

## КОРОТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ  
ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В МОТОРНЫХ РЕАКЦИЯХ

Т. В. ВАСИЛЕЦ

(НИИ общей и педагогической психологии АПН СССР, Москва)

Положение о генетической детерминированности свойств нервной системы подвергалось экспериментальной проверке главным образом в исследованиях на животных, в которых показана роль генотипа в формировании силы и подвижности нервных процессов. Работы по изучению генетики свойств нервной системы у человека пока немногочисленны, часто выполнены на небольших по объему выборках, но получаемые в них результаты, наряду с элементами противоречивости, несут несомненное подтверждение наследуемости свойств нервной системы и у человека ([17], [15] и др.).

Задачей данной работы является изучение некоторых скоростных характеристик реагирования, определяемых подвижностью нервных процессов с целью определения генетической детерминанты в фенотипическом проявлении подвижности нервной системы.

Осуществление поставленной задачи затрудняется недостаточной определенностью понятия подвижности нервной системы и обусловленного этим разнообразного, не всегда согласующегося в своих отдельных частях методического арсенала определения этого свойства. На факт несовпадения показателей подвижности, получаемых различными методиками, неоднократно указывалось на протяжении всей истории учения о свойствах нервной системы ([5], [9], [14] и др.). Кроме того, в ряде работ имеются факты зависимости некоторых показателей подвижности от других свойств нервной системы. Анализ накопившихся неясностей и противоречий в этой области дан в работах Б. М. Теплова [16], В. Д. Небылицына [11].

К настоящему времени существуют два представления о физиологическом содержании понятия подвижности нервных процессов. Одно традиционное, согласно которому в основе подвижности лежит скорость смены нервных процессов. Основной методикой определения подвижности в этом случае является переделка сигнального значения положительных и тормозных раздражителей, хотя применяются и такие методические приемы, как измерение последствий положительных и тормозных раздражителей, «ошибка», замена мест раздражителей в стереотипе и др. Другое было предложено В. Д. Небылицыным [11], который рассматривал подвижность как скорость движения нервных процессов по нейронным комплексам коры, проявляющуюся, в частности, в предельно возможном темпе несложной деятельности (реакции выбора). Можно ожидать, что изучение подвижности нервных процессов в контексте генетических исследований будет способствовать выяснению и собственно физиологического содержания понятия.

В нашей работе для определения скоростных характеристик в деятельности нервной системы, имеющих отношение к свойству подвижности, использовались три методических приема: методика А. Е. Хильченко [18] в модификации М. Н. Борисовой [3], две переделки по словесной инструкции и определение последствий положительных и тормозных раздражителей. Все методики были адресованы к слуховому анализатору. Раздражителями служили звуки частотой 350 гц, 1 200 гц, 3 500 гц, подаваемые через наушники. Интенсивность каждого тона устанавливалась на 50 дб выше слухового порога испытуемого. Это позволяло уравнивать физиологическую силу раздражителей и тем самым элиминировать влияние силы нервной системы.

В основу методики Хильченко положены сложная реакция выбора из трех альтернатив и ускоряющийся темп ее выполнения при соблюдении правила случайной последовательности предъявления раздражителей. Показателем подвижности служит частота предъявления стимулов (критический интервал), которая приводит к большему количеству ошибок, чем при любой из предыдущих и после которой происходит их стойкое увеличение.

После определения критического интервала осуществлялись переделки сигнального значения раздражителей в рамках этой же методики. Переделка двух положительных раздражителей (№ 1) заключалась в том, что по новой инструкции испытуемый переходил на другую схему реагирования: звук, ранее положительный для левой руки, становился положительным для правой и наоборот. Переделка производилась при индивидуально различных частотах предъявления раздражителей, равных частоте двух последних предкритических интервалов, т. е. темп, в котором производилась переделка, как бы отсчитывался от верхнего скоростного предела данного испытуемого.

Переделка положительного раздражителя в тормозный и тормозного в положительный (№ 2) осуществлялась после выполнения переделки № 1. При этой переделке ранее тормозный тон становился положительным для левой руки, а тон, бывший положительным для правой руки, становился тормозным. В остальном процедура была аналогична переделке № 1. О динамике переделок судили по изменениям латентных периодов относительно соответствующих интервалов в методике Хильченко.

При определении последствия положительных раздражителей тон 1 200 гц подавался в наушники парам с интервалом внутри пары 1 сек, 3 сек, 5 сек, между парами — 12—14 сек. Каждая пара предъявляется 10 раз, чередование пар было рандомизировано. Латентный период на первый звук в паре служил фоновым временем реакции, на второй — характеристикой, по которой судили о величине последствия.

При определении последствия тормозных раздражителей наряду с тоном 1 200 гц — положительным раздражителем, предъявлялся тон 350 гц — тормозный. Тоны подавались раздельно с интервалом в 12 сек, но в десяти случаях тормозный тон на 200 мсек предшествовал положительному. Влияние тормозного тона на латентный период последующей положительной реакции служило показателем последствия тормозного процесса.

В экспериментах участвовали две возрастные группы: 20 пар монозиготных близнецов (МЗ) и 15 пар дизиготных близнецов (ДЗ) в возрасте от 7 до 12 лет и 17 пар МЗ и 13 пар ДЗ в возрасте 33—58 лет. Разнополые ДЗ в экспериментах не участвовали. Зиготность определялась анатомо-морфологическим и дерматоглифическим методами, дающими высокую степень надежности. О степени сходства в выборках МЗ и ДЗ судили по коэффициентам внутриклассовой корреляции Фишера и на этом основании — о влиянии генотипа на рассматриваемый признак. Статистическая связь между показателями подвижности определялась методом ранговой корреляции Спирмена. Для проверки надежности получаемых интеркорреляций близнецы каждой возрастной группы были разделены на две выборки: один из близнецов включался в одну выборку, другой — во вторую. Благодаря этому мы получили в группе детей две выборки по 35 испытуемых в каждой и в группе взрослых — по 29 испытуемых, и в результате — четыре независимые матрицы интеркорреляций, идентичные по набору показателей. Сопоставление их дало возможность выявить меру надежности полученных интеркорреляций.

Оказалось, что ни в одной из выборок не существует статистически надежных и тесных связей между рассматриваемыми показателями подвижности. Отсутствие связи между показателями переделок и величиной последствия положительных и тормозных раздражителей нашло свое отражение в работах И. В. Равич-Щербо [14], М. Н. Борисовой с соавторами [4] и др. На отсутствие зависимости между показателями переделок и критического интервала указывают работы С. И. Молдавской [9], М. Н. Борисовой [3]. Из этого следует, что в рассматриваемых показателях находят свое отражение разные стороны деятельности нервной системы и нет достаточных оснований считать, что они отражают один и тот же параметр ее функционирования, именуемый подвижностью нервных процессов.

В связи с этим приобретает особую важность обнаружение генотипических влияний, так как наследуемость одних признаков и отсутствие таковой у других будет указывать на то, что в первом случае в регуляции реакций принимают участие те корен-

Таблица

| Возраст   | Группа | Критический интервал | Последствие тормозных раздражителей | Последствие положительных раздражителей |     |     | Переделка № 1 |     | Переделка № 2 |     |
|-----------|--------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----|-----|---------------|-----|---------------|-----|
|           |        |                      |                                     | интервал измерения в сек                |     |     | интервал      |     | интервал      |     |
|           |        |                      |                                     |                                         |     |     | № 1           | № 2 | № 1           | № 2 |
| 7—12 лет  | МЗ     | .52                  | .40                                 | .00                                     | .04 | .24 | .32           | .03 | .10           | .06 |
|           | ДЗ     | .37                  | .21                                 | .04                                     | .04 | .12 | .00           | .03 | .14           | .21 |
| 33—58 лет | МЗ     | .90                  | .00                                 | .13                                     | .16 | .03 | .36           | .30 | .06           | .09 |
|           | ДЗ     | .06                  | .32                                 | .20                                     | .23 | .11 | .12           | .44 | .17           | .35 |

$$-P < .0,05; = p < .0,1$$

ные особенности функционирования нервной системы, которые относятся к свойствам нервной системы.

Результаты сопоставления выборок МЗ и ДЗ по степени конкордантности, т. е. схождения, представлены в таблице. Величины коэффициентов Фишера в выборках взрослых и детей согласно свидетельствуют о влиянии генетического фактора на величину критического интервала в методике Хильченко и в то же время отрицают какое бы то ни было присутствие его в результатах, полученных по методикам переделки и последствий: если в первом случае коэффициенты корреляции у МЗ высокие, положительные и значимые, и незначимые, и отрицательные у ДЗ; то во втором — как у МЗ, так и у ДЗ коэффициенты незначимы и вариабельны по величине и знаку. Зависимость темповых характеристик деятельности (какой является критический интервал в методике Хильченко) от генотипа констатируется и другими авторами. Л. Н. Куркчи и Н. Ф. Куркчи [7] в своем исследовании 6 пар близнецов по методике Хильченко получили большее схождение у МЗ сравнительно с ДЗ. Me Nemar [20] и Vondenberg [21] при исследовании близнецов тестом «сортировка карт», в основу которого также положен принцип предельного темпа выполнения реакции выбора, нашли более высокую степень конкордантности у МЗ. Albert [19] показала зависимость скорости движений рук при реализации тонкокоординационных движений у детей от скорости тех же движений у родителей и даже проследила такую же зависимость у внуков — от дедушек и бабушек.

Представляется необходимым здесь же указать на обнаруженные возрастные особенности генетической детерминации темпа. Результаты проведенного нами исследования показывают, что рассматриваемый признак — темп — более вариабелен у детей, чем у взрослых. Причиной этому являются морфологическая и функциональная незрелость и нервной, и мышечной систем у детей рассматриваемого возраста. К тому же психологические свойства, необходимые для произвольной регуляции деятельности, находятся еще в стадии своего становления. В связи с этим при однократном замере темпа у детей (как в нашем случае) мы констатируем величину, значительно отклоняющуюся от среднестатистической тенденции, в отличие от экспериментов со взрослыми. В результате МЗ-дети оказываются менее похожими, чем МЗ-взрослые. Таким образом, методические условия изучения того или иного признака должны быть адекватны возрасту.

На первый взгляд представляется, что утверждению о наследуемости темпа противоречат данные, указывающие на его изменение по мере упражнения [1], [13], [20]. Однако в работах такого рода отмечается и существование индивидуальных границ тренируемости. Так, Р. Л. Рабинович [13] производил тренировку скорости выполнения реакций выбора у младших и старших школьников до уровня плато. Младшие школьники показали больший прирост темпа, чем старшие, но и после тренировки он все же был у первых ниже, чем у вторых. М. К. Акимова [1] показала, что всех испытуемых можно научить одинаково быстро и точно выполнять методику Хильченко в течение 2,5 мин. Но одни испытуемые работали при этом с большим напряжением, и увеличение времени работы в быстром темпе приводит у них к дезорганизации деятельности, в то время как другие испытуемые справляются с увеличившейся нагрузкой достаточно успешно. Мак-Немар [20] отмечает, что в результате тренировки темп выполнения реакций выбора у близнецов повышается, но МЗ остаются по-прежнему более схожими, чем ДЗ.

Это свидетельствует о том, что тенденция к определенной величине темпа сохраняется при любых условиях и факт его тренируемости не противоречит наследуемости этого признака. Очевидно, существует некоторый индивидуальный предел темповых возможностей, за которым происходит — в той или иной форме — нарушение адекватности даже простой деятельности, и можно полагать, что этот предел в значительной мере обусловлен генотипически. В понятиях теории свойств нервной системы это означает, что присущий индивидууму уровень подвижности в двигательной сфере обнаруживает отчетливую зависимость от факторов наследственности.

Имеются ли в физиологической литературе концепции и факты, позволяющие подтвердить предположения В. Д. Небылицына о том, что в основе подвижности нервной системы, определяемой методикой Хильченко, лежит именно скорость движения нервных процессов по нейронным комплексам коры?

Физиологический механизм, ответственный за величину критического интервала, можно найти во взглядах Н. А. Рокотовой [10] на механизм управления темпом деятельности. Она объясняет устойчивость временных характеристик деятельности существованием в нервной системе механизма отсчета времени, основанного, возможно, на спонтанной импульсной активности нейронов. По Н. А. Рокотовой, в нервной системе существует автономный механизм управления темпом деятельности. Он располагается на более низких этапах центральной нервной системы, подчиняясь более высоким, связанным с выработкой и осуществлением программы деятельности, и является автоматическим по способу своей деятельности. По Г. И. Полякову [12], автоматические процессы управления являются наследственно обусловленными, эволюционно более древними, локализованными в древней и старой коре и подкорковых структурах. Однако этот класс концепций хорошо объясняет устойчивость временных параметров деятельности и ряд ее других временных характеристик, не объясняя, по какому принципу

избираются сами абсолютные значения временных интервалов, тот эталон, который затем поддерживается данным механизмом. А ведь именно различия в абсолютных значениях временных характеристик положены в основу определения индивидуальной величины подвижности нервных процессов.

Эту сторону деятельности нервной системы помогает понять нейрокинетика — область нейрофизиологии, задачей которой является изучение движения нервных процессов по нейронным комплексам коры (М. Н. Ливанов [8]). По данным нейрокинетики, распространение нервного процесса подчиняется следующим закономерностям: в стандартной ситуации реагирования организуется относительно постоянная система возбуждения, связанная с более или менее постоянными нейрональными комплексами, причем вовлечение нейронов в ответную реакцию происходит дискретным образом, с латентными периодами, устойчивыми для каждого нейрона. Изменение параметров ситуации по их силовым или временным характеристикам приводит к изменению латентных периодов вовлечения, но так, что ранговые места нейронов по величине их латентных периодов в данной системе реагирования остаются постоянными. Следовательно, можно представить, что эталон времени, необходимого для осуществления реакции, задается длительностью прохождения нервных импульсов по структурам мозга, являющейся относительно постоянной величиной в повторяющейся ситуации. Исследования М. Н. Ливанова и сотрудников показали, что эта длительность зависит от возбудимости нейронов, от влияний, поступающих со стороны рецепторов и подкорковых центров, от величины и характера отвечающей цепочки нейронов.

М. Р. Кордюкова в исследовании подвижности нервных процессов методикой Хильченко, выполненном под руководством В. Д. Небылицына (в печати), показала, что есть основания предполагать связь подвижности нервной системы с уровнем деятельности неспецифической активирующей системы, что, в свою очередь, согласуется с положением нейрокинетики о зависимости временных характеристик возбуждения от влияний подкорковых центров.

Приложение данных нейрокинетики к упомянутой выше концепции Н. А. Рокотовой позволяет представить механизм управления темпом деятельности не как некое специальное образование в нижних этажах нервной системы, а как результат устойчивости латентных периодов и дискретности распространения возбуждения и ответов нейронов в любом нейронном комплексе. Эта дискретность и устойчивость автоматически обеспечивают как поддержание стабильности временных параметров деятельности, так и характер их флуктуаций и переходов на другие скоростные режимы. Такое понимание механизма управления темпов деятельности не требует постулирования специальных структур в нервной системе.

На основании всего изложенного можно считать, что феномен движения нервных процессов по структурам мозга в определенных ситуациях является устойчивой, генетически детерминированной характеристикой индивида, определяющей некоторые параметры его функционирования. В связи с этим взгляды В. Д. Небылицына на физиологический механизм подвижности представляются перспективными и требуют своего дальнейшего изучения. Отметим, что такое понимание подвижности нервных процессов содержится в развиваемой М. Н. Борисовой [4], концепции о концентрированности нервных процессов как самостоятельном свойстве нервной системы.

Что же касается понимания подвижности нервной системы как скорости смены процессов возбуждения и торможения в одних и тех же структурах мозга, определяемой методиками «перделок», «сшибки» и др., то полученный экспериментальный материал свидетельствует об отсутствии влияния генотипа на рассматриваемые параметры (по крайней мере, в пределах моторных задач и произвольной регуляции). Однако известно, что устойчивыми параметрами могут быть не только генетически обусловленные, но врожденные и приобретенные свойства, особенно те из них, что сложились на ранних стадиях онтогенеза. Ответа на вопрос о наличии устойчивых особенностей, имеющих такую природу, наш материал не дает, не существует его и в имеющейся литературе. Правда, из относительного равенства условий пренатального и раннего постнатального периодов развития МЗ и ДЗ можно ожидать, что врожденное и рано приобретенное должно быть одинаково сходными в обеих группах близнецов, но такого соответствия рассматриваемые показатели не обнаруживают.

К сказанному выше добавим, что известны два способа осуществления переделки у людей: по словесной инструкции (как в нашем случае) и без нее. Естественно, что по второму способу переделка происходит и у животных. Относительно второго способа переделки имеется материал на выборке близнецов [6] и животных [17], указывающий на наследуемость данного признака. Кроме того, существует методика многократных переделок, особенно широко применяемая при исследовании животных, которая прямо поднимает проблему влияния «эффекта упражнения» на соотношение наследственности и среды в рассматриваемом признаке. Кроме того, Ф. В. Бассин, Н. А. Бернштейн, Л. П. Латаш [2] отмечают, что выполнение деятельности в период становления навыка и при упорном навыке осуществляется разными физиологическими механизмами. В таком случае действительно может происходить изменение характера отношения той или иной деятельности к генотипу. Мак-Немар [20] показал, что в некоторых текстах упражнение изменяет степень конкордантности МЗ и ДЗ.

Наконец, немаловажен вопрос о показателях, используемых при анализе методики переделки: изменение латентных периодов, изменение числа ошибок, число проб и т. д. Есть основания предположить, что они не являются равноценными [17].

Следовательно, показатели, получаемые по методикам переделки, последствия и др., должны быть подвергнуты дальнейшему экспериментальному анализу, что позволит решить вопрос о правомерности их применения как индикаторов устойчивых особенностей деятельности нервной системы.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов М. К. Формирование скоростного навыка в связи с индивидуальными особенностями в силе и лабильности нервных процессов. «Вопросы психологии», 1972, № 2.
2. Бассин Ф. В., Бернштейн Н. А., Латаш Л. П. К проблеме связи между структурой и функциями мозга в ее современном понимании. «Физиология в клинической практике». М., «Наука», 1966.
3. Борисова М. Н. О типологическом значении некоторых показателей двигательной реакции. «Проблемы дифференциальной психофизиологии», т. VII. М., «Просвещение», 1969.
4. Борисова М. Н. и др. Материалы к сравнительному изучению различных показателей подвижности нервной системы человека. «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека», т. III. М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
5. Давиденков С. Н. Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. Л., 1947.
6. Крылов Д. Н., Кулакова Т. П., Хамаганова Т. Г. Онтогенез нейродинамики и биоэлектрической активности мозга. Сб. «Закономерные тенденции формирования личности». М., 1972.
7. Курчки Н. Ф., Курчки Л. Н. К вопросу о подвижности основных нервных процессов у близнецов. Сб. «Высшая нервная деятельность в норме и патологии», т. II. Киев, 1967.
8. Ливанов М. Н. Об интеграции нейронных реакций в коре головного мозга. Сб. «Исследование организации нейронной деятельности в коре больших полушарий мозга». М., «Наука», 1971.
9. Молдавская С. И. О соотношении скорости переделки условных рефлексов и подвижности нервных процессов у людей разного возраста. «Журнал высшей нервной деятельности», т. XIV, в. 2, 1966.
10. Моторные задачи и исполнительная деятельность. Исследование координированных движений руки. Л., «Наука», 1971.
11. Небылицын В. Д. Основные свойства нервной системы. М., «Просвещение», 1966.
12. Поляков Г. И. О принципах нейронной организации мозга. М., «Изд-во МГУ», 1965.
13. Рабинович Р. Л. О неравномерности повышения подвижности основных нервных процессов в различные возрастные периоды школьников. «Труды 7 научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии». М., 1967.
14. Равич-Щербо И. В. Исследование типологических различий по подвижности нервных процессов в зрительном анализаторе. «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека», т. I. М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
15. Равич-Щербо И. В., Шляхта Н. Ф., Шибаровская Г. А. Исследование некоторых типологических показателей у близнецов. «Программы дифференциальной психофизиологии», т. VI. М., «Просвещение», 1969.
16. Теплов Б. М. Новые данные по изучению свойств нервной системы человека. «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека», т. III. М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
17. Федоров Викт. К. Генетика высшей нервной деятельности. «Физиология высшей нервной деятельности», ч. II, гл. 6. М., «Наука», 1971.
18. Хильченко А. Е. Методика исследования подвижности основных нервных процессов у человека. «Журнал высшей нервной деятельности», т. XVIII, вып. 6, 1958.
19. Alper Z. R. Über die Vererbung der Handgeschicklichkeit. "Arch. ges. Psychol.", 102, 1, 1938 — 9.
20. Mc Nemar Q. Twin resemblances in motor skills, and the Effect of Practice Thereon. "J. of Genetic Psychology", vol. XLII, No. 1, 1933.
21. Vandenberg St. The Hereditary abilities study: hereditary components in a