



УДК 159.95

<https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.37.14>

Исследование процесса выбора ответа и детекции ошибок при решении простых когнитивных задач*

В. А. Ковалева

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Исследование направлено на изучение процесса ошибочного и правильного ответа при решении простых однотипных когнитивных задач в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта и с диагнозом легкой умственной отсталости. С целью изучения природы ошибок были рассмотрены такие факторы, влияющие на процесс ответа, как условия предъявления стимулов, категориальная конгруэнтность стимулов и различные маркеры неосознаваемой детекции ошибок. Выявлено, что подростки без нарушений в развитии, если совершают ошибки, то по причине ориентации на скорость решения задач, а подростки с умственной отсталостью ошибаются в связи со сложностью задач и демонстрируют низкую осознанность ошибок и более низкую адаптацию после правильного ответа. В зависимости от наличия или отсутствия нарушений в развитии были получены определенные различия в процессе детекции ошибок и во влиянии условий предъявления стимулов.

Ключевые слова: умственная отсталость, детекция ошибок, маркеры детекции ошибок, послеошибочное замедление, феномен замедления ошибки.

Для цитирования: Ковалева В. А. Исследование процесса выбора ответа и детекции ошибок при решении простых когнитивных задач // Известия Иркутского государственного университета. Серия Психология. 2021. Т. 37. С. 14–30. <https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.37.14>

Введение

Ошибки при решении различного рода задач могут существенно сказываться на эффективности дальнейшей деятельности человека. В многочисленных исследованиях, посвященных изучению проблемы природы ошибок, указывается на существование неосознаваемых детерминант ошибочных действий при решении различных задач [Bechtereva, Gretchin, 1969; Rabbitt, 1968; Аллахвердов, 2000; Cleeremans, Destrebecqz, 2005; D'Angelo, Humphreys, 2015; Андриянова, Карпов, 2016; Implicit learning from ... , 2019 и др.].

Отмечается, что человек способен на бессознательном уровне осуществлять детекцию своих правильных и ошибочных ответов. Данный процесс в когнитивной психологии получил название «феномен детекции ошибок» и позволил сделать ряд эмпирически подтвержденных предположений,

* Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 20-013-00778 по теме «Поведенческие маркеры неосознанного различения собственных правильных и ошибочных ответов при решении когнитивных задач».

отвечающих на вопрос: почему, решая простую когнитивную задачу, человек все равно совершает ошибки, несмотря на известное алгоритмическое решение этих задач?

Феномен детекции ошибок был впервые описан в работах Н. П. Бехтеревой и В. Б. Гретчина в 1968 г. [Bechtereva, Gretchin, 1969]. Ими было выявлено, что некоторые нейронные популяции («детекторы ошибок») могли не реагировать или реагировать случайным образом на выполнение задания, а некоторые – реагировать только на правильное выполнение или на правильное и ошибочное. Ими были также получены данные о существовании отдельной нейронной популяции, которая реагирует только на ошибочное выполнение заданий. П. Раббит в 1968 г. также выдвинул гипотезу о существовании определенного механизма, отвечающего за обнаружение, исправление и компенсацию ошибок [Rabbitt, 1968].

Р. Наатанен, изучая открытый им в 1978 г. феномен «негативности несогласования» (Mismatch Negativity), отмечал, что функциональным принципом детекции ошибок является несогласие с возможной программой действий [Näätänen, 2003]. По данным, полученным при записи электрической активности мозга, было выявлено, что, когда испытуемые допускают ошибки, активизируется определенный нейронный механизм. Данный процесс был назван «негативность, связанная с ошибками» (Error-Related Negativity (ERN)). Результаты исследования данного феномена В. Герингом, М. Коулсом, Д. Мейером и И. Дончин [The error-related ... , 1990] показали связь между ERN и различными механизмами исправления и компенсации ошибок. Однако позднее П. Бернштейн, М. Шефферс и М. Коулс [Bernstein, Scheffers, Coles, 1995] выдвинули гипотезу о том, что процесс исправления и компенсации происходит после того, как был сгенерирован сигнал об ошибке, и ERN больше связана с процессами, участвующими в генерации сигналов об ошибках, чем с коррективкой деятельности.

Феномен неосознаваемой детекции ошибок в работах В. М. Аллахвердова трактуется в рамках теории неосознанного негативного выбора. Предполагается, что человек может неосознанно различать правильные и ошибочные ответы, а также повторять ошибочные и правильные ответы [Аллахвердов, 2000].

На сегодняшний день существует множество исследований маркеров неосознаваемой детекции ошибок. Одним из них является феномен «замедления ошибки» (False > Correct-Phenomenon), который проявляется в замедлении реакции при ошибочном ответе в сравнении с правильным [Beckmann, 2000; Rammsayer, Brandler, 2003]. Он не зависит ни от сложности задачи, ни от индивидуального уровня интеллекта [Cleeremans, Destrebecqz, 2005].

В. М. Аллахвердов и другие авторы отмечают, что уверенность в ответе как один из маркеров детекции ошибки уменьшает время реакции при решении задачи [Consciousness, learning ... , 2019].

Еще одним маркером неосознаваемой детекции точности ответа может выступать склонность к повторению данных ранее правильных и ошибоч-

ных ответов [Аллахвердов, 2000; D'Angelo, Humphreys, 2015; Андриянова, Карпов, 2016; Implicit learning from ... , 2019 и др.].

В ряде исследований было отмечено, что после ошибочного ответа время реакции в последующей пробе замедляется («послеошибочное замедление» (Post-Error Slowing)). Существуют различные теории, объясняющие причину замедления: теория когнитивного контроля [Post-error slowing .. , 2009], теория мониторинга конфликтов [Conflict monitoring ... , 2001], также причины рассматриваются с точки зрения относительной редкости ошибок, которая вызывает захват внимания [Post-error slowing ... , 2009].

В процессе послеошибочного ответа, по мнению некоторых авторов, может быть задействован негативный прайминг-эффект, в случае если стимул повторяется в последовательных пробах [Hsu, Hsieh, 2021; Error-related dynamics ... , 2019].

Было также выявлено, что при условии, когда стимулы маскированного прайма и целевого стимула конгруэнтны, количество ошибочных ответов увеличивается [Error-related dynamics ... , 2019], однако в случае конгруэнтности надпороговых стимулов был получен противоположный результат. В том числе отмечено, что ошибочные ответы при неконгруэнтных стимулах могут также вызывать конфликт и приводить к увеличению ошибок и времени реакции, как и правильные ответы при неконгруэнтных стимулах [Van der Borgh, Braem, Notebaert, 2014].

В психологии дизонтогенеза проблема совершения ошибочных действий при решении различного рода задач широко исследуется в связи с тем, что данный показатель является одним из основополагающих маркеров, по которому оценивают развитие когнитивных процессов и судят о степени того или иного нарушения. На сегодняшний день проведены исследования процесса ошибочного ответа на респондентах с синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) [Janssen, van Atteveldt, Oosterlaan, 2020; Error-related dynamics ... , 2019], аутизмом [Comparative event-related ... , 2019], синдромом Туретта [Shephard, Jackson, Groom, 2016] и с задержкой психомоторного развития [Action monitoring ... , 2008]. Следует отметить, что исследований, посвященных анализу процесса ошибочного ответа людьми с умственной отсталостью, практически нет. Имеющиеся в основном касаются не самого процесса принятия решения об ответе, а нацелены на поиск сопутствующих причин совершения ошибок.

Рассмотрение данной проблемы с этой точки зрения не дает ответа на вопрос о причинах увеличения количества ошибок и времени реакции при решении задач. Т. Рамсейер и С. Брандлер полагают, что задержка ответа в простых когнитивных задачах не зависит от уровня интеллекта, т. е. время реакции не является мерой успешности выполнения заданий, а указывает на иные индивидуальные различия, связанные с когнитивными процессами, задействованными при решении различных задач [Rammsayer, Brandler, 2003]. И более того, гипотеза о том, что причиной ошибок выступает ограниченность когнитивных ресурсов, опровергается различными исследованиями детекции ошибок. Феномен неосознаваемой детекции ошибок пред-

полагает, что, несмотря на ошибочный ответ, когнитивная система знает правильный ответ на задание, но под влиянием различных факторов принимает решение в пользу ошибки.

Несмотря на накопленные эмпирические данные, касающиеся природы ошибок, данная проблема до сих пор не решена. Остаются открытыми вопросы о механизмах, лежащих в основе тех или иных феноменов детекции ошибок, а также имеются значительные трудности, связанные с противоречивостью эмпирических данных, полученных при изучении феноменов, и разнородностью их описания.

Дополнительной проблемой выступает процесс ошибочного ответа людей с интеллектуальными нарушениями, поскольку в рамках психологии дизонтогенеза данной проблеме уделяется недостаточно внимания, а существующие исследования ограничиваются объяснением причины совершения ошибок нарушениями в когнитивных процессах, без описания самого процесса ошибочного действия и влияния различных условий на этот процесс.

Таким образом, текущее исследование проводилось с целью репликации феноменов, обозначенных в качестве возможных маркеров неосознаваемой детекции ошибок, и с целью изучения различных факторов, которые могут влиять на процесс правильного и ошибочного ответа, на выборке подростков с нормальным уровнем развития и подростков с диагнозом легкой умственной отсталости.

Такой подход исследования ошибочных ответов позволит не только изучить процесс неосознаваемой детекции ошибок, но и понять причины совершения ошибок людьми с интеллектуальными нарушениями путем изучения процесса принятия решения об ответе для дальнейшего прогнозирования и коррекции ошибочных ответов.

Организация и методы исследования

В исследовании приняли участие две группы подростков: подростки с диагнозом «умственная отсталость легкой степени» (26 человек, возраст испытуемых составил 13–16 лет) и подростки с нормальным уровнем интеллектуального развития (32 человека, возраст испытуемых составил 12–15 лет).

Все участники исследования не имели нарушений зрительного гнозиса и обладали нормальным или скорректированным к норме зрением.

Стимульный материал и процедура. Был проведен эксперимент с использованием надпорогового прайма, выступающего дистрактором в предыдущей пробе, который требовалось игнорировать.

Испытуемым предъявлялись два контурных изображения, одно было красного цвета, другое – зеленого. Зеленое изображение нужно было игнорировать, а красное категоризовать в одну из двух групп – живое или неживое – посредством нажатия на клавиши: вправо – живое; влево – неживое.

Всего в эксперименте было 12 различных контурных изображений: 6 изображений из категории живых объектов и 6 изображений из категории неживых объектов. Все изображения располагались по центру экрана на сером фоне. Анализировалось время с момента появления на экране изображений до момента нажатия испытуемым на клавишу.

Эксперимент был разработан с использованием программного обеспечения PsychoPy2_PY3 (версия v3.0.4). Стимульные материалы предъявлялись на экране ноутбука с разрешением экрана 1366×768.

В начале эксперимента испытуемому предъявлялась инструкция на экране монитора, сопровождающаяся изображением примера задания. После этого следовала серия тренировочных заданий, при необходимости инструкция повторялась.

Процедура эксперимента. В начале основной части эксперимента на экране появлялась на 600 мс точка фиксации, затем следовала праймовая проба (N-1) на 250 мс и исчезала. Испытуемому требовалось, игнорируя зеленое изображение, отнести красное изображение в категорию живого или неживого, нажав на клавишу вправо или влево. После этого сразу же появлялась точка фиксации на 250 мс, а затем целевая проба (N) на 250 мс, в отношении которой также требовалось игнорировать зеленое изображение, а красное отнести в категорию, нажав на клавишу.

Основная часть эксперимента содержала 200 пар проб (N и N-1), перед ней было 6 пар тренировочных проб. Последовательность пар проб была случайная (рандомизирована). Через каждые 50 пар проб испытуемым предлагались паузы.

В эксперименте использовались пять условий предъявления первой пробы (праймовой пробы) по отношению ко второй (целевой пробе):

- 1) условие игнорированного повтора (УИП) – дистрактор из праймовой пробы повторялся в качестве целевого стимула в целевой пробе;
- 2) условие повтора реакции (УПР) – целевой стимул в праймовой пробе повторялся в качестве целевого стимула в целевой пробе;
- 3) контрольные условия (КУ), когда и дистрактор, и целевой стимул первой пробы не повторяются в качестве целевого стимула во второй;
- 4) условие категориальной конгруэнтности УИП, когда дистрактор праймовой пробы категориально идентичен целевому стимулу целевой пробы;
- 5) условие категориальной конгруэнтности УПР, когда целевой стимул праймовой пробы категориально идентичен целевому стимулу целевой пробы.

Результаты исследования и их обсуждение

Доля ошибок в целевых пробах в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта составила 7,2 %, а в группе подростков с легкой умственной отсталостью – 19,2 %. Общая доля ошибок праймовых и целевых проб в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта составила 7 %, а в группе подростков с легкой умственной отсталостью – 19 %.

С целью сравнения показателей времени реакции внутри групп респондентов и с целью сопоставительного анализа показателей между двумя выборками данные были приведены к нормальному распределению с помощью метода трансформации по Боксу – Коксу, а затем стандартизированы преобразованием в z -значения отдельно по каждому респонденту. Для анализа трансформированных данных использовался t -критерий Стьюдента для

зависимых выборок, однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующими апостериорными сравнениями по критерию Шеффе.

Время реакции при правильном и ошибочном ответах. У группы подростков с нормальным уровнем развития интеллекта среднее время реакции при правильном ответе было статистически достоверно выше, чем при ошибочном ответе ($t(31) = 4,935$; $p < 0,001$). У подростков с умственной отсталостью среднее время реакции при ошибочном ответе было на уровне тенденции выше, чем при правильном ($t(25) = -1,854$; $p = 0,064$) (табл. 1).

Таблица 1

Среднее время реакции при правильном и ошибочном ответах, в мс

Ответ	Подростки с нормальным уровнем развития интеллекта (M ± SD)	Подростки с умственной отсталостью (M ± SD)
Правильный	736±406	897±694
Ошибочный	585±435	1036±1154

Сокращение времени реакции при ошибочном ответе в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта, возможно, было связано с тем, что при ошибочном ответе респонденты были ориентированы на скорость ответа, и если ошибались, то в связи со стратегией отвечать как можно быстрее, так как процент ошибок в данной группе небольшой. Подростки с умственной отсталостью были более ориентированы на точность ответа, ошибочные ответы давались дольше в связи со сложностью определенного рода информации. Данные результаты соотносятся с результатами других исследований, где была выявлена взаимосвязь скорости и точности опознания [Pleskac, Bussemeyer, 2010; Rammsayer, Brandler, 2003 и др.]. Подобную закономерность можно объяснить и рядом других факторов, которые воздействовали на процесс принятия решения об ответе: условиями предъявления стимулов, категориальной конгруэнтностью стимулов, прайминг-эффектом, вызванным условиями заданий и другими феноменами, отмеченными в данном исследовании в качестве возможных маркеров детекции правильных и ошибочных ответов. Дальнейший анализ результатов был произведен для проверки данного предположения.

Условия предъявления стимулов и прайминг-эффект как факторы, влияющие на время реакции при правильных и ошибочных ответах. У подростков с нормальным уровнем развития интеллекта было обнаружено влияние типа предъявления пробы на время реакции при правильном ответе только на уровне тенденции ($F(2,29) = 2,898$; $p = 0,055$). Апостериорные множественные сравнения по критерию Шеффе не выявили наличия прайминг-эффектов. Была получена только тенденция к увеличению времени реакции при УПР в сравнении с УИП ($p = 0,057$) (табл. 2). При ошибочном ответе было отмечено статистически достоверное влияние условий на время реакции ($F(2,29) = 3,750$; $p = 0,024$). Наблюдалась тенденция к возникновению позитивного прайминг-эффекта (116 мс) при УПР (критерий Шеффе $p = 0,089$). При УИП прайминг-эффект не наблюдался ($p > 0,1$).

У подростков с умственной отсталостью было обнаружено статистически достоверное влияние типа предъявления пробы на время реакции при правильном ответе ($F(2,23) = 8,605$; $p < 0,001$) и при ошибочном ответе ($F(2,23) = 4,981$; $p = 0,007$). Наблюдалось статистически достоверное увеличение времени реакции при УПР в сравнении с УИП как при правильных (критерий Шеффе $p < 0,001$), так и при ошибочных ответах (критерий Шеффе $p = 0,028$). Выявлен негативный прайминг-эффект при УПР при правильных (-101 мс, критерий Шеффе $p = 0,007$) и ошибочных ответах (-76 мс, критерий Шеффе $p = 0,013$). Был также обнаружен позитивный прайминг-эффект при правильных ответах, выражающийся на уровне тенденции, при УИП (25 мс, критерий Шеффе $p = 0,068$).

Таблица 2

Среднее время реакции в зависимости от типа предъявления пробы при правильном и ошибочном ответах, в мс

Ответ	Условие	Подростки с нормальным уровнем развития интеллекта (M±SD)	Подростки с умственной отсталостью (M±SD)
Правильный	УПР	781±598	981±880
	УИП	708±297	855±620
	КУ	731±336	880±625
Ошибочный	УПР	498±611	1091±1143
	УИП	563±348	1032±1224
	КУ	614±404	1015±1122

Условие, когда целевые стимулы были идентичны (УПР), возможно, вызвало в группе подростков с нормальным уровнем развития недоверие к информации, за счет чего при правильных ответах реакция происходила дольше, а при ошибочных – быстрее, т. е. в ряде проб принималось решение в пользу ошибки в связи с ориентацией на скорость ответа. Было также выявлено наличие позитивного прайминг-эффекта при ошибочном ответе при УПР.

У подростков с умственной отсталостью был обнаружен негативный прайминг-эффект при УПР в процессе как правильного ответа, так и ошибочного. При УИП при правильном ответе наблюдалась тенденция к позитивному прайминг-эффекту. Данный результат можно также обосновать наличием недоверия к повторяющимся стимулам, так как в случае повторения стимулов, наоборот, должен был наблюдаться позитивный прайминг-эффект. Можно также предположить, что возникновение негативного прайминг-эффекта связано с восприятием целевой пробы как новой, так как дистракторы праймовой и целевой проб были различны, за счет чего ответ не мог быть дан автоматически по известному алгоритму реакции на идентичный стимул. Обнаруженная тенденция к позитивному прайминг-эффекту при УИП может быть объяснена тем, что противоречие, вызванное идентичностью стимулов, пропадало и ответ давался быстрее. Также можно предположить, что когнитивная система использовала информацию о дистракторе первой пробы (прайма) при предсказании последующих целевых стимулов, за счет чего ответ давался быстрее в условиях ожидаемого негативного прай-

минг-эффекта [Norris, Kinoshita, 2008]. Ошибочные ответы в условиях УПР давались дольше, скорее всего, по причине наличия недоверия.

Полученные результаты противоречат имеющимся данным исследования взаимосвязи времени реакции и конгруэнтности проб в [Van der Borght, Braem, Notebaert, 2014]. Отмечалось, что неконгруэнтность стимулов вызывает увеличение времени реакции как при правильном, так и при ошибочном ответе. Поскольку дистракторы проб в настоящем исследовании могли быть различны при предъявлении идентичных целевых стимулов, полученный результат требует дополнительной проверки.

В целом условия и прайминг-эффекты влияли сильнее на время реакции в группе подростков с умственной отсталостью.

Категориальная конгруэнтность стимулов как фактор, влияющий на время реакции при правильном и ошибочном ответах. У подростков с нормальным уровнем развития интеллекта сравнение категориальных условий предъявления стимулов при правильном ответе выявило статистически достоверное увеличение времени реакции при категориальном УПР ($t(31) = 5,063$; $p < 0,001$) (табл. 3). При ошибочном ответе зависимости времени реакции от категориальных условий выявлено не было ($t(31) = -0,108$; $p = 0,914$).

Таблица 3

Среднее время реакции в зависимости от категориальной конгруэнтности предъявления стимулов пробы при правильном и ошибочном ответах, мс

Ответ	Условие	Подростки с нормальным уровнем развития интеллекта (M±SD)	Подростки с умственной отсталостью (M±SD)
Правильный	УПР	769±498	942±779
	УИП	708±304	856±605
Ошибочный	УПР	614±444	1052±1153
	УИП	569±430	1022±1157

У подростков с умственной отсталостью сравнение категориальных условий при правильных ($t(25) = 1,032$; $p = 0,303$) и ошибочных ответах ($t(25) = 1,571$; $p = 0,118$) не выявило различий.

Категориальное УПР при правильном ответе увеличивало время реакции в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта. Возможно, данная закономерность была вызвана сложностью анализа заданий при условиях идентичности целевых стимулов в связи с недоверием к повторению. В группе подростков с умственной отсталостью категориальные условия не влияли на время реакции ни при правильных ответах, ни при ошибочных.

Таким образом, можно предположить, что на процесс решения заданий у подростков с нормальным уровнем развития в большей степени влияли категориальные условия, нежели типы предъявления проб, а у подростков с умственной отсталостью – тип предъявления пробы и прайминг-эффекты, нежели категориальная конгруэнтность стимулов.

Переходные ответы и маркеры неосознаваемой детекции правильности и ошибочности ответа. С целью анализа процессов совершения ошибочного и правильного ответа были рассмотрены процессы перехода от одного ответа к другому при последовательных пробах и маркеры неосознаваемой детекции ошибок при ответе на идентичные стимулы (рис. 1, 2).

Процентное соотношение маркеров детекции ошибок и переходных ответов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Процентное соотношение маркеров детекции ошибок и переходных ответов

Группа подростков	Последовательность ответов	Доля от общего числа переходных ответов, %	Доля от общего числа маркеров детекции ошибок при идентичных стимулах, %
Подростки с нормальным уровнем развития интеллекта	Ошибочный ответ – ошибочный ответ	1	2
	Правильный ответ – правильный ответ	87	86
	Правильный ответ – ошибочный ответ	6	6
	Ошибочный ответ – правильный ответ	6	6
Подростки с умственной отсталостью	Ошибочный ответ – ошибочный ответ	7	9
	Правильный ответ – правильный ответ	69	67
	Правильный ответ – ошибочный ответ	13	12
	Ошибочный ответ – правильный ответ	12	12

Переходные ответы, послеошибочное замедление и замедление после правильных ответов. Анализ различий между временем реакции при переходе от правильного ответа к правильному и временем реакции при переходе от ошибочного ответа к ошибочному в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта не выявил достоверных различий ($t(31) = -1,600$; $p = 0,113$). В группе подростков с умственной отсталостью различия между данными процессами были обнаружены на уровне тенденции: при повторении правильного ответа наблюдалась тенденция к увеличению времени реакции ($t(25) = -1,730$; $p = 0,085$). Было выявлено, что только в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта переход от ошибочного к ошибочному ответу был меньше по времени реакции, чем переход от ошибочного к правильному ($t(31) = 3,874$; $p < 0,001$). Возможно, это связано с тем, что повторение ошибок отмечалось в случае использования респондентами стратегии отвечать быстрее, игнорируя точность. У подростков с умственной отсталостью различий между временем реакции повторения ошибочного ответа и его неповторения выявлено не было ($t(25) = 1,264$; $p = 0,207$). При переходе от правильного ответа к правильному у подростков с нормальным уровнем развития интеллекта наблюдалось увеличение времени реакции относительно условий неповторения правильного ответа в следующей пробе ($t(31) = 4,224$; $p < 0,001$). У подростков с умственной отсталостью был получен противоположный эффект ($t(25) = -3,718$; $p < 0,001$).

который связан с обнаруженным замедлением после правильных ответов, что подтверждается сопоставлением изменений ответов: перехода от ошибочного к правильному ответу и перехода от правильного к ошибочному ответу ($t(25) = -3,131$; $p = 0,002$). У подростков с нормальным уровнем развития интеллекта было обнаружено послеошибочное замедление: время реакции при переходе от ошибочного ответа к правильному было выше, чем при переходе от правильного к ошибочному ($t(31) = 8,333$; $p < 0,001$), в том числе время реакции при переходе от ошибочного к правильному было выше, чем при переходе от ошибочного к ошибочному ответу.

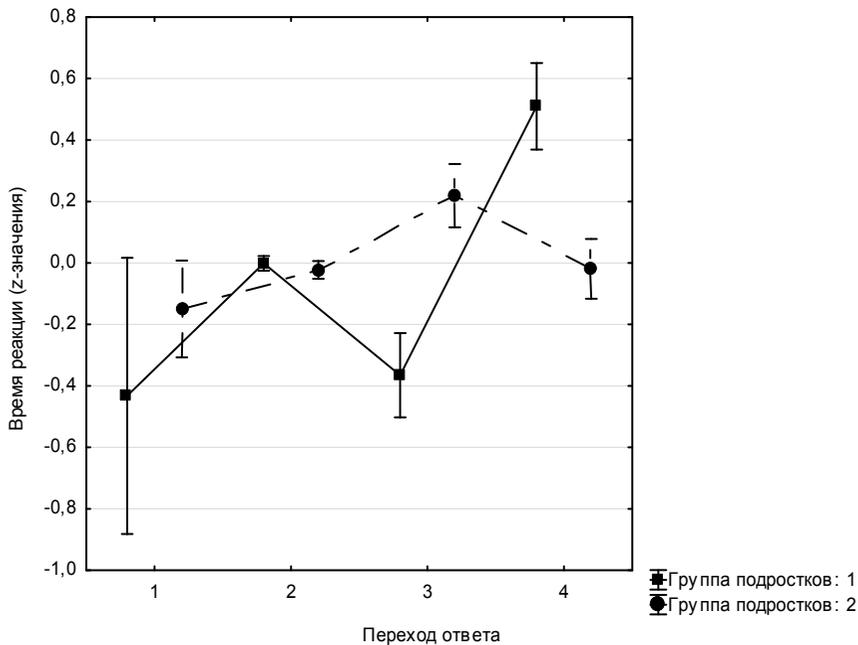


Рис. 1. Время реакции переходных ответов ($M \pm CI$)

1 – переход от ошибочного ответа к ошибочному, 2 – переход от правильного ответа к правильному, 3 – переход от правильного ответа к ошибочному, 4 – переход от ошибочного ответа к правильному. В группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта (1) и группе подростков с умственной отсталостью (2)

У подростков с нормальным уровнем развития интеллекта было выявлено послеошибочное замедление. Полученный результат соотносится с данными, полученными в ряде других исследований, посвященных феномену послеошибочного замедления [Post-error slowing ... , 2009; Forster, Cho, 2014; How the brain ... , 2016 и др.]. Повторяющиеся ошибочные ответы давались быстрее неповторяющихся, а повторение правильного ответа по времени реакции было выше, чем неповторение, что, возможно, является подтверждением предположения о том, что ошибки возникали в результате стратегии отвечать как можно быстрее.

В группе подростков с умственной отсталостью не было обнаружено послеошибочного замедления. Такая тенденция ответов может быть связана с тем, что у подростков с умственной отсталостью выше процесс корректировки и адаптации после ошибки. Данный результат можно сопоставить с данными, полученными в ряде исследований, посвященных влиянию осознанности ошибок на увеличение послеошибочного замедления [Wessel, 2018; Neural and behavioral ..., 2021]. Было получено замедление ответа после правильного решения: для перехода от правильного ответа к ошибочному подросткам с умственной отсталостью требовалось больше времени для адаптации, чем при переходе от ошибки к правильному ответу. Однако при повторении правильного ответа время реакции было меньше, чем при повторении, что может быть связано с тем, что правильный быстрый ответ мог повторяться в случае уверенности в правильности. В случае неуверенности или сложности условий заданий правильный ответ сменялся на ошибочный, что требовало больше времени.

Маркеры неосознаваемой детекции правильности и ошибочности ответа. В обеих группах подростков при правильном ответе после ошибочного ответа время реакции было выше, чем при ошибочном ответе после правильного: было обнаружено замедление ответов после ошибок ($t(31) = -7,267$; $p < 0,001$; $t(25) = -2,049$; $p = 0,041$). Повторяющиеся правильные ответы давались дольше, чем неповторяющиеся ($t(31) = 6,041$; $p < 0,001$; $t(25) = 2,234$; $p = 0,026$).

У подростков с нормальным уровнем развития интеллекта повторяющиеся правильные ответы давались статистически достоверно дольше, чем повторяющиеся ошибочные ($t(31) = 4,818$; $p < 0,001$). У подростков с умственной отсталостью различий между данными маркерами выявлено не было ($t(25) = 1,528$; $p = 0,127$). При правильном ответе после ошибочного ответа время реакции было статистически достоверно выше, чем при повторении ошибочного ответа в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта ($t(31) = -5,884$; $p < 0,001$). В группе подростков с умственной отсталостью различий между данными маркерами обнаружено не было ($t(25) = -1,121$; $p = -0,262$).

Исследование маркеров неосознаваемой детекции ошибок при идентичных стимулах у подростков с нормальным уровнем интеллекта показало результаты, сходные с результатами анализа респондентами переходных ответов: повторение ошибочного ответа и ошибочный ответ после правильного давались быстрее, предположительно, в связи со стратегией отвечать как можно быстрее, а для того, чтобы ответить на идентичный стимул правильно, после ошибки требовалось больше времени в связи с процессом корректировки и адаптации после ошибки. Возможно, данное сходство результатов анализа респондентами переходных ответов и идентичных стимулов является следствием работы одних и тех же механизмов, которые участвуют в процессе принятия решения об ответе.

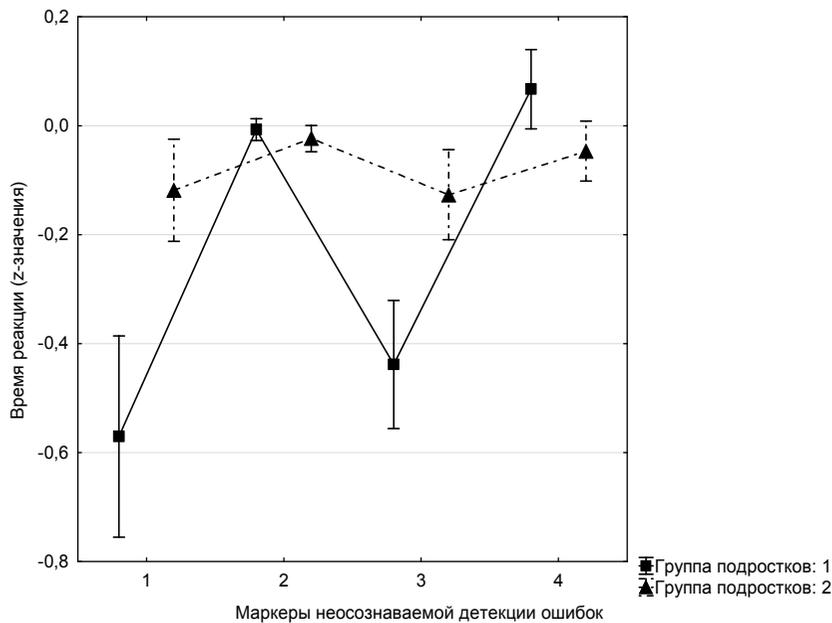


Рис. 2. Время реакции маркеров неосознаваемой детекции ошибок на идентичные стимулы ($M \pm CI$)

1 – повторение ошибочного ответа, 2 – повторение правильного ответа, 3 – неповторение ошибочного ответа, 4 – неповторение правильного ответа. В группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта (1) и в группе подростков с умственной отсталостью (2)

У подростков с умственной отсталостью при ответах на идентичные стимулы, как и при переходных ответах, не было выявлено различий между временем реакции при повторяющихся ошибочных ответах и неповторяющихся. Вероятно, у данной группы подростков ошибочные ответы в случае их повторения давались не по причине стратегии отвечать быстрее, а в соответствии со стратегией отвечать как можно точнее. Время реакции при повторяющихся правильных ответах было выше, чем при неповторяющихся. В этом случае ошибочные ответы давались «случайно». Данный результат противоположен результату, полученному при исследовании переходных ответов. Также было получено увеличение времени реакции при ошибочном ответе после правильного, что, возможно, является результатом процесса адаптации после ошибки. Данный результат также противоположен результату исследования переходных ответов, где не было выявлено замедление после ошибочного ответа. Возможно, описанные выше различия связаны с тем, что при анализе переходных ответов и при анализе идентичных стимулов были задействованы разные процессы принятия решения об ответе.

Выводы

Анализ полученных данных в группе подростков с нормальным уровнем развития интеллекта показал, что время реакции при правильном ответе было большим, чем при ошибочном, что может быть связано с ориентацией ответов больше на скорость, нежели на точность, и приоритетным выбором ошибочных «случайных» ответов в случае сложности [Pleskac, Busemeyer, 2010; Rammsayer, Brandler, 2003 и др.].

Наибольшую сложность у подростков с нормальным уровнем развития интеллекта вызывал анализ категориально идентичных целевых стимулов, увеличивая время реакции как при ошибочных ответах, так и при правильных. Условие повтора реакции также вызывало сложность, но на уровне тенденции. Возможно, повторение целевых стимулов провоцировало недоверие, за счет чего время реакции увеличивалось при правильных ответах и уменьшалось при ошибочных.

При переходных ответах у подростков с нормальным уровнем развития интеллекта наблюдалось послеошибочное замедление [Post-error slowing ..., 2009; Forster, Cho, 2014; How the brain ..., 2016 и др.]. Предположение об ошибке как результате стратегии отвечать как можно быстрее подтвердилось уменьшением времени реакции при повторяющихся ошибочных ответах и уменьшением времени реакции в ситуации, когда после правильного ответа следовал ошибочный. Исследование анализа идентичных стимулов показало сходные результаты с процессом анализа переходных ответов.

Анализ полученных данных в группе подростков с умственной отсталостью демонстрирует тенденцию к увеличению времени реакции при ошибочных ответах в сравнении с правильными, что может быть вызвано стратегией отвечать как можно точнее и сложностью заданий в связи с нарушениями в процессе принятия решения об ответе.

Условие повтора стимулов в группе подростков с умственной отсталостью, так же как и в группе подростков с нормальным уровнем развития, вызывало недоверие, за счет чего возникал негативный прайминг-эффект. При условии игнорированного повтора, когда противоречие, вызванное вторым стимулом, пропадало, наблюдался позитивный прайминг-эффект. Также можно предположить, что уменьшение времени реакции происходило по причине того, что когнитивная система использовала информацию о прайме при предсказании последующих целевых стимулов [Norris, Kinoshita, 2008]. Влияние отдельных категориальных условий в данной группе подростков обнаружено не было.

Анализ переходных ответов в группе подростков с умственной отсталостью не выявил послеошибочного замедления, что может быть связано с тем, что у данной группы подростков выше процесс корректировки и адаптации после ошибки в связи с меньшей осознанностью совершенного ошибочного ответа [Wessel, 2018; Neural and behavioral ..., 2021]. Но было обнаружено замедление ответа после правильного решения как следствие перепроверки правильности. Также отмечено уменьшение времени реакции при повторении правильного ответа как показатель уверенности в ответе.

Можно предположить, что в некоторых случаях, если респондент был уверен в ответе, то давал его быстро и правильно, если же нет, то ему требовалось перепроверить ответ, за счет чего появлялось замедление после правильного ответа.

Исследование анализа идентичных стимулов в группе подростков с умственной отсталостью и его сопоставление с процессом анализа переходных ответов позволило сделать предположение о наличии различных механизмов, которые участвуют в процессе принятия решения об ответе при анализе переходных ответов и анализе идентичных стимулов. Как и при переходных ответах наблюдалось примерно одинаковое время реакции при ошибочном ответе как после правильного, так и после ошибочного. Отличающиеся результаты были получены при сравнении повторяющихся правильных ответов и неповторяющихся. В этом случае ошибочные ответы давались «случайно». Также было получено увеличение времени реакции при правильном ответе после ошибочного, что, возможно, является результатом процесса адаптации после ошибки на предыдущий идентичный стимул.

Таким образом, с помощью сопоставительного анализа процессов правильных и ошибочных ответов были выявлены определенные закономерности данных процессов и их зависимость от различных факторов, таких как условия предъявления проб, категориальная конгруэнтность стимулов, прайминг-эффекты. Также были обнаружены изменения в процессах принятия решения об ответе в зависимости от наличия или отсутствия нарушений интеллекта у респондентов. Был изучен процесс неосознаваемой детекции ошибок и выявлены определенные закономерности этого процесса в зависимости от наличия или отсутствия нарушений в развитии. Полученные результаты в дальнейшем позволят разработать модель прогнозирования и коррекции ошибочных ответов.

Список литературы

- Аллахвердов В. М.* Сознание как парадокс. СПб. : ДНК, 2000. 528 с.
- Андриянова Н. В., Карпов А. Д.* Роль сложности задачи в возникновении повторяющихся ошибок // Седьмая международная конференция по когнитивной науке Тезисы докладов. 2016. С. 115–116.
- Action monitoring in major depressive disorder with psychomotor retardation / D. Schrijvers [et al.] // *Cortex*. 2008. Vol. 44, N 5. P. 569–579.
- Consciousness, learning, and control: on the path to a theory / V. Allakhverdov [et. al.] // *Implicit learning: 50 years on*. Routledge, 2019. P. 71–107.
- Bechtereva N. P., Gretchin V. B.* Physiological foundations of mental activity // *International review of neurobiology*. 1969. Vol. 11. P. 329–352.
- Beckmann J. F.* Differentielle Latenzzeiteffekte bei der Bearbeitung von ReasoningItems // *Diagnostica*. 2000. Vol. 46, N 3. P. 124–129.
- Bernstein P. S., Scheffers M. K., Coles M. G. H.* «Where did I go wrong?» A psychophysiological analysis of error detection // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1995. Vol. 21, N 6. P. 1312–1322.
- Conflict monitoring and cognitive control / M. M. Botvinick [et al.] // *Psychological Review*. 2001. Vol. 108, N 3. P. 624–652.

Comparative event-related potential study of performance in visual oddball task in children with autism spectrum disorder, ADHD, comorbid autism and ADHD, and neurotypical children / E. M. Sokhadze [et al.] // *NeuroRegulation*. 2019. Vol. 6, N 3. P. 134–134.

Cleeremans A., Destrebecqz A. Real rules are conscious // *Behavioral and Brain Sciences*. 2005. Vol. 28, N 1. P. 19–20.

D'Angelo M. C., Humphreys K. R. Tip-of-the-tongue states reoccur because of implicit learning, but resolving them helps // *Cognition*. 2015. Vol. 142. P. 166–190.

Error-related dynamics of reaction time and frontal midline theta activity in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) during a subliminal motor priming task / M. Keute [et al.] // *Frontiers in human neuroscience*. 2019. Vol. 13. P. 381.

Forster S. E., Cho R. Y. Context specificity of post-error and post-conflict cognitive control adjustments // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, N 3. P. e90281.

How the brain prevents a second error in a perceptual decision-making task / R. L. Perri [et al.] // *Scientific reports*. 2016. Vol. 6, N 1. P. 1–11.

Hsu H. M., Hsieh S. Age-related post-error slowing and stimulus repetition effect in motor inhibition during a stop-signal task // *Psychological Research*. 2021. P. 1–14.

Implicit learning from one's mistakes: the negative choice aftereffect / M. Kuvaldina [et al.] // *Implicit learning: 50 years on*. Routledge. 2019. P. 108–132.

Janssen T. W. P., van Atteveldt N., Oosterlaan J. Error and post-error processing in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: An electrical neuroimaging study // *Clinical Neurophysiology*. 2020. Vol. 131, N 9. P. 2236–2249.

Neural and behavioral traces of error awareness / H. Kirschner [et al.] // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. 2021. Vol. 21, N 3. P. 573–591.

Näätänen R. Mismatch negativity: clinical research and possible applications // *International Journal of Psychophysiology*. 2003. Vol. 48, N 2. P. 179–188.

Norris D., Kinoshita S. Perception as evidence accumulation and Bayesian inference: Insights from masked priming // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2008. Vol. 137, N 3. P. 434.

Pleskac T. J., Busemeyer J. R. Two-stage dynamic signal detection: a theory of choice, decision time, and confidence // *Psychological review*. 2010. Vol. 117, N 3. P. 864.

Post-error slowing: an orienting account / W. Notebaert [et al.] // *Cognition*. 2009. Vol. 111, N 2. P. 275–279.

Rabbitt P. M. A. Three kinds of error-signalling responses in a serial choice task // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1968. Vol. 20, N 2. P. 179–188.

Rammsayer T., Brandler S. Zum Zeitverhalten beim computergestützten adaptiven Testen: Antwortlatenzen bei richtigen und falschen Lösungen sind intelligenzunabhängig // *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*. 2003. Vol. 24. P. 57–63.

Shephard E., Jackson G. M., Groom M. J. The effects of co-occurring ADHD symptoms on electrophysiological correlates of cognitive control in young people with Tourette syndrome // *Journal of neuropsychology*. 2016. Vol. 10, N 2. P. 223–238.

The error-related negativity: an event-related brain potential accompanying errors / W. J. Gehring et al. // *Psychophysiology*. 1990. Vol. 27, N 4. P. 34.

Van der Borgh L., Braem S., Notebaert W. Disentangling posterror and postconflict reduction of interference // *Psychonomic bulletin & review*. 2014. Vol. 21, N 6. P. 1530–1536.

Wessel J. R. An adaptive orienting theory of error processing // *Psychophysiology*. 2018. Vol. 55, N 3. P. e13041.

Answer Selection Process and Error Detection when Solving Simple Cognitive Tasks

V. A. Kovaleva

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The study is aimed at examining the process of erroneous and correct answers when solving simple cognitive tasks of the same type in the group of adolescents with normal intelligence and those with mild mental deficiency. To study the nature of making errors the author studied factors influencing the process of answer selection, such as conditions of stimulus presentation, stimuli categorical congruence, and unconscious error detection markers of various kinds.

The study revealed that if adolescents with normal intelligence make mistakes they do it trying to do the task quickly, while adolescents with mild mental deficiency make mistakes because of the task difficulty and demonstrate a low level of mindfulness of making a mistake, and slow-up adjustment process after a correct answer. Depending on whether there being or not being mental deficiency, certain differences in the process of error detection and the influence of conditions of stimulus presentation were detected.

Keywords: mental deficiency, error detection, error detection markers, slow-up after making a mistake, error slow-up phenomenon.

For citation: Kovaleva V.A. Answer Selection Process and Error Detection when Solving Simple Cognitive Tasks. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Psychology*, 2021, vol. 37, pp. 14-30. <https://doi.org/10.26516/2304-1226.2021.37.14> (in Russian)

References

- Allakhverdov V.M. *Soznanie kak paradox* [Consciousness as a paradox]. Saint Petersburg, DNK Publ., 2000. 528 p. (in Russian)
- Andriyanova N.V., Karpov A.D. Rol' slozhnosti zadachi v vozniknovenii povtoryayushchikhsya oshibok [The role of task complexity in the occurrence of repeated errors]. *Sed'maya mezhduнародnaya konferentsiya po kognitivnoi nauke. Tezisy dokladov* [The Seventh International Conference on Cognitive Science. Abstracts of reports], 2016, pp. 115-116. (in Russian)
- Schrijvers D. et al. Action monitoring in major depressive disorder with psychomotor retardation. *Cortex*, 2008, vol. 44, no. 5, pp. 569-579.
- Allakhverdov V. et al. Consciousness, learning, and control: on the path to a theory. *Implicit learning: 50 years on*. Routledge, 2019, pp. 71-107.
- Bechtereva N.P., Gretchin V.B. Physiological foundations of mental activity. *International review of neurobiology*, 1969, vol. 11, pp. 329-352.
- Beckmann J.F. Differentielle Latenzzeiteffekte bei der Bearbeitung von ReasoningItems. *Diagnostica*, 2000, vol. 46, no. 3, pp. 124-129.
- Bernstein, P.S., Scheffers, M.K., & Coles, M.G.H. «Where did I go wrong?» A psychophysiological analysis of error detection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1995, vol. 21, no. 6, pp. 1312-1322.
- Botvinick M.M. et al. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 2001, vol. 108, no. 3, pp. 624-652.
- Sokhadze E.M. et al. Comparative event-related potential study of performance in visual oddball task in children with autism spectrum disorder, ADHD, comorbid autism and ADHD, and neurotypical children. *NeuroRegulation*, 2019, vol. 6, no. 3, pp. 134-134.
- Cleeremans A., Destrebecqz A. Real rules are conscious. *Behavioral and Brain Sciences*, 2005, vol. 28, no. 1, pp. 19.
- D'Angelo M.C., Humphreys K.R. Tip-of-the-tongue states reoccur because of implicit learning, but resolving them helps. *Cognition*, 2015, vol. 142, pp. 166-190.

- Keute M. et al. Error-related dynamics of reaction time and frontal midline theta activity in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) during a subliminal motor priming task. *Frontiers in human neuroscience*, 2019, vol. 13, pp. 381.
- Forster S.E., Cho R.Y. Context specificity of post-error and post-conflict cognitive control adjustments. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 3, pp. e90281.
- Perri R.L. et al. How the brain prevents a second error in a perceptual decision-making task. *Scientific reports*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 1-11.
- Hsu H.M., Hsieh S. Age-related post-error slowing and stimulus repetition effect in motor inhibition during a stop-signal task. *Psychological Research*, 2021, pp. 1-14.
- Kuvaldina M. et al. Implicit learning from one's mistakes: the negative choice aftereffect. *Implicit learning: 50 years on. Routledge*, 2019, pp. 108-132.
- Janssen T.W.P., van Atteveldt N., Oosterlaan J. Error and post-error processing in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: An electrical neuroimaging study. *Clinical Neurophysiology*, 2020, vol. 131, no. 9, pp. 2236-2249.
- Kirschner H. et al. Neural and behavioral traces of error awareness. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 573-591.
- Näätänen R. Mismatch negativity: clinical research and possible applications. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, vol. 48, no. 2, pp. 179-188.
- Norris D., Kinoshita S. Perception as evidence accumulation and Bayesian inference: Insights from masked priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2008, vol. 137, no. 3, pp. 434.
- Pleskac T.J., Busemeyer J. R. Two-stage dynamic signal detection: a theory of choice, decision time, and confidence. *Psychological review*, 2010, vol. 117, no. 3, pp. 864.
- Notebaert W. et al. Post-error slowing: an orienting account. *Cognition*, 2009, vol. 111, no. 2, pp. 275-279.
- Rabbitt P.M.A. Three kinds of error-signalling responses in a serial choice task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1968, vol. 20, no. 2, pp. 179-188.
- Rammsayer T. Brandler S. Zum Zeitverhalten beim computergestützten adaptiven Testen: Antwortlatenzen bei richtigen und falschen Lösungen sind intelligenzunabhängig. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 2003, vol. 24, pp. 57-63.
- Shephard E., Jackson G.M., Groom M.J. The effects of co-occurring ADHD symptoms on electrophysiological correlates of cognitive control in young people with Tourette syndrome. *Journal of neuropsychology*, 2016, vol. 10, no. 2, pp. 223-238.
- Gehring W.J. et al. The error-related negativity: an event-related brain potential accompanying errors. *Psychophysiology*, 1990, vol. 27, no. 4, p. 34.
- Van der Borgh L., Braem S., Notebaert W. Disentangling posterror and postconflict reduction of interference. *Psychonomic bulletin & review*, 2014, vol. 21, no. 6, pp. 1530-1536.
- Wessel J.R. An adaptive orienting theory of error processing. *Psychophysiology*, 2018, vol. 55, no. 3, pp. e13041.

Ковалева Валерия Алексеевна
аспирант, кафедра общей психологии,
заведующая лабораторией кафедры
физиологии медицинского факультета
Санкт-Петербургский государственный
университет
Россия, 199034, Санкт-Петербург,
Университетская набережная, 7-9
e-mail: valeria.kovaleva9419@gmail.com

Kovaleva Valeria Alexeevna
Postgraduate, Department of General
Psychology, Head of the Laboratory
of the Department of Physiology
of the Medical Faculty
St Petersburg State University 7-9,
Universitetskaya emb.,
Saint Petersburg, 199034,
Russian Federation
e-mail: valeria.kovaleva9419@gmail.com

Дата поступления: 10.09.2021

Received: September, 10, 2021