1941, v. 28, p. 134—144.
- (Lange G., Storm van Leeuwen W., Werre J.). Ланге Г., Шторм ван Леу-вен В., Верре Д. Корреляция между психологическими и электроэнцефалографическими явлениями.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962, с. 369—377.
- Lansing R. W. Relation of brain and tremor rhythms to visual reaction time.— EEG Clin. Neurophysiol., 1957, v. 9, N 3, p. 497—504.
- Lansisi I. M. Dissertation de sode cogitandis anima. Venesia, 1939.
- Lashley K. S. Cerebral organization and behavior.— In: The Brain and human behavior. Baltimore, 1958, p. 1—18.
- Laufberger V. La reponse conditionnee par imagination dans l'encephalogramme.— C. R. Soc. Biol., 1950, v. 144, p. 467—468.
- Lelord G. Different modalities of reaction of the central and anterior rhythms at 10 c/sek.— EEG Clin. Neurophysiol., 1957, v. 2, N 3, p. 561.
- Lettvin, Maturana, McCulloch, Pitts. Цит. по Н. Н. Василевскому и С. И. Сороко, 1969.

- Levita E., Riklan M., Cooper S. Psychological comparison of unilateral and bilateral thalamic surgery.—*J. Abnormal Psychol.*, 1967, v. 72, N 3, p. 251—254.
- Lin Shik-yih, Wu Chin-eh, Sun Shik-heh, Ko chin-yuui, Lin Jungtsai Влияние умственной деятельности (счет в уме) на ЭЭГ людей различного возраста.—*Acta psychol. Sinica*, 1964, v. 3, p. 281—289.
- Loomis A. L., Harvey E. N., Hobart G. Potencial rhythms of the cerebral cortex during sleep.—*Science*, 1935a, v. 81, p. 187.
- Loomis A. L., Harvey E. N., Hobart G. Further observations on the potential rhythms of the cerebral cortex during sleep.—*Science*, 1935b, v. 82, p. 198—200.
- Loomis A. L., Harvey E. N., Hobart G. Brain potentials during hypnosis.—*Science*, 1936a, v. 83, p. 239—241.
- Loomis A. L., Harvey E. N., Hobart G. Electrical potentials of the human brain.—*J. Exp. Psychol.*, 1936b, v. 19, p. 249—279.
- Magnus O. The central alpha rhythm ("rhythms en arceau").—*EEG Clin Neurophysiol.*, 1954, v. 6, p. 349—350.
- Mahl G. F. Цит. по Sperry R. W., 1966.
- Maikowski J. Dynamika powstawania odruchow wyrunkowych w obrazie eeg. (Doniesienie wstepne).—*Neurol. neurochir. i psychiatr. polska*, 1955, r. 5, N 3, s. 229—241.
- Meyer L. Ch. A. Anatomisch-physiologische Abhandlungen vom Gehirn. Berlin—Leipzig, 1779.
- Meyers R., Knott J. K., Hayke R. A., Sweeney D. B. The surgery of epilepsy.—*J. Neurosurg.*, 1950, v. 7, p. 337—346.
- Milner H. Laterality effects in Audition.—In: *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*. Ed. V. B. Mountcastle, Baltimore, 1962, p. 177—198.
- Milner B. Brain Mechanisms Suggested by Studies of Temporal Lobes.—In: *Brain Mechanisms Underlying Speech and Language*. N. Y., London, 1967, p. 122—145.
- Milner B., Taylor L. Right-hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy: evidence for nonverbal memory.—*Neuropsychologia*, 1972, v. 10, p. 1—15.
- Monroe R. R., Haeth R. G. Description of the patient group.—In: *Studies in scizophrenia*, chap. 8, Sect. III. Cambridge, 1954, p. 123—130.
- (Morguzzi G.). Морущи Д ж. Синхронизирующее влияние ствола мозга и тормозные механизмы, лежащие в основе возникновения сна под влиянием сенсорных раздражителей.— В кн.: *Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности*. М., 1962, с. 216—240.
- Morrell F., Jasper H. H. Electrographic studies of the formation of temporary connections in the brain.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1956, v. 8, N 2, p. 201—214.
- Mountcastle V. B. The neural replication of sensory events in the somatic afferent system.—In: *Brain and Conscious experience*. Ed. J. Eccles. Berlin—Heidelberg—New York, 1966, p. 85—115.
- Mundy-Castle A. C. EEG and mental activity.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1957, v. 2, N 4, p. 643.
- Nielsen J. M. Cerebral localization and the psychoses.—In: *The brain and human behavior*. Baltimore, 1958, p. 467—477.
- Ojemann G., Fedio P. Effect of Stimulation of the human thalamus and parietal and temporal white matter on short-term memory.—*J. Neurosurg.*, 1968, v. 29, N 1, p. 51—59.
- Ojemann G. A., Fedio P., Burem J. M., van. Anemia from pulvinal and subcortical parietal stimulation.—*Brain*, 1968b, v. 91 (1), p. 99—116.
- Olds J. a. Milner B. Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat.—In: *Brain Physiology and psychology*. Ed. C. R. Evans a, A. D. J. Robertson. London, 1966, p. 51—64.
- Orthner H. Anatomie pathologiques des troubles de la conscience d'origine hypothalamique.—*Premiere Congr. Int. Sci. Neurol., Sec. J. Comm. Wien*, 1957, p. 77—96.

- Peacock S. M. Physiological responses to subcortical stimulation.— In: *Studies in Schizophrenia*. Cambridge, 1954, p. 235—250.
- Penfield W. The role of the temporal cortex in recall of past experience and interpretation of the present.— In: *Ciba foundation symposium on the Neurological Basis of Behaviour*. London, 1958, p. 149—172.
- Penfield W. G., Jasper H. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain. Boston, 1954.
- Petsche H. Die Erfassung von Form und Verhalten der Potentialfelder an der Hirnoberfläche durch eine Kombinierte EEG-toposkopische Methode.— In: *Weiner Zeitschrift für Nervenheilkunde und deren Grenzgebiete*. Wien.— N. Y., 1967, S. 373—387.
- Petsche H. Epileptischer Anfall und Kortikale Neuronenpopulation.— *Wien. Z. Nervenheilk.*, 1968, Bd. 26, S. 46—55.
- Pribram K. H. The neurophysiology of remembering.— *Sci. Am. J.*, 1969, v. 220, N 1, p. 73—86.
- Pribram K. *Languages of the brain*. New Jersey, 1971.
- Roberts L. Functional plasticity in cortical speech areas and the integration of speech.— In: *The brain and human behavior*. Baltimore, 1958, p. 449—466.
- Roger A., Sokolow E. N., Voronin L. G. The motor conditioning during wakefulness and during sleep.— *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1957, v. 9, N 3, p. 561—562.
- Sem-Jacobsen C. W. Depth electrographic recording in man.— *Excerpta Med.*, 1961, v. 37, p. 81—92.
- Sem-Jacobsen C. W. Electrical stimulation of the human brain.— *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1964, v. 17, p. 211.
- Sem-Jacobsen C. W. Depth electrographic stimulation and treatment of patients with parkinson's disease including neurosurgical technique.— *Acta Neurol. Scand.*, 1965, v. 41, Suppl. 13, p. 365—377.
- Sem-Jacobsen C. W. Depth-electrographic observations related to parkinson's disease.— 2nd Symp. Parkinson's Dis. N. Y., Part 2, 1966, p. 388.
- Sem-Jacobsen C. W. Depth electrographic studies of the human brain and behavior. Springfield, 1968.
- Sem-Jacobsen C. W., Bickford R. G., Dodge Jr. H. W., Petersen M. C. Human olfactory responses recorded by depth electrography.— *Proc. Mayo Clin.*, 1953, v. 28, p. 166—170.
- Sem-Jacobsen C. W., Petersen M. C., Dodge H. W., Lazarte J. A., Holman C. B. Elektroencephalographic rhythms from the depth of the parietal, occipital and temporal lobes in man. *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1956, v. 8, p. 263—278.
- Sem-Jacobsen C. W., Torkidsen A. Depth recording and electrical stimulation in the human brain.— In: *Electrical studies on the inasthetized brain*. N. Y., 1960, p. 275.
- Shagass Ch. Conditioning the human occipital alpha rhythm to a voluntary stimulus.— *J. Exp. Psychol.*, 1952, v. 31, p. 367—379.
- Shagass C., Canter A. Some personality correlates of cerebral evoked response characteristics.— XVIII. Intern. Congr. of Psychology, Symp. 6. M., 1966, p. 47—52.
- Sherrington C. S. *Man and his nature*. London, 1942.
- Sherrington C. S. *The Integrative action of the Nervous-System*. London, 1947.
- Shipton J., Walter W. G. Les relations entre les activites alpha, les modes de pensee et les affinites sociales.— *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1957, Suppl. 6, p. 185—202.
- Slatter K. H. Alpha rhythms and mental imagery.— *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1960, v. 12, N 4, p. 851—859.
- Sperry R. W. Brain bisection and mechanisms of consciousness.— In: *Brain and conscious experience*. Ed. J. Eccles. Berlin—Heidelberg—New York, 1966, p. 298—313.
- Spiegel E. A., Wycis H. T., Orchinik C. a. Freed H. Thalamic chronotaxis.— *Am. J. Psychiat.*, 1956, v. 113, p. 97—105.

- Spiegel E. A., Wucis H. T. Stimulation of brainstem and basal ganglia in man.—In: *Electrical stimulation of the brain*. Austin, 1961, p. 487—497.
- Stevens Ch. F. *Synaptic Physiology*.—Inst. Electr. Electron. Engin., 1968, June, v. 56, N 6, p. 916—930.
- Storm van Leeuwen W., Kamp A., Kok M. L., Tielen A. M. Relation entre l'activité électrique de certaines structures cérébrales et le comportement du chien.—*Rev. Neurol.*, 1963, v. 109, N 3, p. 258—259.
- Travis L. E. Brain potentials and the temporal course of consciousness.—*J. Exp. Psychol.*, 1937, v. 21, p. 302—309.
- Travis L. E., Egan I. P. Increase in frequency of the alpha rhythm by verbal stimulation.—*J. Exp. Psychol.*, 1938, v. 23, p. 384—393.
- Umbach W. Cortical responses to subcortical stimulation of the diffuse projecting system in 662 stereotaxic operations in man.—*Excerpta Med. Intern. Congr. series*, 1961, v. 37, p. 76.
- Umbach W. Vegetative Reactionen bei elektrischer Reizung und Ausschaltung in subcorticalen Hirnstrukturen des Menschen.—*Acta neuroveget. (Wien)*, 1961, Bd. 23, S. 225—245.
- Umbach W. Elektrophysiologische und vegetative Phänomene bei stereotaktischen Hirnoperationen. Berlin, Heidelberg, N. Y., 1966.
- Verdeaux G., Verdeaux J. Interet de l'enregistrement des rythmes biologiques dans la recherche radiophonique (electroencephalographie-polygraphie).—*Cahiers studes radio-telev.*, 1955, v. 5, p. 78—81.
- Victor M. a. oth. Memory loss with lesions of hippocampal formation.—*Arch. Neurol.*, 1961, v. 5, N 3, p. 244—263.
- Vogel W., Broverman D. M., Klaiber E. L. EEG and mental abilities.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1968, v. 24, p. 166—175.
- Volavka J., Matousek M., Roubicek J. Mental arithmetic and eye opening. An EEG frequency analysis and GSP study.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1967, v. 22, p. 174—176.
- Walker J., Halas E. Neuronal coding at subcortical auditory nuclei.—*Physiol. Behav.*, 1972, v. 8, N 6, p. 1099—1105.
- Walter W. G. *The living brain*. London, 1953.
- Walter W. G. Brain mechanisms and perception.—*Brit. J. Physiol. Optics*, 1965, v. 22, N 1, p. 1—9.
- Walter W. G. The analysis, synthesis and identification of evoked responses and CNV.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1967, v. 23, p. 489.
- Walter W. G. a. oth. The interaction of responses to semantic stimuli in the human brain.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1965, v. 18, p. 513—533.
- Walter W. G., Cooper R., Aldridge V. J., McCallum W. C., Winter A. L. Contingent negative variation: an electric sign of sensory-motor association and expectancy in the human brain.—*Nature*, 1964, v. 203, p. 380.
- Walter W. G., Crow H. J. Depth recording from the human brain.—*Excerpta Med.*, 1961, v. 37, p. 64—65.
- Walter W. G., Grow N. S. Depth recording from the human brain.—*EEG Clin Neurophysiol.*, 1964, v. 16, p. 68—79.
- Walter W. G., Shipton H. W. The effect of synchronizing light and sound stimuli with various components of the electro-encephalogram.—*J. Physiol.*, 1949, v. 108, N 3, p. 50.
- Walter R. D., Chapman L., Porter R., Crandal P., Rand R. Behavioral responses to stimulation of human hippocampus, hippocampal gyrus and amigdala.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1964, v. 17, p. 451—472.
- Walter R. D., Yeager C. L. Visual imagery and elektroencephalographic changes.—*EEG Clin. Neurophysiol.*, 1956, v. 8, N 2, p. 193—199.
- Wernicke C. *Der aphasische Symptomen-komplex*. Breslau, 1874.
- Whatmore G. B., Kohli D. R. Dysponesis: a neurophysiological factor in functional disorders.—*Behav. Sci.*, 1968, v. 13, p. 102—124.
- Williams D. The abnormal cortical potentials associated with high intracranial pressure.—*Brain*, 1939, v. 62, N 3, p. 321—334.
- Williams M., Pennybacker S. Memory disturbances in third ventricle tumours.—*J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 1954, v. 17, p. 115—123.
- Willis T. *Cerebral anatomy*. London, 1964.

Bechtereva N. P.

The neurophysiological aspects of mental activity in man. The second edition, remaked and supplemented, 1974.

In the monograph, the main stages of the investigation into the physiology of cerebral sustaining of mental processes, and the modern data on the neurophysiological mechanisms of these processes obtained in the direct study of the human brain physiology, are presented.

Many years of observation of the patients during their diagnosis and treatment with the aid of implanted electrodes by means of a complex method involving examination of the brain physiological parameters during mental activity and of the spontaneous and evoked mental processes after local electrical effects on the brain, made it possible to accumulate vast amount of new data on the physiological mechanisms of mental phenomena. The analysis of these data suggests that the cerebral sustaining of mental activity is carried out by the cortical-subcortical structural-functional system with links of different grades of rigidity.

The main theoretical perspectives of development of the problem and the possibilities for enlargement of the range of therapeutic means in the psychiatric and neurological clinics, are considered on the ground of the new evidence concerning the human brain.

The 2nd edition is completed with the data on the finest characteristics of the impulse activity of neuronal assemblies of the human brain during mental processes.

The monograph is meant for physiologists, neurologists, psychiatrists, and physicians of other specialities.

The book contains 33 figures. The reference amounts to 337 titles.

Наталья Петровна Бехтерева

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Издание второе, переработанное и дополненное

Редактор *Т. И. Грекова*

Переплет художника *В. В. Белякова*

Художественный редактор *А. И. Приймак*

Технический редактор *Г. Т. Лебедева*

Корректор *Р. И. Гольдина*

Сдано в набор 26/II 1974 г. Подписано к печати 7/VI 1974 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага машиномелованная. Печ. л. 9,5. Бум. л. 4,75. Уч.-изд. л. 11,06. ЛН-71. Тираж 5000 экз. Заказ № 544. Цена 1 р. 32 к.

Ленинград, «Медицина», Ленинградское отделение. 192104, Ленинград, ул. Некрасова, 10.

Ленинградская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 196126, Ленинград, Ф-126, Социалистическая ул., 14.