
ФАЗОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ВОЗБУДИМОСТИ КЛЕТОК КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н. В. ВИНОГРАДОВ

Впервые фазовые колебания в деятельности клеток коры головного мозга экспериментально выявились в следующем патологическом случае. Д-р И. П. Разенков, применяя резкие (без паузы) переходы с условнотормозного ритма кожно-механических раздражений на ритм условноположительный на одном и том же участке поверхности тела животного, вызвал столь необычно сильную тормозимость коры полушарий, что ее пришлось принять за патологическую, так как животное не реагировало в течение нескольких дней на привычные, хорошо выработанные условные раздражители. Вдобавок оно отказывалось и от подаваемой во время опыта еды.

Затем условные рефлексy стали появляться, но в измененной форме, а именно: наивысший эффект давали раздражители слабой силы, а сильные раздражения вызывали, наоборот, слабое возбуждение. Такое состояние нервных клеток, когда они на слабые раздражения реагировали сильнее, чем на сильные, было названо парадоксальной фазой, по аналогии с данными исследования проф. Н. Е. Введенского над нервным волокном.

Это состояние нервных клеток сменилось спустя несколько дней фазой уравнительной, когда раздражители различной силы вызывали одинаковый эффект.

В дальнейших опытах, пройдя еще некоторые колебания, нервные клетки, в отношении их возбудимости, вернулись к исходному нормальному состоянию.

Естественно возникал вопрос: не наблюдаются ли эти состояния, хотя бы в рудиментарном, неполном и скоропреходящем виде, и при нормальных условиях деятельности корковых клеток? В первую очередь это положение дел было исследовано в момент перехода от сна к бодрствованию и дало

положительный результат (опыты д-ра Б. Н. Бирмана и д-ра Н. В. Зимкина).

Так как сон есть разлитое по всей поверхности полушарий внутреннее торможение, то интересно было исследовать, не наблюдаются ли вышеприведенные явления и в обыкновенном последовательном торможении. Важность и интерес такого исследования тем большие, что так называемый период последовательного торможения есть состояние, чрезвычайно часто наблюдающееся в коре полушарий. Да и в самом деле, если, в общих чертах, основной механизм деятельности коры полушарий заключается в непрерывной смене процессов возбуждения на процессы торможения и обратно, причем каждый из вышеупомянутых процессов либо вызывает соответствующие последовательные состояния клеток коры, либо индуцирует процесс противоположный, то вполне ясно, что кора полушарий головного мозга периодически бывает в так называемом периоде последовательного торможения, как в одном из своих функциональных этапов.

Изменение возбудимости клеток коры при сильных и слабых раздражителях исследовалось д-ром К. М. Быковым на последовательном торможении от условного тормоза.

Несколько позднее нашим глубокоуважаемым руководителем акад. И. П. Павловым было предложено нам испытать колебание возбудимости клеток коры головного мозга в периоде последовательного торможения после так называемого дифференцировочного внутреннего торможения.

У нашего экспериментального животного (собака «Дружок») был выработан положительный условный рефлекс на кожно-механическое раздражение в области левого бедра.

Раздражение было ритмичным, оно повторялось каждую 5-ю секунду и на 20-й секунде подкреплялось безусловным пищевым рефлексом.

Параллельно этому был отдифференцирован другой ритм кожно-механических раздражений на том же месте поверхности тела животного; раздражение повторялось ежесекундно в продолжение 20 секунд и не подкреплялось безусловным рефлексом. Это раздражение, следовательно, вызывало тормозное состояние коры полушарий.

Наше экспериментальное животное, имевшее значительный лабораторный стаж и до нас, уже подвергалось гипнотизирующему действию экспериментальной обстановки. Это животное — очень живое и подвижное, быстро вступающее в дружеские отношения с хозяином-экспериментатором, всегда встречающее его приветливым ласком, прыгающее и ласкающееся к нему. Но все это — на свободе.

Лишь только оно оказывалось на станке, картина резко менялась, и дело сплошь и рядом доходило до совершенно неподвижного состояния в одной и той же стереотипной позе.

При этом собака не ела подаваемую ей еду, так что вести с ней тему по обычной методике условных рефлексов становилось совершенно невозможным. И только благодаря некоторым специальным приемам, обычным в таких случаях, нам удалось, в течение нескольких месяцев ежедневной работы, побороть тормозящее влияние обстановки опыта и повести интересовавшее нас исследование.

К тому времени у нашего животного была, кроме того, следующая пара положительных раздражителей: звук электрического звонка в течение 20 секунд и мигающий свет электрической лампы в 60 свечей.

Как постоянное правило, условный рефлекс на звонок был всегда больше условного рефлекса на лампу.

Воспользовавшись этим, мы стали применять попеременно через день то сильный, то слабый раздражитель в периоде последовательного торможения, причем в разные «пары» опытных дней применяли соответствующие раздражители на различных расстояниях во времени от начала дифференцировочного торможения.

Всякий раз в таких случаях величина условных рефлексов на звонок и на лампу терпела те или иные изменения.

Приводим пример.

„Дружок“

Время опыта	Условный раздражитель	Продолжительность изолированного действия условного раздражителя в сек.	Начало слюноотделения (через сколько сек.)	Величина условной слюноотделительной реакции в делениях шкалы
-------------	-----------------------	---	--	---

2.XII 1926 г.

3 ч. 55 м.	Лампа	20	5	52
4 . 01 .	Звонок	20	4	58
4 . 09 .	Лампа	20	3	52
4 . 22 .	Диф. тормоз	20	—	0
4 . 32 .	Звонок	20	12	5

3.XII 1926 г.

3 ч. 45 м.	Звонок	20	4	48
3 . 50 .	Лампа	20	4	44
3 . 57 .	Звонок	20	5	58
4 . 09 .	Диф. тормоз	20	—	0
4 . 19 .	Лампа	20	5	42

При первых трех сочетаниях — двигательная пищевая реакция. Во время дифференцировочного торможения — неподвижная поза. Ест животное хорошо при всех сочетаниях.

В этой «паре» опытных дней сильный и слабый раздражители были употреблены через 10 минут от начала дифференцировочного торможения, причем эффект слабого оказался значительно превосходящим эффект сильного, т. е. выявилось то функциональное состояние клеток коры полушарий головного мозга, которое было названо парадоксальной фазой.

Второй пример.

„Дружок“

Время опыта	Условный раздражитель	Продолжительность изолированного действия условного раздражителя в сек.	Начало самоотдавления (через сколько сек.)	Величина условной самоотдавательной реакции в делениях шкалы
-------------	-----------------------	---	--	--

14.I 1927 г.

4 ч. 11 м.	Звонок	20	2	50
4 . 19 .	Лампа	20	3	47
4 . 25 .	Кожно-мех. полож.	20	8	8
4 . 36 .	Диф. тормоз.	20	—	0
4 . 38 .	Лампа	20	8	27

Опыт 15.I 1927 г.

3 ч. 44 м.	Лампа	20	2	32
3 . 49 .	Звонок	20	6	42
3 . 56 .	Кожно-мех. полож.	20	8	18
4 . 05 .	Диф. тормоз.	20	—	0
4 . 07 .	Звонок	20	12	20

В этой «паре» опытных дней сильный и слабый раздражители применены через 2 минуты от начала торможения. Отмечается та же парадоксальная фаза (менее резкая). Интересно еще и то, что в обоих приведенных «парах» опытных дней предварительный тормозной период при слабом раздражителе заметно меньше, чем таковой же при сильном раздражителе.

Чтобы не загромождать изложение чрезмерной передачей протокольного материала, мы попутно с вышеизложенным

упоминаем, что были и такие «пары» опытных дней, в которых величины условных рефлексов на звонок и лампу в периоде последовательного торможения были равными (уравнительная фаза). Наблюдалось и еще одно фазовое явление в функционировании клеток коры. Заключалось оно в следующем.

Условные рефлексы и на сильный и на слабый раздражители оба оказывались уменьшенными в своей величине, но основное соотношение между ними было параллельно обычному взаимоотношению, а именно: эффект звонка превосходит эффект лампы. Это функциональное состояние коры головного мозга (по аналогии с другими работами) мы принимали как фазу наркотическую.

На протяжении всей нашей работы, которая велась больше года, уравнительная и наркотическая фаза проявились лишь эпизодически. Парадоксальная же фаза была стойким явлением, продолжавшимся из месяца в месяц.

По среднему подсчету за период времени в 3 месяца обычные контрольные величины условных рефлексов выразились для звонка в 44 деления, а для лампы в 38 делений. Величины же условных рефлексов на сильный и слабый раздражители, применяемые в периоде последовательного торможения, в среднем за тот же период времени оказались: 11 делений для сильного и 28 для слабого раздражителя, т. е. сильный дает только 25% обычной своей величины, слабый же раздражитель дает около 70%. Таково численное выражение длительно наблюдавшейся парадоксальной фазы в деятельности клеток коры головного мозга. Эта парадоксальная фаза наблюдалась нами на самых различных расстояниях во времени от начала дифференцировочного торможения. Наименьший промежуток равнялся 90 секундам, наибольший — 18 минутам. Больших промежутков мы не брали, учитывая индивидуальность нашего экспериментального животного, у которого при длительных бездейственных паузах после развития тормозного процесса в коре легко могло наступить сонное торможение. А такой случай исключил бы, конечно, возможность продолжать исследование на сравнительно долгое время.

Различные варианты расстояний во времени от дифференцировки, на которых мы наблюдали парадоксальную фазу, показали нам еще и то, что явление это развивается волнообразно, а не постепенно. Так, например, парадоксальную фазу мы наблюдали на $7\frac{1}{2}$ и на 18-минутном протяжении от начала дифференцировочного торможения, а на 15-минутном промежутке проявилась наркотическая фаза.

С другой стороны, мы часто наблюдали парадоксальную фазу на 10-минутном расстоянии от дифференцировки; при таком же промежутке мы видели однажды и наркотическую фазу.

Парадоксальная фаза наблюдалась спустя 5 минут после начала торможения, на том же 5-минутном расстоянии от тормоза мы эпизодически встречали и уравнительную фазу.

В настоящий момент еще преждевременно судить о преемственности фаз во времени в нормальных условиях, тем более, что быть может, различные фазы не суть строго преемственные состояния, а, возможно, и состояния параллельные. Одно, что мы можем по этому поводу отметить теперь же в этом нашем исследовании, это тот факт, что на расстоянии от 90 секунд до 3 минут от начала дифференцировочного торможения мы наблюдали проявление только одной фазы — парадоксальной.

В течение нашего исследования мы иногда пробовали усиливать торможение в коре полушарий путем повторения дифференцировочного тормоза дважды, раз за разом. И в этом случае мы наблюдали наш обычный результат: парадоксальную фазу в деятельности клеток коры полушарий в периоде последовательного торможения. Если же нам совсем не удавалось во время опыта вызвать тормозной процесс в коре полушарий в те дни, когда дифференцировка почему-либо растормаживалась, то примененные после нее звонок и лампа вызывали эффекты с обычным соотношением взаимных величин.

Когда стойкость явления парадоксальной фазы в различные моменты времени периода последовательного торможения стала для всех нас неоспоримой, тогда мы предприняли следующую вариацию наших опытов: мы вновь стали применять один старый сильный раздражитель из области звукового анализатора — положительную частоту ударов метронома.

Условный рефлекс на удары метронома в прежнее время был значительно выше по величине, чем условный рефлекс на лампу. В нашем случае они оказались приблизительно одинаковыми.

Мы испытали действие ударов метронома и мигающего света лампы в периоде последовательного торможения совершенно таким же образом, как раньше мы это делали со звонком и лампой. Средний подсчет этих опытов показал следующее: обычные контрольные величины условных рефлексов на удары метронома — 43 деления шкалы регистрирующего прибора, на свет лампы — $43\frac{1}{2}$ делений той же шкалы.

Цифры высчитаны за период времени в 2 месяца. За тот же период времени величины условных рефлексов на удары метронома и на мигающий свет лампы, применяемых в период последовательного торможения, оказались для метронома 6 делений, а для лампы 24 деления.

Следовательно, на метрономе и лампе в период последовательного торможения мы вновь имели дело с такой же парадоксальной фазой, какую мы раньше наблюдали и описывали с лампой и звонком.

„Дружок“

Время опыта	Условный раздражитель	Продолжительность изолированного действия условного раздражителя в сек.	Начало условнотеления (через сколько секунд)	Величина условной условнотелительной реакции в делениях шкалы	Примечания
-------------	-----------------------	---	--	---	------------

Опыт 18.IV 1927 г.

4 ч. 20 м.	Метроном	20	4	38	Хорошо ест
4 . 25 .	Лампа	20	10	34	
4 . 33 .	Полож. кожно-мех.	20	6	37	
4 . 45 .	Диф. тормож.	20	—	0	
4 . 47 .	Лампа	20	—	28	

Опыт 19.IV 1927 г.

4 ч. 10 м.	Лампа	20	7	28	Хорошо ест
4 . 16 .	Метроном	20	5	29	
4 . 20 .	Кожно-мех. полож.	20	5	20	
4 . 30 .	Диф. тормоз.	20	—	0	
4 . 32 .	Метроном	20	—	0	
					Животное стоит неподвижно с открытыми глазами. Поданную еду берет не сразу. Ест вяло. Безусловный рефлекс значительно меньше обычных величин

Но можем ли мы в данном случае говорить о парадоксальной фазе? Ведь на первый взгляд мы здесь не имели дела с парой раздражителей, из которых один является сильным по внешне видимому эффекту, а другой вызывает слабый эффект, — обычные контрольные величины условных рефлексов на метроном и на лампу совершенно одинаковы. Но ведь это случилось только теперь, в этом нашем исследовании. А в прежние годы было не так: метроном по сравнению с лампой был раздражителем, дававшим большой условный рефлекс. Теперь же их равенство наступило путем понижения эффекта от ударов метронома, а величина условного рефлекса на лампу осталась неизменной. Конечно, физически удары метронома оставались сильным раздражителем, каким были раньше.

Таких «пар» опытов имелось несколько, т. е. на удары метронома в периоде последовательного торможения условный рефлекс был равен нулю, безусловный же ниже своих обычных величин. Откуда такое сильное торможение, которое частично сказывается даже на величине безусловного рефлекса? И это в то время, когда на слабый раздражитель в тех же условиях условный рефлекс всегда «налицо». Мы объясняем это явление чрезвычайным усилением тормозного процесса, который в этих случаях является результатом суммации дифференцировочного торможения с тем «хроническим угасанием», которое приносит с собой сильный раздражитель, имеющий большой номер сочетаний (т. е. применявшийся долгое время.)

Исследованная нами экспериментальным путем парадоксальная фаза часто наблюдается и в повседневной жизни, в широкой человеческой практике. Не распространяясь о случаях явно патологических, описанных Пьером Жане и достаточно общезвестных, необходимо указать на то, что парадоксальная фаза в возбудимости клеток коры головного мозга наблюдается и у совершенно душевноздоровых субъектов, именно у тех, которые скорей склонны поддаться влиянию слов, чем фактам окружающей действительности.

И в изящной литературе приходится встречаться с подобными типами. Таков, например, герой романа Вересаева «В тупике». Этого молодого человека мало захватывают сильные раздражители в виде передраг и ужасов нашей гражданской войны, которых он был свидетелем либо даже пассивно участвовал сам; зато он с сильным чувством вспоминает описания древних классиков и мечтает о том времени, когда текущие события потеряют свою остроту и о них можно будет с всепоглощающим интересом читать. Это значит, что у него условное, словесное изображение прошлых фактов сильнее возбуждает внимание, чем наличные факты реальной действительности.

Считаем своей приятной обязанностью принести благодарность ассистентам лаборатории И. С. Розенталю и П. С. Купалову, из которых один был моим учителем в области методики условных рефлексов, а другой всегда охотно содействовал улучшению и был советником по технической обстановке опытов.

В ы в о д ы

1. В нормальной деятельности клеток коры головного мозга, в частности в периоде последовательного торможения после дифференцировки, наблюдаются различные фазы их возбудимости.

2. Из различных фаз возбудимости нервных клеток коры в период последовательного торможения всего ярче выступает фаза парадоксальная.

3. Фазы возбудимости корковых клеток полушарий развиваются волнообразно во времени.

4. Сильный раздражитель, хотя и постоянно подкрепляемый, применяемый в течение месяцев и годов, подвергается состоянию хронического угасания.

