

## ОСОБЕННОСТИ СЕНСОМОТОРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ДЕВУШЕК 14–17 ЛЕТ С РАЗНЫМ ТЕМПОМ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

*Работа представлена кафедрой психологии и психофизиологии ребенка  
Института Детства РГПУ им. А. И. Герцена.*

*Научный руководитель – кандидат психологических наук, доцент Л. В. Томанов*

*В статье показана специфика сенсомоторной интеграции у девушек 14–17 лет с разным темпом полового созревания.*

**Ключевые слова:** *сенсомоторная интеграция, разный темп полового созревания.*

Yu. Russak

## FEATURES OF SENSORY-MOTOR INTEGRATION AMONG 14–17-YEAR-OLD GIRLS WITH DIFFERENT PUBERTY TIME

*The article describes the specificity of sensory-motor integration among 14–17-year-old girls with different puberty time.*

**Key words:** *sensory-motor integration, different puberty time.*

В подростковом возрасте происходит бурное развитие и преобразование личности, сопровождающееся существенными качественными морфо-функциональными и психическими изменениями, специфическими особенностями, учет которых во многом определяет полноценное психическое развитие ребенка, взаимодействие с ним на разных этапах.

Отмеченным изменениям соответствуют хорошо известные отклонения нервно-психического статуса и поведения подростка (повышенные утомляемость и эмоциональность, снижение адаптационных возможностей ЦНС). Отмечаются и определенные отклонения в реализации познавательной деятельности. Это сказывается на функционировании механизмов, лежащих в основе организации деятельности. Выраженность этих отклонений снижается на завершающих стадиях полового созревания по мере снижения нейроэндокринной активности гипоталамуса и нормализации корково-подкоркового взаимодействия. К концу подросткового возраста формируется система восприятия сенсорной информации

зрелого типа с характерной специализацией полушарий в отдельных сенсорных и когнитивных операциях.

В исследовании мы используем понятие сенсомоторной интеграции – это проявление процессов конвергенции на кортикальных полях лобной коры нейрональной импульсации от структур сенсорных систем и от ядер двигательной системы. На нейрональных элементах лобной коры происходит взаимодействие уже подвергшейся обработке сенсорной информации с двигательными схемами выученных моторных навыков с целью оптимизации ответных действий. Существенная роль в процессе этой интеграции принадлежит временной соностройке. В качестве поведенческого проявления подобного рода соностройки можно рассматривать хорошо известное явление усвоения ритма. Необходимо отметить, что степень и качество сформированности механизмов сенсомоторной интеграции влияют на резерв и возможности оперативной памяти [1, с. 186].

Показатель успешности сенсомоторной деятельности является комплексной характе-

ристикой. Высокий уровень развития сенсомоторной интеграции проявляется в точности и скорости сенсомоторной реакции. Количественным параметром считается скорость осуществления реагирования, т. е. значения времени реакции (ВР). Качественным показателем служит точность, под которой понимают, во-первых, небольшую вариативность времени реакции, во-вторых, соответствие значения времени реакции локализации каждого сенсорного стимула в потоке стимулов. Высокое качество сенсомоторной интеграции связывают с развитием высших психических функций, в том числе с процессами селективного внимания. Психофизиологическими критериями возрастных отличий сенсомоторной интеграции у детей является время реакции на сенсорные стимулы и вариативность этих реакций. У взрослых испытуемых качество сенсомоторной интеграции отображается в расчетном коэффициенте – индексе Херста ( $H$ ), определяющем меру организованности событий во времени отдельных сенсомоторных реакций в процессе восприятия динамически упорядоченных сенсорных потоков [1, с. 51].

Мы исследовали 120 девушек 14–17 лет (учащихся общеобразовательных школ и ССУЗов Красногвардейского района г. Санкт-Петербурга). В ходе исследования испытуемые были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли 30 девушек с ускоренным темпом полового созревания (менархе до 11 лет 4 мес.), во 2-ю группу вошли 90 девушек с нормативным темпом полового созревания. Исследование проводилось с 2005 по 2009 г. на базе Молодежной консультации «Ржевка» Санкт-Петербурга.

Для определения психофизиологической специфики девушек 14–17 лет с разным темпом полового созревания нами использовалась компьютерная программа комплексной рефлексометрии «Исследование физиологических характеристик испытуемого на потоки стимулов контролируемой временной организации», разработанная В. Г. Каменской, В. М. Урицким. Принципиальной особенностью данной программы является ее блоковая структура, позволяющая комбинировать серии

сенсорных стимулов зрительной и звуковой модальности с различной временной организацией межстимульных интервалов (от ригидной с постоянной величиной интервалов между отдельными стимулами до хаотической, имеющей самую высокую меру разнообразия и неопределенности).

Процедура тестирования проводилась следующим образом: на столе перед девушкой находился компьютер. Серии предъявлялись испытуемым в следующей последовательности: скоростная фрактальная серия (1-1) с величиной межстимульных интервалов – 1,0 с и 1,5 с; скоростная хаотическая серия (1-5) с величиной межстимульных интервалов – 1,0 с и 1,5 с; зрительная дифференцировочная задача (2-1) с межстимульным интервалом – 1,0 с. В рамках данного исследования использовались 3 серии программы, представленных в виде сенсорных цепей с короткой экспозицией зрительных и акустических стимулов (число стимулов в сериях постоянно равно 64). Зрительные стимулы были представлены кругами красного, синего, зеленого цветов с выровненной яркостью; в качестве акустического стимула использовался гудок с частотой заполнения приблизительно в 900 Гц, громкостью 60 дБ и длительностью 100 мс. Стимулы в данных сериях предъявлялись одинаковое количество раз – 16, чередовались в случайном порядке. Вероятность предъявления каждого типа стимулов одна и та же, равная 0,25. Скоростные серии характеризовались фрактальным и хаотическим режимами чередования межстимульных интервалов с фрактальной размерностью приблизительно равной 1,5, при средней величине интервалов в 1 с и 1,5 с. В первой и второй сериях с межстимульными интервалами 1 с и 1,5 с девушки согласно инструкции в ответ на каждый стимул должны были нажимать на клавишу «пробел» как можно быстрее, т. е. данные серии требовали от подростков скоростной сенсомоторной реакции на все стимулы. Успешной сенсомоторная реакция могла быть только в том случае, если испытуемая поняла инструкцию и могла удержать ее в оперативной памяти и действовать соответственно на протяжении всей серии. В третьей серии давалась инструкция не реагировать нажатием клавиши на кружок красного цвета. Успешность этого более слож-

ного задания зависела от способности подростка удержать в оперативной памяти инструкцию в течение всего времени предъявления стимулов, а также способности формировать тормозные реакции (что обеспечивается зрелостью лобных долей головного мозга и достаточной пластичностью нервной системы). Таким образом, данная серия, связанная с решением зрительной дифференцировочной задачи, позволяет оценить особенности психофизиологических механизмов произвольного внимания.

Обработка результатов (набор отдельных значений времени реакции) осуществлялась по компьютерной программе, разработанной В. М. Урицким и В. Г. Каменской [1, с. 113, 114]. В интерпретацию включались следующие параметры: среднее время реакции на все раздражители с учетом знака реакции, выраженное в значении  $-dt$ ; среднее время реакции на акустический стимул с учетом знака реакции  $-dt$ -sound; среднее время реакции на зрительный стимул с учетом знака реакции  $-dt$ -color; % ответных моторных реакций, опережающих стимул, так называемых фальш-стартов; % пропущенных стимулов в связи с недостаточной концентрированностью и высокой отвлекаемостью; в задаче на зрительную дифференцировку подсчитывалось число нажатий на клавишу в ответ на кружок красного цвета (в работе они названы «ошибки»); время центральной задержки (ВЦЗ), т. е. увеличение времени выполнения сложного сенсомоторного задания (задачи на зрительную дифференцировку) по сравнению с выполнением более легкого скоростного задания. Помимо этих статистических способов оценки качества сенсомоторного реагирования использовался расчетный параметр распределения отдельных значений времени реакции у каждого участника экспериментов – индекс Херста ( $H$ ) [1, с. 51, 52]. При значении  $H$  больше  $-0,55$  можно говорить о наличии ориентированной во времени сенсомоторной реакции. Значения, меньшие, чем  $-0,55$  свидетельствуют о случайном характере появления во времени отдельных событий, т. е. конкретных значений времени сенсомоторных реакций. Качественным показателем сенсомоторной интеграции служит точность. Поэтому для ее оценки как статистической меры локализации сенсомоторной реакции во времени на стимулы

разной модальности подсчитывался коэффициент точности  $K$  по формуле  $K = dt / |dt|$ .

Общей тенденцией, обнаруженной в обеих группах девушек, является сокращение времени реакции на зрительные и слуховые стимулы вслед за уменьшением средней величины межстимульного интервала с 1,5 с до 1,0 с. При этом обнаруженные достоверные отличия в числе фальш-стартов, а также между значениями  $dt$ , ВР на звук и величины индекса Херста у обеих групп девушек в сериях с межстимульными интервалами, равными 1,5 с, в более скоростных сериях (с межстимульными интервалами в 1,0 с) исчезли. Эти закономерности, характерные для фрактально организованных сенсорных серий, частично повторяются и в сериях с хаотическим режимом межстимульных интервалов. Наглядные численные показатели выполнения скоростных и дифференцировочных заданий девушками с обычным и ускоренным темпами полового созревания представлены в табл. 1, 2.

Самые короткие временные показатели ( $dt$ ), регистрируются в случае фрактальной и хаотической организации при межстимульном интервале в 1,0 с у девушек с ускоренным темпом полового созревания. У подростков при этом достаточно высокая средняя точность осуществления моторных действий в ответ на сенсорные раздражители, так как значения  $K$  равны 0,63, 0,71 и 0,75. Но вместе с тем скоростные и относительно точные реакции сопровождаются достоверно большим числом опережающих реакций, т. е. фальш-стартов. Самые длинные среднегрупповые значения времени реакций, как во фрактальной, так и хаотической сериях с межстимульным интервалом 1,5 с у девушек с нормативным темпом созревания. Показатель организованности моторных реакций – индекс Херста у девушек с ускоренным темпом полового созревания имеет относительно низкие величины в случае фрактальных распределений межстимульных интервалов. Близкие к  $-0,5$  значения индекса Херста зарегистрированы в задачах на зрительную дифференцировку, что свидетельствует об отсутствии скорелированности моторных реакций между собой.

Таблица 1

Среднегрупповые показатели выполнения сенсомоторных заданий серий 1-1 и 1-5

Группы	Название серии	dt	K	dt-color, мс	dt-sound, мс	Н (-)	Ошибки	ф/ст, %	пропуски
Девушки с ускорен. половым созреванием	1-1 (фрактальная организ. потока сигналов; межстимул. интервал – 1,5 с, модуляция – 20)	200,2* ± 131,4	0,71	280,7* ± 70,2	239,8* ± 111,5	0,57* ± 0,07	0	*13	0,4 ± 1,1
Девушки с норматив. половым созреванием		341,8 ± 109,04	0,90	380,2 ± 73,6	348,6 ± 94,1	0,60 ± 0,06	0	5	0,3 ± 0,9
Девушки с ускорен. половым созреванием	1-1 (фрактальная организ. потока сигналов; межстимул. интервал – 1,0 с, модуляция – 20)	186,9 ± 93,6	0,63	262,8* ± 104,8	191,1 ± 136,8	0,59 ± 0,08	0	15	2,7* ± 4,3
Девушки с норматив. половым созреванием		219,5 ± 78,4	0,65	353,2 ± 72,9	217,4 ± 100,8	0,61 ± 0,2	0	17	0,9 ± 2,4
Девушки с ускорен. половым созреванием	1-5 (хаотическая организ. потока сигналов; межстимул. интервал – 1,5 с, модуляция – 20)	196,3* ± 129,6	0,70	261,4* ± 68,3	221,04* ± 118,3	0,60 ± 0,04	0	*12	0,6* ± 1,3
Девушки с норматив. половым созреванием		333,02 ± 104,4	0,89	364,4 ± 360,3	352,8 ± 117,8	0,59 ± 0,05	0	5	0,2 ± 0,7
Девушки с ускорен. половым созреванием	1-5 (хаотическая организ. потока сигналов; межстимул. интервал – 1,0 с, модуляция – 20)	203,2 ± 98,2	0,75	276,1* ± 81,03	166,2* ± 117,5	0,59 ± 0,08	0	*11	1,6* ± 2,7
Девушки с норматив. половым созреванием		229,9 ± 92,9	0,64	360,3 ± 63,8	227,97 ± 103,9	0,59 ± 0,06	0	18	0,8 ± 1,8

Среднегрупповые показатели выполнения сенсомоторных заданий серии 2-1

Группы	Название серии	dt	K	dt-color, мс	dt-sound, мс	H (-)	Ошибки	ф/ст, %	пропуски
Девушки с ускорен. половым созреванием	2-1 (задание на дифференцировку сигналов; межстимульный интервал – 1,0 с, модуляция – 20)	222,5 ± 33,1	0,71	362,5* ± 91,1	364,6* ± 59,5	0,49* ± 0,07	11,0* ± 3	*11	15,8 ± 5,5
Девушки с норматив. половым созреванием		208,2 ± 84,05	0,61	427,6 ± 55,1	272,8 ± 105,2	0,56 ± 0,06	6 ± 4	16	14,2 ± 4,6

**Примечание:** \* – различия данных, указанных в строке, достоверны по отношению к параметрам строкой ниже при  $p \leq 0,05$  по *t*-критерию Стьюдента.

Анализ значений ВР, приведенных в табл. 1, 2 на отдельные модальности, позволяет увидеть как общие черты, так и некоторые различия между реакциями на акустические и визуальные стимулы. Значения времени реакции на звуковые раздражители в большинстве случаев достоверно меньше, чем на зрительные стимулы в обеих исследуемых группах, что в целом позволяет рассматривать эти две группы как нормативные в отношении когнитивного развития. Надо отметить, что у девушек с ускоренным темпом полового созревания ВР на акустические стимулы длиннее, чем на зрительные, в случае дифференцировочной серии, в которой эти различия достоверны. Этот факт может свидетельствовать о сниженной пластичности нейрональных механизмов и избирательности внимания у девушек с ускоренным темпом полового созревания.

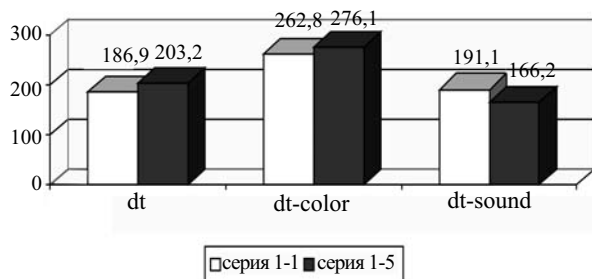


Рис. 1. Среднегрупповые показатели выполнения сенсомоторных заданий серий 1-1 и 1-5 с величиной межстимульного интервала – 1,0 с девушками с ускоренным темпом полового созревания

Анализ материалов рефлексометрической программы в целом показывает убедительное влияние способов динамической организации межстимульных интервалов на показатели сенсомоторных реакций девушек. Так, к примеру, в хаотических сериях снижено влияние средней величины межстимульных интервалов на значения времени реакции, которое было типичным для фрактально организованных серий. Величина *dt* уменьшается только у девушек с нормативным темпом полового созревания. ВР на зрительные стимулы относительно независимо от величины межстимульных интервалов. Вместе с тем значения ВР на звук повторяют ту же закономерность в обеих группах, обнаруженную в зрительно организованных сериях.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, 2 позволяет обнаружить определенное раз-

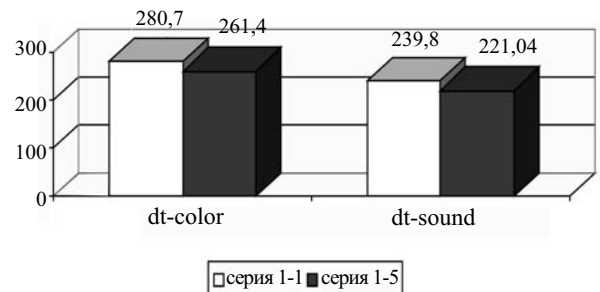


Рис. 2. Среднегрупповые показатели выполнения сенсомоторных заданий серий 1-1 и 1-5 с величиной межстимульного интервала – 1,5 с девушками с ускоренным темпом полового созревания

личие в реакциях на стимул у девушек двух групп в зависимости от динамических свойств сенсорных серий. Обнаружены более дифференцированные реакции девушек с ускоренным половым созреванием на различную временную структуру сенсорных серий. Это проявляется в наличии большего числа фальш-стартов и меньшей величины индекса Херста во фрактальной и хаотической сериях с межстимульным интервалом 1,5 с по сравнению с фрактальной и хаотической сериями с межстимульным интервалом 1,0 с. Наглядные результаты представлены на рис. 1, 2.

Обнаружены относительно быстрые и точные моторные реакции с максимальной величиной индекса Херста в случае хаотической организации межстимульных интервалов. Снижение динамической организованности сенсорного потока в серии «хаос» по сравнению с фрактальной также находит свое выражение во временных и статистических показателях сенсомоторных реакций. Уменьшение динамической упорядоченности в хаотической серии приводит к достоверному уменьшению интегрального значения времени реакции ( $dt$ ), также среднегрупповых значений ВР на звук и свет, снижению индекса Херста и достоверному уменьшению числа опережающих реакций. Создается впечатление, что в хаотически организованной серии девушкам с ускоренным темпом полового созревания работает легче.

Необходимо также отметить, что у испытуемых контрольной группы время центральной задержки достоверно более короткое (–11 мс) и находится в зоне отрицательных величин по сравнению с аналогичным показателем у испытуемых экспериментальной группы (37 мс). Это парадоксальное снижение общего времени реакции ( $dt$ ) в трудной задаче по сравнению с легкой имеет две причины. Во-первых, недостаточно развиты механизмы

переключения внимания, у девушек в трудной задаче отмечено существенное возрастание числа пропущенных стимулов. Во-вторых, нельзя исключить влияния обучения на продуктивность выполнения этой серии, так как она выполнялась третьем в блоке задач.

Наиболее трудная задача избирательного вытормаживания реакций на красный стимул, у девушек с ускоренным темпом полового созревания сопровождается достоверным замедлением времени реакций на стимулы обеих модальностей, при этом реакции на звук в целом по группе достоверно длиннее, чем ВР на свет при относительно коротком времени центральной задержки, равном 37 мс. Такое короткое время центральной задержки отражает относительно высокое качество нейрональной активности в ассоциативных зонах префронтальной коры, ответственных не только за анализ сенсорных сигналов, но и организацию моторных реакций в ответ на них. Но при этом качество выполнения задания у девушек с ускоренным половым созреванием достоверно более низкое, так как они допускали большее количество ошибок, выходящее за границы возрастной нормы.

Все это свидетельствует о том, что девушки с ускоренным темпом полового созревания характеризуются более скоростными характеристиками отражения динамической структуры сенсорных потоков, что происходит, возможно, в связи с более быстрым темпом общего созревания. Вместе с тем качество выполнения трудных тормозных заданий, основанных на дифференцировочных реакциях с участием лобно-моторных систем, у девушек с ускоренным темпом полового созревания не соответствует возрастным критериям нормы, что свидетельствует о недостаточном развитии системы произвольного внимания и, возможно, произвольности в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каменская В. Г., Томанов Л. В. Психофизиология развития интеллекта. Теоретическое и экспериментальное исследование. СПб.; Елец: ЕГУ им. А. И. Бунина, 2007. 216 с.

#### REFERENCES

1. Kamenskaya V. G., Tomanov L. V. Psikhofiziologiya razvitiya intellekta. Teoreticheskoye i eksperimental'noye issledovaniye. SPb.; Yelets: EGU im. A. I. Bunina, 2007. 216 s.