

Глава III

ТРИ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКА МОЗГА

Мы уже говорили, что психические процессы человека являются сложными функциональными системами и что они не локализованы в узких, ограниченных участках мозга, а осуществляются при участии сложных комплексов совместно работающих мозговых аппаратов, каждый из которых вносит свой вклад в организацию этой функциональной системы. Вот почему становится необходимым выяснить, из каких основных функциональных единиц состоит мозг человека, как построена и какую роль играет каждая из них в осуществлении сложных форм психической деятельности.

Можно выделить *три основных функциональных блока*, или три основных аппарата мозга, участие которых необходимо для осуществления любого вида психической деятельности. С некоторым приближением к истине их можно обозначить как: 1) блок, обеспечивающий регуляцию тонуса и бодрствования; 2) блок получения, переработки и хранения информации, поступающей из внешнего мира; 3) блок программирования, регуляции и контроля психической деятельности.

Каждый из этих основных блоков имеет *иерархическое строение* и состоит по крайней мере из надстроенных друг над другом корковых зон трех типов: *первичных* (или *проекционных*), куда поступают импульсы с периферии или откуда направляются импульсы на периферию, *вторичных* (или *проекционно-ассоциативных*), где происходит переработка получаемой информации или подготовка соответствующих программ, и, наконец, *третичных* (или *зон перекрытия*), которые являются наиболее поздно развивающимися аппаратами больших полушарий и которые у человека обеспечивают наиболее сложные формы психической деятельности, требующие совместного участия многих зон мозговой коры.

Рассмотрим строение и функциональные особенности каждого из этих блоков головного мозга в отдельности.

1

БЛОК РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА И БОДРСТВОВАНИЯ

Для того чтобы обеспечивалось полноценное протекание психических процессов, человек должен находиться в состоянии бодрствования. Известно, что только в оптимальных условиях бодрствования человек может принимать и перерабатывать информацию, вызывать в памяти нужные избирательные системы связей, программировать свою деятельность и осуществлять контроль за протеканием своих психических процессов, корригируя ошибки и сохраняя направленность своей деятельности.

Хорошо известно, что в состоянии сна четкая регуляция психических процессов невозможна, всплывающие воспоминания и ассоциации приобретают неорганизованный характер, и направленное избирательное (селективное) выполнение психической деятельности становится невозможным.

О том, что для осуществления организованной, целенаправленной деятельности необходимо поддерживать *оптимальный тонус коры*, говорил еще И. П. Павлов, гипотетически утверждавший, что, если бы мы могли видеть, как распространяется возбуждение по коре бодрствующего животного (или человека), мы наблюдали бы «светлое пятно», перемещающееся по коре мозга по мере перехода от одной деятельности к другой и олицетворяющее пункт оптимального возбуждения.

Развитие электрофизиологической техники позволило увидеть это «пятно» оптимального возбуждения: с помощью специального прибора — «топоскопа» М. Н. Ливанова (1962), дающего возможность одновременно регистрировать электрическую активность в 50–100 пунктах коры головного мозга, — можно наблюдать, как в коре мозга бодрствующего животного действительно возникает «пятно» оптимального возбуждения, как оно передвигается при переходе животного из одного состояния в другое и как в патологическом состоянии постепенно теряет свою подвижность, становится инертным или совсем угасает.

И. П. Павлов не только указал на необходимость оптимального состояния мозговой коры для осуществления организованной деятельности, но и открыл основные нейродинамические законы возникновения такого оптимального состояния. Как было показано многочисленными исследованиями павловской школы, процессы возбуждения и торможения, протекающие в бодрствующей коре, подчиняются *закону силы*, характеризуются определенной *концентрированностью*, *уравновешенностью* и *подвижностью*.

Эти основные законы нейродинамики неприменимы к состояниям сна или утомления. Это является результатом того, что в так называемых «тормозных», или «фазовых», состояниях тонус коры снижается и, как следствие, нарушается закон силы: слабые раздражители уравниваются с сильными по интенсивности вызываемых ими ответов («уравнительная фаза») или даже превосходят их, вызывая более интенсивные реакции, чем те, которые вызываются сильными раздражителями («парадоксальная фаза»), в отдельных случаях реакции сохраняются только в ответ на слабые стимулы, в то время как сильные раздражители вообще перестают вызывать какие-либо ответы («ультрапарадоксальная фаза»). Кроме того, по мере снижения тонуса коры нарушается нормальное соотношение возбуждательных и тормозных процессов и та подвижность, которая необходима для протекания нормальной психической деятельности. Все это указывает на то, какое *решающее значение имеет наличие оптимального тонуса коры для организованного протекания психической деятельности.*

Возникает, однако, вопрос: какие аппараты мозга обеспечивают поддержание оптимального тонуса коры, о котором мы только что говорили? Какие участки мозга регулируют и изменяют тонус коры, сохраняя его на нужное время и повышая его, когда в этом возникает необходимость?

Одним из наиболее важных в этом плане открытий было установление того факта, что *аппараты, обеспечивающие и регулирующие тонус коры, могут находиться не в самой коре, а в лежащих ниже стволовых и подкорковых отделах мозга* и что эти аппараты находятся *в двойных отношениях с корой, тонизируя ее и в то же время испытывая ее регулирующее влияние.*

В 1949 году два выдающихся исследователя — Мэгун и Морuzzi — обнаружили, что в стволовых отделах головного мозга находится особое нервное образование, которое как по своему морфологическому строению, так и по своим функциональным свойствам приспособлено к тому, чтобы осуществлять роль *механизма, регулирующего состояния мозговой коры*, т. е. способно изменять ее тонус и обеспечивать ее бодрствование.

Это образование построено по типу *нервной сети*, в которую вкраплены тела нервных клеток, соединяющиеся друг с другом короткими отростками. По сети этого образования, названного *ретикулярной формацией*, возбуждение распространяется не отдельными, изолированными импульсами, не по закону «все или ничего», а *градуально*, постепенно меняя свой уровень и, таким образом, *модулируя состояние всего нервного аппарата* (рис. 34).

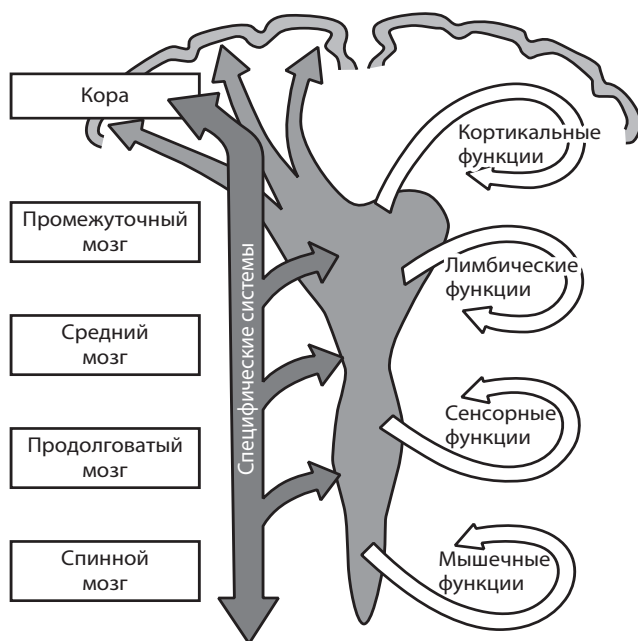


Рис. 34. Схема активирующей ретикулярной формации

Одни из волокон ретикулярной формации направляются вверх, оканчиваясь в расположенных выше нервных образованиях — зрительном бугре, хвостом тела, древней коре и, наконец, в тех образованиях новой коры, роль которых в организации сложной психической деятельности была отмечена в предыдущих главах. Эти образования были названы восходящей ретикулярной системой. Как обнаружили последующие наблюдения, она *играет решающую роль в активации коры, в регуляции ее активности.*

Другие волокна ретикулярной формации имеют обратное направление: они начинаются от более высоко расположенных нервных образований — новой и древней коры, хвостатого тела и ядер зрительного бугра — и направляются к расположенным ниже структурам среднего мозга, гипоталамуса и мозгового ствола. Эти образования получили название *нисходящей ретикулярной системы.* Они, как было установлено дальнейшими наблюдениями, ставят нижележащие образования под контроль тех программ, которые возникают в коре головного мозга и для выполнения которых требуется модификация и модуляция состояний бодрствования.

Оба раздела ретикулярной формации составляют единую вертикально расположенную функциональную систему, единый саморегулирующийся

аппарат, построенный по принципу рефлекторного круга, который может обеспечивать изменение тонуса коры, но который вместе с тем сам находится под регулирующим влиянием тех изменений, которые наступают в коре головного мозга. Это аппарат пластичного приспособления к условиям среды в процессе активной деятельности.

С открытием ретикулярной формации в нейрофизиологию был введен фактически новый принцип — *вертикальной организации всех структур мозга* — и завершился длительный период, когда интерес ученых, пытавшихся найти нервные механизмы психических процессов, был сосредоточен лишь на аппаратах коры головного мозга, работа которой рассматривалась как не зависящая от нижележащих глубоких образований. Ретикулярная формация — первый функциональный блок головного мозга — аппарат, обеспечивающий регуляцию тонуса коры и состояний бодрствования, аппарат, позволяющий регулировать эти состояния соответственно поставленным перед организмом задачам.

Регулирующая тонус коры, модулирующая ее состояние, функция ретикулярной формации была подтверждена большим количеством экспериментов, проведенных такими исследователями, как Морuzzi и Мэгун (1949), Линдсли и др. (1949, 1960, 1961), Бремер (1954, 1957), Джаспер (1954, 1957, 1963), Френч и др. (1955), Сегундо и др. (1955), Жувэ и др. (1957, 1959), Наута (1964, 1968), Прибрам (1966, 1967, 1969, 1971). Эти исследования показали, что раздражение ретикулярной формации (в области среднего мозга, задней части гипоталамуса и примыкающих к ним субталамических структур) вызывает реакцию пробуждения (рис. 35), повышает возбудимость, обостряет (снижая абсолютные и различительные пороги) чувствительность (Линдсли, 1951, 1958, 1960; и др.) (рис. 36) и оказывает тем самым *общее активирующее влияние на кору головного мозга* (рис. 37). Существенным оказался и тот факт, что поражение этих структур приводит к резкому снижению тонуса коры, к появлению состояния сна с картиной синхронизации в ЭЭГ (рис. 38), а иногда и к коматозному состоянию. У животных в этих случаях реакция *arousal* отсутствует даже в ответ на сильные болевые раздражения (Линдсли и др., 1949; Френч, Мэгун, 1952; Френч, 1952; С. П. Нарикашвили, 1961, 1963, 1968).

Таким образом, ретикулярная формация ствола является одним из мощных механизмов тонизации коры головного мозга, регулирующих функциональное состояние мозга, или уровень бодрствования.

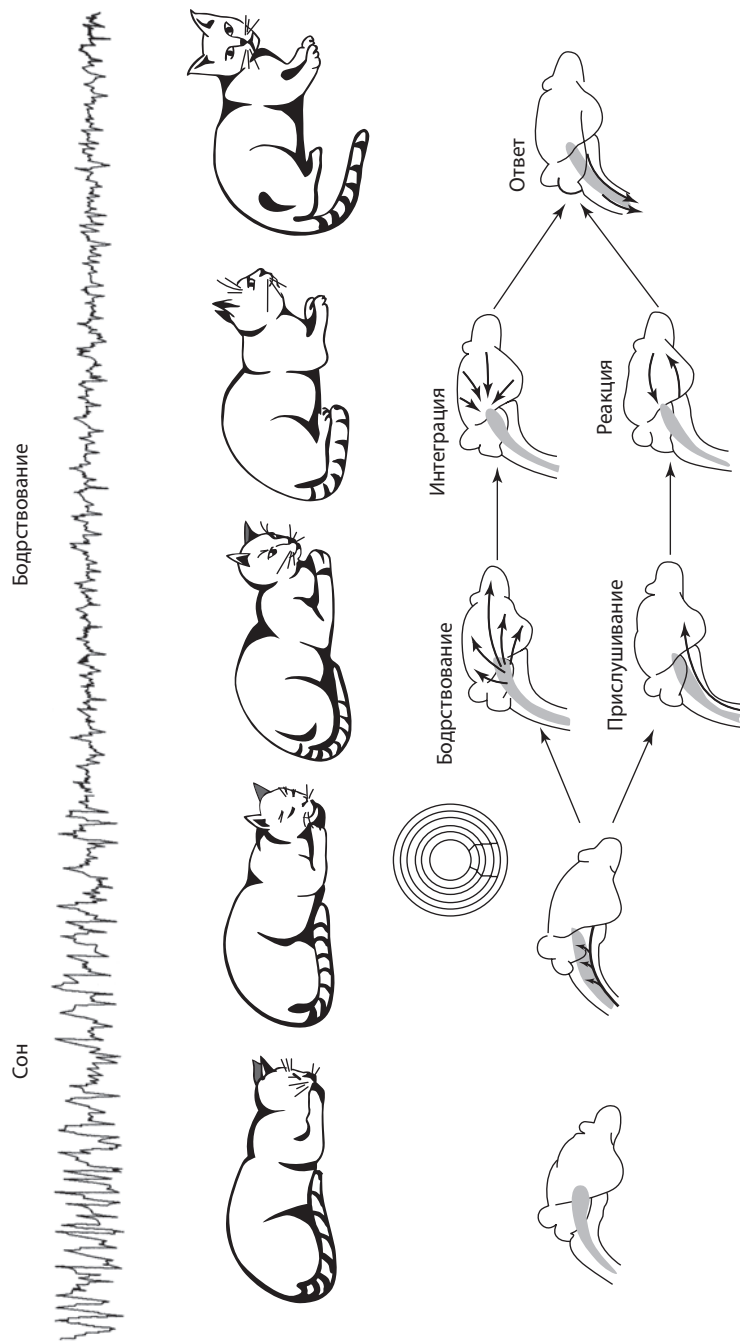


Рис. 35. Активирующее влияние раздражения ретикулярной формации на кору мозга, вызывающее реакцию пробуждения (*ло Френчу*). Кошка пробуждается от действия звонка; возбуждения, возникающие в ретикулярной формации, распространяются на слуховую зону коры и ведут к пробуждению. Соответственно меняются и волны электроэнцефалограммы. Ретикулярная формация интегрирует мозговую активность и приводит к общей организованной реакции кошки

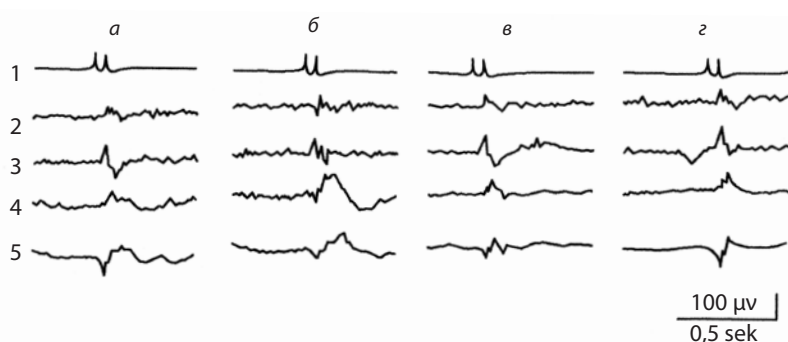


Рис. 36. Активирующее влияние раздражения ретикулярной формации на повышение чувствительности. Различение двух вспышек: а — до раздражения ретикулярной формации; б — во время раздражения; в — через 0–10 с; г — через 10–12 с после раздражения. 1-я линия — вспышки; 2-я — реакции зрительного тракта; 3-я — реакции наружного коленчатого тела; 4-я и 5-я — реакции зрительной коры (по Линдсли). Обратите внимание на двойную реакцию, появляющуюся в зрительной коре после раздражения

Эксперименты, проведенные рядом авторов (Жувэ, 1961; Эрнандес-Пеон, 1965, 1969; С. П. Нарикашвили и др., 1962, 1963, 1963, 1968; Затер, 1968), показали, что наряду с активирующими существуют и *тормозящие* *разделы ретикулярной формации*. Вот почему раздражение одних ядер ретикулярной формации неизменно приводит к активации животного, в то время как раздражение других ядер ведет к возникновению характерных для сна изменений в электрической активности коры и к развитию сна.

Этот факт в равной степени относится и к мозгу животного, и к мозгу человека. Именно поэтому, раздражая во время нейрохирургических операций стенки третьего желудочка, выдающийся отечественный хирург Н. Н. Бурденко мог искусственно вызывать на операционном столе сон у больного.

Участие образований первого блока головного мозга верхнего ствола и ретикулярной формации в регуляции состояний бодрствования не вызывает сомнений. Мы еще раз убедимся в этом, когда перейдем к изучению тех нарушений, которые возникают в психических процессах человека при поражении этих отделов мозга.

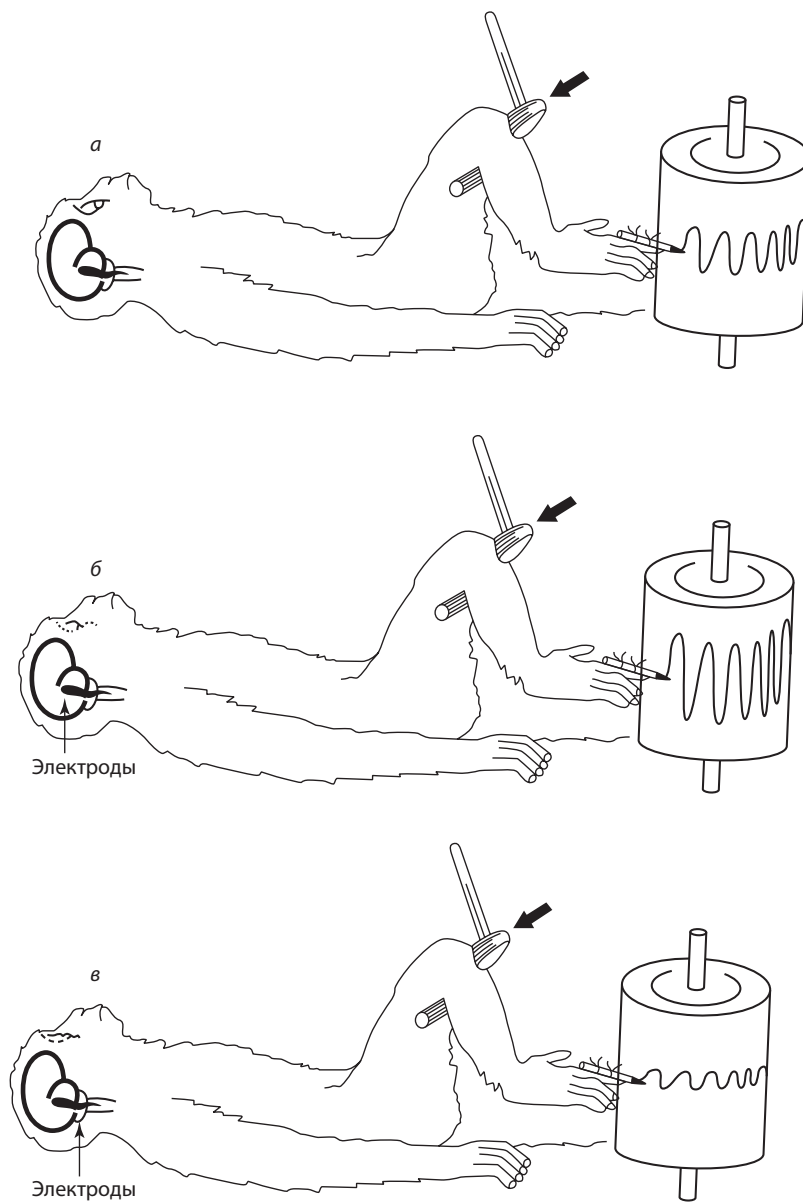


Рис. 37. Активирующая роль раздражения ретикулярной формации на двигательную сферу (коленный рефлекс):

а — до раздражения ретикулярной формации; *б* — во время раздражения ретикулярной формации; *в* — после раздражения ретикулярной формации (по Френчу)

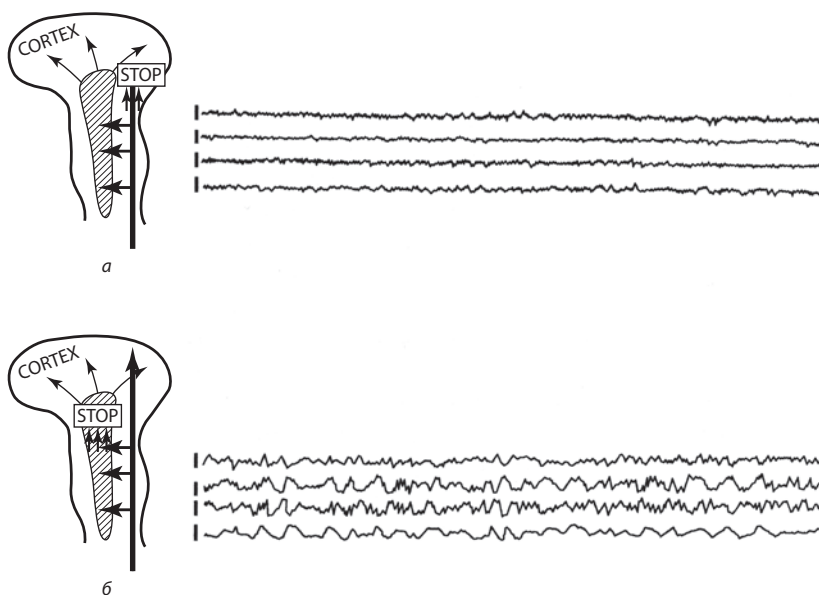


Рис. 38. Развитие сна в результате перерезки путей активирующей ретикулярной формации (по Линдсли): *а* — активное состояние мозга в результате сохранения активирующих влияний ретикулярной формации на кору больших полушарий; электроэнцефалограмма бодрствования; *б* — состояние сна вследствие перерезки верхних отделов стволовой ретикулярной формации и прекращения активирующих влияний; электроэнцефалограмма сна

Активирующая ретикулярная формация, являющаяся важнейшей частью первого функционального блока мозга, с самого начала была названа *неспецифической*; это коренным образом отличало ее от других, *специфических* (сенсорных и двигательных) систем мозговой коры. Считалось, что ее активирующее и тормозное действие равномерно затрагивает как все сенсорные, так и все двигательные функции организма и что ее функцией является лишь регуляция состояний сна и бодрствования — того неспецифического фона, на котором протекают различные виды деятельности.

Это утверждение, которое было одним из исходных для классиков нейрофизиологии, впервые описавших активирующую систему мозга, нельзя, однако, признать полностью правильным. Как показали дальнейшие наблюдения, ретикулярная система мозга имеет определенные черты *дифференцированности*, или *специфичности*, как по своим анатомическим

характеристикам (Бродал, 1957; М. Шейбел и А. Шейбел, 1958), так и *по источникам активации и формам работы*, однако эта специфичность не имеет ничего общего с «модальностью» органов чувств (анализаторов) (П. К. Анохин, 1958, 1961, 1963; Иошии, 1966, 1969).

Известно, что нервная система всегда находится в состоянии определенной активности и что наличие некоторого тонуса обязательно для любого проявления жизнедеятельности. Можно выделить по крайней мере *два основных источника* активации; действие каждого из них опосредствуется активирующей ретикулярной формацией, однако, что существенно, ее различными частями. В этом и состоит дифференцированность, или специфичность, функциональной организации «неспецифической активирующей системы». Первыми из источников активации являются **обменные процессы организма**, лежащие в основе гомеостаза (внутреннего равновесия организма) и инстинктивных процессов.

Обменные процессы (или, как иногда выражаются, «внутреннее хозяйство организма») в их наиболее простых формах связаны с дыхательными и пищеварительными процессами, с процессами сахарного и белкового обмена, с процессами внутренней секреции и т. д.; все они регулируются главным образом аппаратами гипоталамуса. Тесно связанные с гипоталамусом ретикулярные формации продолговатого мозга (бульбарная) и среднего мозга (мезэнцефально-гипоталамическая) играют значительную роль в этой наиболее простой, «витальной», форме активации.

Более сложные формы этого вида активации связаны с обменными процессами, которые организованы в определенные врожденные системы поведения; они широко известны как системы *инстинктивного* (или безусловно-рефлекторного) *пищевого* и *полового поведения*. Общим для обоих видов является то, что и в том и в другом случае источником активации являются обменные (гуморальные) процессы организма; отличаются они, во-первых, уровнем сложности организации и, во-вторых, тем, что если формы первого вида, наиболее элементарные, вызывают лишь примитивные автоматические реакции, связанные с недостатком кислорода или необходимостью выделения запасных веществ из их органических депо при голодании, то вторые предполагают организацию сложных поведенческих систем, в результате действия которых удовлетворяются определенные потребности и восстанавливается равновесие «внутреннего хозяйства организма».

Естественно, что для того, чтобы обеспечить сложные инстинктивные формы поведения, необходима весьма избирательная специфическая активация, и биологически-специфические формы этой пищевой или половой активации являются функцией более высоко расположенных образова-

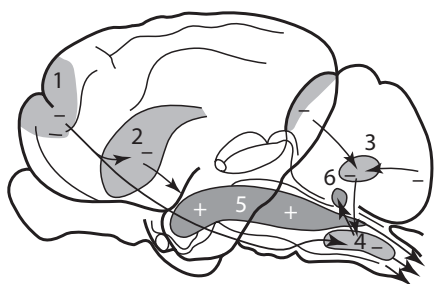


Рис. 39. Возбуждающее и тормозящее влияние раздражения ядер ретикулярной формации:

5–6 — облегчающие; 1, 2, 3 и 4 — тормозящие зоны ретикулярной формации ствола, а также связи, идущие к ней от коры (1) и от мозжечка (3)

ний мезэнцефальной, диэнцефальной и лимбической систем. Большое число опытов, проведенных за последнее время (здесь и далее имеется в виду конец XX века — *Примеч. ред.*) (Олдс, 1958; Мак-Лин, 1959, 1960; Н. Миллер, 1966), дают возможность убедиться в том, что в упомянутых образованиях мозгового ствола и древней коры имеются высокоспецифические ядра ретикулярной формации, раздражение которых приводит либо к активации, либо к блокированию различных форм инстинктивного поведения. На рис. 39 мы приводим схему расположения ядер, активирующих или блокирующих

пищевое, половое и оборонительное поведение.

Второй источник активации имеет совсем иное происхождение. Он связан с поступлением в организм раздражений из внешнего мира и приводит к возникновению совершенно иных форм активации, проявляющихся в виде **ориентировочного рефлекса**.

Человек живет в мире информации, и потребность в ней иногда оказывается у него не меньшей, чем потребность в органическом обмене веществ.

Известно, что человек, лишенный обычного притока информации — что имеет место в редких случаях выключения всех воспринимающих органов, — впадает в сон, из которого его может вывести только поступление какой-либо информации. Известно, что нормальный человек тяжело переносит ограничение контактов с внешним миром, и, как это наблюдал Хэбб (1955), достаточно поместить испытуемых в условия резкого ограничения притока возбуждений (сенсорной депривации), чтобы у них возникли психические нарушения, галлюцинации, в какой-то мере компенсирующие это ограничение. В аппаратах ретикулярной формации имеются специальные механизмы, обеспечивающие **тоническую форму активации**, источником которой является главным образом приток возбуждений из органов чувств. Этот источник обладает не меньшей интенсивностью, чем первый, только что упомянутый источник активации. Однако тоническая форма активации, связанная с работой различных органов чувств, является лишь наиболее элементарным источником активации того типа, который мы описываем.

Человек живет в условиях постоянно меняющейся среды, и это требует обостренного состояния бодрствования. Обострением бодрствования сопровождается всякое изменение в окружающих условиях, появление любого (как неожиданного, так и ожидаемого) события. Такая мобилизация организма лежит в основе особого вида активности, которую Павлов называл ориентировочным рефлексом и которая является основой *познавательной деятельности*.

Одним из наиболее важных открытий последних десятилетий было обнаружение связи ориентировочного рефлекса, или реакции пробуждения (активации), с работой ретикулярной формации мозга (Моруцци, Мэгун, 1949; Г. В. Гершуни, 1949, 1955; Линдсли и др., 1949; Шарплес, Джаспер, 1956; Тасто, 1958; Е. Н. Соколов, 1958, 1964; О. С. Виноградова, 1961). Как показали исследования, ориентировочный рефлекс — сложное явление. Описаны тоническая и генерализованная формы реакции пробуждения, с одной стороны, и фазическая и локальная ее формы — с другой (Шарплес, Джаспер, 1956; Е. Н. Соколов, 1958, 1964; Линдсли и др., 1950; Тасто, 1958; Эди и др., 1960; О. С. Виноградова, 1961; Морелл, 1967). Упомянутые формы ориентировочного рефлекса связаны с различными структурами в пределах ретикулярной формации: тоническая и генерализованная формы — с нижними, а фазическая и локальная — с верхними отделами ствола, и прежде всего с неспецифической таламической системой.

Как показали микроэлектродные исследования, неспецифические ядра зрительного бугра, а также хвостатого тела и гиппокампа функционально тесно связаны с системой ориентировочного рефлекса (Джаспер, 1964; О. С. Виноградова, 1969, 1970; Н. Н. Данилова, 1966, 1969, 1970). Каждая реакция на «новизну» требует прежде всего сличения нового раздражителя с системой старых, уже появлявшихся ранее, раздражителей. Только такое сравнение («компарация») может установить, является ли данный раздражитель действительно новым и требует ориентировочного рефлекса, или же уже знакомым, безразличным, не требующим специальной мобилизации организма. Только такой механизм может обеспечивать процесс «привыкания», когда многократно повторяющийся раздражитель теряет свою новизну и необходимость специальной мобилизации организма при его появлении исчезает. Очевидно, что в этом звене *механизм ориентировочного рефлекса тесно связан с механизмами памяти*, и именно связь обоих процессов обеспечивает компарацию сигналов, которая является одним из важнейших условий этого вида активации.

Важнейшим открытием последних лет было указание на тот факт, что значительная часть нейронов гиппокампа и хвостатого тела, не имеющих

модально-специфических функций, осуществляют функцию компарации сигналов, реагируя на появление новых раздражителей и прекращая активность по мере привыкания к ним (О. С. Виноградова, 1969, 1970).

Активирующая и тормозящая, иначе говоря *модулирующая*, функция нейронов гиппокампа и хвостатого тела оказалась, как это стало ясным лишь в самые последние годы, основным источником регуляции тонических состояний мозговой коры, которые связаны с наиболее сложными формами ориентировочного рефлекса, носящими уже не врожденный, а прижизненно возникающий, или условно-рефлекторный, характер.

Далее (см. ч. вторая, гл. I) мы увидим, как влияет нарушение нормальной функции этих областей мозга на протекание психических процессов человека.

Остановимся в самых общих чертах на третьем и, пожалуй, наиболее интересном для нас источнике активации, в котором описанный только что функциональный блок мозга принимает самое непосредственное участие.

Источниками активности человека являются не только обменные процессы или непосредственный приток информации, вызывающий ориентировочный рефлекс. Значительная часть активности человека обусловлена ***намерениями и планами, перспективами и программами***, которые формируются в процессе его сознательной жизни, являются социальными по своему заказу и осуществляются при ближайшем участии сначала внешней и потом его внутренней *речи*.

Всякий сформулированный в речи замысел преследует некоторую *цель* и вызывает целую программу действий, направленных на достижение этой цели. Достижение цели прекращает активность. Было бы, однако, неправильным считать возникновение намерений и формулировку целей чисто интеллектуальным актом. Осуществление замысла или достижение цели требует определенной энергии и может быть обеспечено лишь при наличии некоторого уровня активности.

Источники такой активности оставались долгое время неизвестными, и только исследования последних лет позволили сделать существенный шаг к тому, чтобы ответ на этот вопрос стал яснее.

Исследования, которые мы имеем в виду, заставляют отвергнуть старые предположения о том, что эти источники следует искать только во внутрикортикальных связях; они убедительно показывают, что в поиске механизмов наиболее высоких форм организации активности следует опираться на все тот же *вертикальный принцип* строения функциональных систем мозга и, следовательно, обратиться к *связям между высшими отделами коры и нижележащей ретикулярной формацией*.