

Латеральные признаки и их взаимодействие как фактор выраженности математических способностей в юношеском возрасте

Н.А. Хохлов, М.С. Ковязина
МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Поступила 16 августа 2016/ Принята к публикации: 2 сентября 2016

Lateral signs and their interaction as a factor in the severity of mathematical abilities in adolescence

Nikita A. Khokhlov*, Maria S. Kovyazina
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
* Corresponding author E-mail: nkhhokhlov@psychmsu.ru

Received August 16, 2016 / Accepted for publication: September 2, 2016

Статья посвящена исследованию связи латеральных признаков в мануальной, слуховой, зрительной сферах и их взаимодействия с математическими способностями в юношеском возрасте. В исследовании были задействованы 92 здоровых человека, из них 17 юношей и 75 девушек в возрасте от 15 до 25 лет ($18,7 \pm 2,2$), не занимающихся математической деятельностью профессионально. Для измерения компонентов математических способностей применялся стандартизированный тест на математические (арифметические, алгебраические, геометрические) способности «МААГС-2015». Диагностика межполушарной асимметрии проводилась с помощью следующих методик: самоотчета о мануальной асимметрии, стандартизированной модификации опросника М. Аннетт, проб «Переплетение пальцев рук», «Поза Наполеона», «Аплодирование», «Прицеливание», пробы Розенбаха и дихотического прослушивания. При сопоставлении латеральных признаков с компонентами математических способностей учитывалось возможное взаимодействие асимметрий разных анализаторов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разные латеральные признаки являются значимыми предикторами для различных компонентов математических способностей, некоторые латеральные признаки с математическими способностями не связаны. Наибольшую предсказательную способность имеют сенсорные асимметрии и их взаимодействие. В целом наиболее высокие математические способности отмечаются у лиц с правосторонними и билатеральными признаками, левосторонние признаки чаще всего выступают негативными предикторами. Взаимодействие между асимметриями разных анализаторов проявляется в неодинаковой связи с математическими способностями показателей латерализации в одной сфере при различных вариантах латерализации в другой. Перекрестная латерализация в большинстве случаев является негативным предиктором математических способностей. Модели, учитывающие взаимодействие между латеральными признаками, позволяют объяснить более четверти вариативности компонентов математических способностей. Предсказательная способность этих моделей оказывается заметно выше, чем у моделей с отдельными предикторами.

Ключевые слова: межполушарная асимметрия, математические способности, межмодальное взаимодействие, дифференциальная нейропсихология, латерализация.

The paper studies the connection of the lateral features in the manual, auditory, visual fields, and their interaction with the mathematical abilities in adolescence. The research involved 92 healthy people including 17 males and 75 females aged 15 to 25 years ($18,7 \pm 2,2$), who do not major in mathematics. To measure the components of mathematical ability the standardized math test MAAGS-2015 to reveal arithmetic, algebraic, geometric abilities was used. Diagnosis of hemispherical asymmetry was performed using self-reports of manual asymmetry, M. Annette standardized questionnaire modification, samples of «Interlocking fingers», «Napoleon's Pose», «Applause», «Aiming», Rosenbach's test and dichotic listening. When comparing the features with lateral components of mathematical ability to incorporate asymmetries possible interaction of different analyzers was considered.

The research results reveal that different lateral characteristics are significant predictors for the different components of mathematical abilities; some lateral symptoms are not related to mathematical ability. The greatest predictive power belongs to sensory asymmetries and their interaction. In general, the highest mathematical abilities are observed in patients with right and bilateral signs, left-sided symptoms often reveal negative predictors. The interaction asymmetries between different analyzers manifested in unequal due to the mathematical abilities indicators lateralization in the same field in different versions of lateralization in the other. Cross-lateralization in most cases is a negative predictor of mathematical abilities. The models based on the interaction between the lateral features allow to explain more than a quarter of the variability of the components of mathematical abilities. The predictive ability of these models is significantly higher than that of models with individual predictors.

Keywords: hemispheric asymmetry, mathematical ability, intermodal interaction, differential neuropsychology, lateralization.

Нейропсихология индивидуальных различий является одним из современных направлений нейропсихологического знания и нейронаук в целом. Одним из оснований типологии индивидуальных различий являются особенности межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия. В отечественной нейропсихологии предложено понятие «профиль латеральной организации» (ПЛО), под которым понимается сочетание латеральных признаков сенсорных и моторных асимметрий (Хомская, Ефимова, 1991). В рамках данного подхода получены сведения о связи ПЛО с динамиче-

колаева, Добрин, Яворович, 2012; Хохлов, Ковязина, 2012; Khokhlov, Kovyazina, 2013). Становится очевидной необходимость поиска новых диагностических методик и применения к получаемым данным современных методов математической обработки, позволяющих увидеть скрытые закономерности.

В данной работе предпринимается попытка сопоставить латеральные признаки в мануальной, слуховой и зрительной сферах и их взаимодействие со степенью выраженности математических способностей у людей юношеского возраста. Актуальность темы связана с необходимостью выявления закономерностей

в педагогике более тонко и точно определять индивидуально-психологические особенности учащихся» (Москвин, Москвина, 2011, С. 298).

На сегодняшний день не существует единого мнения об успешности лиц с определенным профилем латеральной организации в математике. Во многом это расхождение связано с применением различных подходов к измерению межполушарной асимметрии и математических способностей. В одних исследованиях получены данные в пользу ведущей роли правого полушария (Annett, Kilshaw, 1982; Матова, 1987; Лукьянчикова, 2006; Knops, Willmes, 2014), в других – левого полушария головного мозга (Rickard et al., 2000; Аршавский, 2001; Хохлов, Ковязина, 2013; Хохлов, 2014). Опираясь на теоретический фундамент отечественной нейропсихологии (Хомская, 2010), мы имеем все основания полагать, что реализация различных компонентов математических способностей связана с ведущей ролью разных гемисфер, а для некоторых компонентов – с эффективностью межполушарного взаимодействия. В пользу этого также свидетельствуют результаты психофизиологических исследований (Разумникова, 2004; Aydarkin, Fomina, 2013).

Рассматривая данную проблему, Е.В. Фомина указывает на то, что «студенты с выраженным доминированием левого полушария преуспевают в алгебре, а правополушарные демонстрируют успехи в тригонометрии, геометрии и изучении комплексных чисел» (Фомина, 2006, С. 15). Результаты исследований В.Г. Степанова, его учеников и сотрудников свидетельствуют о том, что «при усвоении математики ведущим является левое полушарие. Но для решения творческих задач требуется активация правого» (Степанов, 2013, С. 142). Одни и те же задачи могут решаться с опорой как на левополушарный, так и на правополушарный когнитивный стиль. По мнению В.Г. Степанова (там же, С. 72-76), это детализирование и угадывание соответственно. Детализированное восприятие характеризуется тем, что человек сначала отмечает множество отдельных деталей, а общая гипотеза об увиденном возникает только после предваряющего анализа. При употреблении способа угадывания человек

На сегодняшний день не существует единого мнения об успешности лиц с определенным профилем латеральной организации в математике. Во многом это расхождение связано с применением различных подходов к измерению межполушарной асимметрии и математических способностей

скими характеристиками психической деятельности, операциональным составом познавательных процессов, эмоционально-личностной сферой и другими психологическими характеристиками (Хомская и др., 2011). Однако за последнее десятилетие накопились сведения о том, что этот подход имеет ряд недостатков, а используемые методики оценки моторных и сенсорных асимметрий не всегда дают согласованные результаты (Николаева, Борисенкова, 2008; Ни-

мозгового обеспечения математических способностей, учета типологических особенностей межполушарных отношений при обучении математике и отборе математически одаренных учащихся. Как указывают В.А. Москвин и Н.В. Москвина, «применение знаний нейропсихологии индивидуальных различий и дифференциальной психофизиологии, основываясь на связи латеральных признаков с парциальным доминированием соответствующих зон мозга, дают возможность



Хохлов Никита Александрович –

клинический психолог, нейропсихолог, аспирант кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова.
E-mail: nkhhokhlov@psychmsu.ru



Ковязина Мария Станиславовна –

доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова.
E-mail: kms130766@mail.ru

Для цитирования: Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Латеральные признаки и их взаимодействие как фактор выраженности математических способностей в юношеском возрасте // Национальный психологический журнал. – 2016. – № 3(23). С. 98–114. doi: 10.11621/npj.2016.0313

For citation: Khokhlov N.A., Kovyazina M.S. (2016). Lateral signs and their interaction as a factor in the severity of mathematical abilities in adolescence. *National Psychological Journal, [Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal]*, 3, 98–114. doi: 10.11621/npj.2016.0313

ISSN 2079-6617 Print | 2309-9828 Online
© Lomonosov Moscow State University, 2016
© Russian Psychological Society, 2016

опирается на первоначальное общее впечатление. Выделяет одно или несколько локальных полей, в которых начинается отыскивание формы конкретного предмета. В одном и том же локальном поле человек может видеть разные образы, соревнование между которыми обуславливает вариативность возникающих перцептивных гипотез. Процесс создания образа мало осознается и недостаточно обосновывается логически. «Угадывание в общем обеспечивает большую быстроту восприятия, но не гарантирует от серьезных ошибок. Детализирование замедленно, но более надежно» (там же, С. 75). Мы также ранее отмечали, что, «чем ближе предъявляемая задача к актуализации пространственных представлений, тем больше вероятность того, что при ее решении ведущая роль будет принадлежать правому полушарию. Если же при решении задачи необходимо задействовать какой-либо формальный язык, то наибольшая активность будет характерна для левого полушария. Следует также понимать, что большинство геометрических задач можно решить алгебраическими средствами, не акцентируя внимание на пространственном смысле совершаемых действий. В реальной же учебной деятельности учащимся приходится сталкиваться как с пространственными, так и с символическими задачами. Кроме того, нельзя сбрасывать со счетов существование индивидуальных стратегий решения и их взаимодействие с материальной специфичностью задачи» (Хохлов, Ковязина, 2013, С. 35).

В психологии нет однозначного определения математических способностей. Исследователи выделяют разные аспекты математической деятельности, делают акцент на разные психологические характеристики, способствующие успехам в математике. В нашей работе мы опирались на определение В.А. Крутецкого, предложившего разделять готовность к деятельности и способности. «Полностью соглашаясь с тем, что для успешного осуществления деятельности совершенно необходимы определенные черты воли и характера, соответствующее отношение к деятельности (интересы, склонности) и т.д., мы вместе с тем пытаемся ограничить понятие собственно способностей в основном сенсорной,

умственной и моторной сферами... Весь же «ансамбль», синтез свойств личности, как значительно более широкое понятие, чем способности, мы предпочитаем на-

связанных с индивидуальными особенностями анализаторных систем, и следует ожидать выраженной связи с параметрами межполушарной асимметрии.

Правомерно говорить как минимум о двух типах математических способностей. Если первый тип обеспечивает деятельность по изучению математики, то второй представляет собой совокупность индивидуальных особенностей, необходимых для профессиональной математической деятельности. При этом изучать профессиональные математические способности куда сложнее, так как у профессиональных математиков практически невозможно отделить способности от других психологических характеристик, способствующих успеху в деятельности

зывать пригодностью или готовностью к деятельности» (Крутецкий, 1998, С. 83). Получается, что интерес к определенной деятельности не обязательно должен совпадать со способностями. А это значит, что по успешности деятельности далеко не всегда можно судить о способностях. Субъект может хотеть заниматься чем-либо, но не иметь соответствующего уровня развития сенсорной, умственной или моторной сферы или же, обладая требуемыми способностями, не иметь никакого желания заниматься соответствующей деятельностью.

Поскольку деятельность профессионального математика отличается от деятельности человека, изучающего математику, правомерно говорить как минимум о двух типах математических способностей. Если первый тип обеспечивает деятельность по изучению математики, то второй представляет собой совокупность индивидуальных особенностей, необходимых для профессиональной математической деятельности. При этом изучать профессиональные математические способности куда сложнее, так как у профессиональных математиков практически невозможно отделить способности от других психологических характеристик, способствующих успеху в деятельности. Учитывая эти обстоятельства, будет правильным сопоставить математические способности с латеральными признаками у людей, не занимающихся профессиональной математической деятельностью и не обучающихся по математическим специальностям. Мы понимаем, что в этом случае речь идет о первом типе математических способностей. Однако именно от таких математических способностей, как более

Предлагаемое исследование проводилось с привлечением здоровых людей, не занимающихся математической деятельностью профессионально. Рассматривались арифметические, алгебраические, геометрические способности и математические способности в целом. Для измерения межполушарной асимметрии использовались тесты и пробы, а при их сопоставлении с компонентами математических способностей учитывалось возможное взаимодействие латеральных признаков.

Испытуемые и методы

В исследовании было задействовано 92 здоровых человека, из них 17 юношей и 75 девушек в возрасте от 15 до 25 лет ($18,7 \pm 2,2$). 28 человек обучались в образовательных организациях среднего общего или профессионального образования. В г. Москва – ГБОУ СОШ №1106, ГБОУ СОШ №1352, ГБОУ СОШ №1909, ГБОУ ЦО Измайлово №1811, ГБОУ «Школа №319», ГБОУ «Школа №2128 «Энергия», ГБОУ лицей №1561, колледж ГМПИ им. М.М. Ипполитова-Иванова, Московский строительный колледж № 38. В г. Санкт-Петербурге – Колледж строительной индустрии и городского хозяйства, в г. Лобне – МБОУ СОШ №10). Все испытуемые на момент проведения исследования имели образование не ниже основного общего (9 классов). Одна испытуемая имела полное среднее образование и на момент исследования нигде не обучалась. 48 человек обучались в московских вузах на нематематических специальностях (МГУ имени М.В. Ломоносова, МПГУ, МЭИ, РГУНГ имени И.М. Губкина).

15 человек являлись выпускниками вузов (МГУ имени М.В. Ломоносова, МФПУ «Синергия») и имели высшее образование по нематематическим специальностям. Не все испытуемые выполняли все методики, поэтому далее при описании каждой методики мы указываем объем задействованной выборки (N).

Для исследования сенсорных и моторных асимметрий использовались следующие методики:

1. Самоотчет о мануальной асимметрии (П, Л, А). Здесь и далее сокращения «П», «Л» и «А» обозначают правостороннюю, левостороннюю асимметрию и билатеральность соответственно. N = 92.
2. Стандартизированная модификация опросника М. Аннетт для оценки функциональной мануальной асимметрии (Хохлов, Бутова, 2014). Модификация опросника состоит из 12 вопросов (первая часть русскоязычной адаптации исходного опросника). Процедура обработки результатов предполагает использование весовых коэффициентов для разных вариантов ответа: «только правой» (2), «чаще правой» (1), «любой рукой» (0), «чаще левой» (-1), «всегда левой» (-2). Процентильная стандартизация проведена на выборке из 232 респондентов и позволяет переводить сырые баллы в z-оценки. N = 61.
3. Проба «Переплетение пальцев рук» (П, Л). N = 64.
4. Проба «Попа Наполеона» (по локтю – П, Л). N = 64.
5. Проба «Аплодирование» (П, А, Л). N = 64.
6. Проба «Прицеливание», для уточнения использовалась проба «Прищуривание глаза» (П, А, Л). N = 64.
7. Проба Розенбаха (П, А, Л). N = 88.
8. Дихотическое прослушивание (Котик, 1974). Проводится в две серии. В первой серии правый наушник надевается на правое ухо, левый – на левое. Предъявляются 13 звуковых фрагментов по 4 слова на каждое ухо одновременно. После каждого фрагмента испытуемому необходимо ответить, какие слова были услышаны. Затем наушники меняются местами и опыт повторяется. Ранее нами (Хохлов, Ковязина, 2012, Khokhlov, Kovyazina, 2013) было обнаружено, что более чем в половине случаев во второй серии происходит смена ведущего уха

или стремление к билатеральности. Это соответствует результатам (Москвичюте, Голод, 1989), отмечавшим роль научения при повторном проведении дихотического прослушивания. В связи с этим мы по отдельности рассматривали характеристики слуховой асимметрии, измеренные в первой и во второй сериях дихотического прослушивания. Данные были получены по 44 испытуемым, однако из-за сбоя в работе программы проведения методики для 6 испытуемых информация сохранилась только по одной переменной. По результатам выполнения дихотического прослушивания оценивались следующие характеристики слуховой асимметрии:

- Коэффициент правого уха по обеим сериям – КПУ (общий) = $(\Sigma D - \Sigma S) / (\Sigma D + \Sigma S) \cdot 100\%$, где ΣD – общее число правильно воспроизведенных слов, предъявлявшихся на правое ухо, ΣS – соответственно на левое;
- Коэффициент правого уха в 1 серии – КПУ (1 серия) = $(\Sigma D - \Sigma S) / (\Sigma D + \Sigma S) \cdot 100\%$, где ΣD – число правильно воспроизведенных слов, предъявлявшихся на правое ухо в 1 серии, ΣS – соответственно на левое;
- Коэффициент правого уха во 2 серии – КПУ (2 серия) = $(\Sigma D - \Sigma S) / (\Sigma D + \Sigma S) \cdot 100\%$, где ΣD – число правильно воспроизведенных слов, предъявлявшихся на правое ухо во 2 серии, ΣS – соответственно на левое;
- Коэффициент продуктивности правого уха по обеим сериям – КПП-П (общий) = $C_{\text{пр}} / \text{окс}_{\text{пр}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{пр}}$ – общая сумма верно воспроизведенных слов с правого уха, $\text{окс}_{\text{пр}}$ – общее число эталонных слов с правого уха. $\text{окс}_{\text{пр}} = 104$ слова;
- Коэффициент продуктивности правого уха в 1 серии – КПП-П (1 серия) = $C_{\text{пр}} / \text{окс}_{\text{пр}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{пр}}$ – сумма верно воспроизведенных слов с правого уха в 1 серии, $\text{окс}_{\text{пр}}$ – число эталонных слов с правого уха в 1 серии. $\text{окс}_{\text{пр}} = 52$ слова;
- Коэффициент продуктивности правого уха во 2 серии – КПП-П (2 серия) = $C_{\text{пр}} / \text{окс}_{\text{пр}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{пр}}$ – сумма верно воспроизведенных

слов с правого уха во 2 серии, $\text{окс}_{\text{пр}}$ – число эталонных слов с правого уха во 2 серии. $\text{окс}_{\text{пр}} = 52$ слова;

- Коэффициент продуктивности левого уха по обеим сериям – КПП-Л (общий) = $C_{\text{лев}} / \text{окс}_{\text{лев}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{лев}}$ – общая сумма верно воспроизведенных слов с левого уха, $\text{окс}_{\text{лев}}$ – общее число эталонных слов с левого уха. $\text{окс}_{\text{лев}} = 104$ слова;
- Коэффициент продуктивности левого уха в 1 серии – КПП-Л (1 серия) = $C_{\text{лев}} / \text{окс}_{\text{лев}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{лев}}$ – сумма верно воспроизведенных слов с левого уха в 1 серии, $\text{окс}_{\text{лев}}$ – число эталонных слов с левого уха в 1 серии. $\text{окс}_{\text{лев}} = 52$ слова;
- Коэффициент продуктивности левого уха во 2 серии – КПП-Л (2 серия) = $C_{\text{лев}} / \text{окс}_{\text{лев}} \cdot 100\%$, где $C_{\text{лев}}$ – сумма верно воспроизведенных слов с левого уха во 2 серии, $\text{окс}_{\text{лев}}$ – число эталонных слов с левого уха во 2 серии. $\text{окс}_{\text{лев}} = 52$ слова.

Для диагностики математических способностей использовался тест на математические (арифметические, алгебраические, геометрические) способности «МААГС-2015» (Хохлов, 2015). Тест представляет собой психометрическую методику, предназначенную для диагностики уровня математических способностей у взрослых и подростков, имеющих образование не ниже основного общего (9 классов). Методика позволяет выявлять уровень развития компонентов математических способностей (арифметических, алгебраических и геометрических способностей), а также определять степень развития математических способностей в целом. В тест включена дополнительная шкала «Внимание», диагностирующая эффективность работы с информацией и текущую концентрацию на выполнении заданий. Данная шкала может использоваться как референт, позволяющий оценить специфичность выявляемых закономерностей в отношении математических способностей. Процентильная стандартизация проведена на выборке из 185 испытуемых и позволяет переводить сырые баллы в z-оценки. Тестирование проводилось с помощью Интернет-версии методики на базе плат-

Таблица 1. Описательные статистики измеренных переменных

№ п/п	Переменная	Тип переменной	Описательные статистики	N
1	Самоотчет	категориальная	П – 89,1%; А – 4,3%; Л – 6,5%	92
2	Опросник М. Аннетт (модификация)	Метрическая (стандартизация)	15,6±10,9 (-0,2682±0,8424)	61
3	Переплетение пальцев	категориальная	П – 40,6%; Л – 59,4%	64
4	Поза Наполеона	категориальная	П – 42,2%; Л – 57,8%	64
5	Аплодирование	категориальная	П – 60,9%; А – 12,5%; Л – 26,6%	64
6	Прицеливание	категориальная	П – 40,6%; А – 10,9%; Л – 48,4%	64
7	Проба Розенбаха	категориальная	П – 51,1%; А – 29,5%; Л – 19,3%	88
8	КПУ (общий)	метрическая	2,5±18,9	44
9	КПУ (1 серия)	метрическая	4,5±30,8	38
10	КПУ (2 серия)	метрическая	0,4±20,4	38
11	КПР-П (общий)	метрическая	49,8±17,9	38
12	КПР-П (1 серия)	метрическая	50,3±20,9	38
13	КПР-П (2 серия)	метрическая	49,4±17,3	38
14	КПР-Л (общий)	метрическая	46,6±17	38
15	КПР-Л (1 серия)	метрическая	45,1±18,8	38
16	КПР-Л (2 серия)	метрическая	48±18,4	38
17	Шкала «Арифметика» теста МААГС-2015	Метрическая (стандартизация)	4,2±1,8 (0,0868±0,9299)	92
18	Шкала «Алгебра» теста МААГС-2015	Метрическая (стандартизация)	5,5±2,3 -0,0088±0,8547	92
19	Шкала «Геометрия» теста МААГС-2015	Метрическая (стандартизация)	3,8±1,8 -0,0327±0,9480	92
20	Шкала «Математика» теста МААГС-2015	Метрическая (стандартизация)	13,5±4,7 0,0201±0,8710	92
21	Шкала «Внимание» теста МААГС-2015	Метрическая (стандартизация)	9,1±1,4 (-0,0386±0,8226)	92

Table 1. Descriptive statistics of measured variables

#	Variable	Type of Variable	Descriptive Statistics	N
1	Self-Report	categorical	Right – 89.1%; Ambidextrous – 4.3%; Left – 6.5%	92
2	M.Annette Questionnaire (modification)	Metric (standardization)	15.6±10.9 (-0.2682±0.8424)	61
3	Interlocking fingers	categorical	Right – 40.6%; Left – 59.4%	64
4	Napoleon's Pose	categorical	Right – 42.2%; Left – 57.8%	64
5	Applause	categorical	Right – 60.9%; Ambidextrous – 12.5%; Left – 26.6%	64
6	Aiming	categorical	Right – 40.6%; Ambidextrous – 10.9%; Left – 48.4%	64
7	Rosenbach's Test	categorical	Right – 51.1%; Ambidextrous – 29.5%; Left – 19.3%	88
8	REC (total)	metric	2.5±18.9	44

#	Variable	Type of Variable	Descriptive Statistics	N
9	REC (1st series)	metric	4.5±30.8	38
10	REC (2nd series)	metric	0.4±20.4	38
11	EC-R (total)	metric	49.8±17.9	38
12	EC-R (1st series)	metric	50.3±20.9	38
13	EC-R (2nd series)	metric	49.4±17.3	38
14	EC-L (total)	metric	46.6±17	38
15	EC-L (1st series)	metric	45.1±18.8	38
16	EC-L (2nd series)	metric	48±18.4	38
17	Arithmetic Scale MAAGS-2015 Test	Metric (standardization)	4.2±1.8 (0.0868±0.9299)	92
18	Algebra Scale MAAGS-2015 Test	Metric (standardization)	5.5±2.3 -0.0088±0.8547	92
19	Geometry Scale MAAGS-2015 Test	Metric (standardization)	3.8±1.8 -0.0327±0.9480	92
20	Mathematics Scale MAAGS-2015 Test	Metric (standardization)	13.5±4.7 0.0201±0.8710	92
21	Attention Scale MAAGS-2015 Test	Metric (standardization)	9.1±1.4 (-0.0386±0.8226)	92

формы «Мастер-тесты» интегрированной системы Интернет-сервисов «НТ-Line», предоставленной Инновационным центром «Гуманитарные технологии» (ООО).

Математико-статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы RStudio 0.99.892 (использовались пакеты RVAideMemoire, psych).

Результаты

Описательные статистики для полученных данных приведены ниже (табл. 1).

Сначала мы сопоставили шкалы теста МААГС-2015 с отдельными латеральными признаками (табл. 1, №№ 1–7) с помощью регрессионных моделей с категориальными предикторами. Арифметические способности не связаны ни с одной из 7 переменных. Алгебраические способности на уровне тенденции связаны с результатами выполнения пробы «Поза Наполеона» (табл. 2).

Здесь и далее в таблицах в первой строке указано значение зависимой переменной при базовом уровне независимой переменной (intercept). В качест-

ве базового уровня произвольно берется определенный вариант латерализации. В последующих строках показано изменение зависимой переменной при переходе независимой переменной на другой уровень. У леворуких по пробе «Поза Наполеона» среднее стандартизованное значение алгебраических способностей составляет -0,0378. У праворуких оно повышается на 0,3607 и составляет 0,3229. Если среднее значение у леворуких значимо не отличается от среднего значения по всей выборке ($p = 0,784$), то прирост у праворуких по сравнению с леворукими является значимым на уровне тенденции ($p = 0,0931$). На основе значения множественного коэффициента детерминации можно сделать вывод о том, что данная модель объясняет около 4,5% дисперсии. Значимость модели на уровне тенденции ($p = 0,0931$).

Алгебраические способности на уровне тенденции связаны с результатами выполнения пробы Розенбаха (табл. 3).

В данной модели базовым уровнем независимой переменной является билатеральность по пробе Розенбаха. Среднее стандартизованное значение алгебраических способностей у амбидекстров составляет 0,1329. У леворуких оно снижается на -0,5136 и составляет -0,3807. Снижение является значимым на уровне тенденции ($p = 0,058$). Модель объясняет около 4,6% дисперсии, однако значимость модели является недостаточной ($p = 0,138$).

Геометрические способности на уровне тенденции связаны с результатами выполнения пробы Розенбаха (табл. 4).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха. Сред-

Таблица 2. Связь алгебраических способностей с результатами выполнения пробы «Поза Наполеона»

Поза Наполеона	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Л	-0,0378	0,1374	-0,275	0,784
П	0,3607	0,2115	1,705	0,0931

Множественный R^2 : 0,0448, скорректированный R^2 : 0,0294, $F(1, 62) = 2,909$, $p = 0,0931$

Table 2. Correlation of algebraic abilities to the Napoleon's Pose test results

Napoleon's Pose	Value	Standard Error	t	p
Left	-0.0378	0.1374	-0.275	0.784
Right	0.3607	0.2115	1.705	0.0931

Multiple R^2 : 0.0448. adjusted R^2 : 0.0294. $F(1, 62) = 2.909$. $p = 0.0931$

Таблица 3. Связь алгебраических способностей с результатами выполнения пробы Розенбаха

Проба Розенбаха	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
А	0,1329	0,168	0,791	0,431
Л	-0,5136	0,2672	-1,922	0,058
П	-0,0934	0,2111	-0,442	0,659

Множественный R^2 : 0,0455, скорректированный R^2 : 0,0231, $F(2, 85) = 2,027$, $p = 0,138$

Table 3. Correlation of algebraic abilities to the Rosenbach's Test results

Rosenbach's Test	Value	Standard Error	t	p
Ambidextrous	0.1329	0.168	0.791	0.431
Left	-0.5136	0.2672	-1.922	0.058
Right	-0.0934	0.2111	-0.442	0.659

Multiple R^2 : 0.0455. adjusted R^2 : 0.0231. $F(2, 85) = 2.027$. $p = 0.138$

Для цитирования: Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Латеральные признаки и их взаимодействие как фактор выраженности математических способностей в юношеском возрасте // Национальный психологический журнал. – 2016. – № 3(23). С. 98–114. doi: 10.11621/npsj.2016.0313

For citation: Khokhlov N.A., Kovyazina M.S. (2016). Lateral signs and their interaction as a factor in the severity of mathematical abilities in adolescence. National Psychological Journal, [Natsional'nyy psikhologicheskii zhurnal], 3, 98–114. doi: 10.11621/npsj.2016.0313

ISSN 2079-6617 Print | 2309-9828 Online
© Lomonosov Moscow State University, 2016
© Russian Psychological Society, 2016

нее стандартизированное значение геометрических способностей у амбидекстров составляет -0,194. У правоглазых оно возрастает на 0,39 и составляет 0,196. Данный прирост является значимым на уровне тенденции ($p = 0,0905$). Модель объясняет 6% дисперсии, значимость модели на уровне тенденции ($p = 0,0723$).

Суммарная шкала «Математика» не связана ни с одной из 7 переменных.

Шкала «Внимание» связана с результатами выполнения пробы Розенбаха (табл. 5).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха. У амбидекстров среднее стандартизированное значение по шкале «Внимание» составляет 0,2017. У левоглазых оно снижается на -0,6225 и составляет -0,4208. Это снижение является статистически значимым ($p = 0,0149$). Модель объясняет около 6,9% дисперсии и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0487$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что отдельные латеральные признаки зрительной и мануальной асимметрий позволяют предсказать не более 5% дисперсии компонентов математических способностей и не более 7% дисперсии по шкале «Внимание». Наиболее значимым предиктором является зрительная асимметрия по пробе Розенбаха, причем, алгебраические способности лучше развиты у лиц без ведущего глаза, а геометрические – при доминировании правого глаза.

Затем шкалы теста МААГС-2015 были сопоставлены с показателями дихотического прослушивания (табл. 1, №№ 8–16 в) с помощью анализа корреляций. Арифметические способности не связаны ни с одной из 9 переменных. Алгебраические способности связаны с общим КПУ ($r = 0,3$, $p = 0,0478$), КПУ по 1 серии дихотического прослушивания ($r = 0,33$, $p = 0,0413$), общим КПП-П ($r = 0,35$, $p = 0,0313$), КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания ($r = 0,35$, $p = 0,03$) и на уровне тенденции с КПП-П по 2 серии дихотического прослушивания ($r = 0,3$, $p = 0,07$). Геометрические способности связаны с КПУ по 2 серии дихотического прослушивания: $r = 0,32$, $p = 0,049$. Суммарная шкала «Математика» связана с общим КПП-П ($r = 0,33$, $p = 0,0422$) и КПП-П по 1 серии ди-

Таблица 4. Связь геометрических способностей с результатами выполнения пробы Розенбаха

Проба Розенбаха	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
А	-0,194	0,1813	-1,07	0,2877
Л	-0,1468	0,2884	-0,509	0,612
П	0,39	0,2278	1,712	0,0905

Множественный R^2 : 0,06, скорректированный R^2 : 0,0378, $F(2, 85) = 2,711$, $p = 0,0723$

Table 4. Correlation of geometric abilities to the Rosenbach's Test results

Rosenbach's Test	Value	Standard Error	t	p
Ambidextrous	-0.194	0.1813	-1.07	0.2877
Left	-0.1468	0.2884	-0.509	0.612
Right	0.39	0.2278	1.712	0.0905

Multiple R^2 : 0.06. adjusted R^2 : 0.0378. $F(2, 85) = 2.711$. $p = 0.0723$

Таблица 5. Связь внимания с результатами выполнения пробы Розенбаха

Проба Розенбаха	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
А	0,2017	0,1575	1,281	0,2038
Л	-0,6225	0,2505	-2,485	0,0149
П	-0,2975	0,1979	-1,503	0,1364

Множественный R^2 : 0,0686, скорректированный R^2 : 0,0467, $F(2, 85) = 3,132$, $p = 0,0487$

Table 5. Correlation of attention performance to the Rosenbach's Test results

Rosenbach's Test	Value	Standard Error	t	p
Ambidextrous	0.2017	0.1575	1.281	0.2038
Left	-0.6225	0.2505	-2.485	0.0149
Right	-0.2975	0.1979	-1.503	0.1364

Multiple R^2 : 0.0686. adjusted R^2 : 0.0467. $F(2, 85) = 3.132$. $p = 0.0487$

хотического прослушивания ($r = 0,33$, $p = 0,0423$). Также на уровне тенденции имеется связь с общим КПУ ($r = 0,26$, $p = 0,09$) и КПП-П по 2 серии дихотического прослушивания ($r = 0,29$, $p = 0,082$). Шкала «Внимание» с показателями дихотического прослушивания не связана.

Таким образом, правосторонние латеральные признаки в слуховой сфере выступают положительными предикторами алгебраических и геометрических способностей, а также математических

способностей в целом. Отдельные показатели дихотического прослушивания объясняют около 10% дисперсии математических способностей.

Особый интерес представляют регрессионные модели с несколькими предикторами и учетом их взаимодействия. Для начала в качестве предикторов были задействованы переменные, которые, как показал предшествующий анализ, связаны с результатами выполнения теста МААГС-2015 по отдельности.

Таблица 6. Связь результатов выполнения пробы «Поза Наполеона» и КПУ по 1 серии дихотического прослушивания (с учетом взаимодействия) с алгебраическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
«Поза Наполеона» – Л КПУ (1 серия) = 0	-0,0851	0,1725	-0,493	0,625
«Поза Наполеона» – П КПУ (1 серия)	0,4527	0,2615	1,731	0,0925
КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания	0,0103	0,0043	2,424	0,0208

Множественный R^2 : 0,21, скорректированный R^2 : 0,1636, $F(2, 34) = 4,52$, $p = 0,0182$

Table 6. Correlation of the Napoleon's Pose Test results and the REC 1st series of dichotic listening (including interactions) with algebraic skills

Lateral Signs	Value	Standard Error	t	p
Napoleon's Pose – Left REC (1st series) = 0	-0.0851	0.1725	-0.493	0.625
Napoleon's Pose – Right REC (1st series)	0.4527	0.2615	1.731	0.0925
REC (1st series)	0.0103	0.0043	2.424	0.0208

Multiple R^2 : 0.21. adjusted R^2 : 0.1636. $F(2, 34) = 4.52$. $p = 0.0182$

Таблица 7. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха, пробы «Попа Наполеона» и общего КТР-П (с учетом взаимодействия) с алгебраическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А Попа Наполеона – Л КТР-П (общий) = 0	0,6172	0,6881	0,897	0,3769
Проба Розенбаха – Л	-2,3828	1,4343	-1,661	0,1071
Проба Розенбаха – П	-2,139	0,83	-2,577	0,0151
Попа Наполеона – П	0,5103	0,2572	1,984	0,0564
КТР-П (общий)	-0,0077	0,0124	-0,626	0,5362
КТР-П (общий) Проба Розенбаха – Л	0,0383	0,0292	1,312	0,1994
КТР-П (общий) Проба Розенбаха – П	0,0353	0,0153	2,312	0,0278
Множественный R ² : 0,3704, скорректированный R ² : 0,2445, F (6, 30) = 2,942, p = 0,0223				

Table 7. Correlation of the Napoleon's Pose Test results and the EC-R (total) (including interactions) with algebraic skills

Lateral Signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous Napoleon's Pose – Left EC-R (total) = 0	0.6172	0.6881	0.897	0.3769
Rosenbach's Test – Left	-2.3828	1.4343	-1.661	0.1071
Rosenbach's Test – Right	-2.139	0.83	-2.577	0.0151
Napoleon's Pose – Right	0.5103	0.2572	1.984	0.0564
EC-R (total)	-0.0077	0.0124	-0.626	0.5362
EC-R (total) Rosenbach's Test – Left	0.0383	0.0292	1.312	0.1994
EC-R (total) Rosenbach's Test – Right	0.0353	0.0153	2.312	0.0278
Multiple R ² : 0.3704. adjusted R ² : 0.2445. F (6, 30) = 2.942. p = 0.0223				

В первую модель для предсказания алгебраических способностей были включены результаты выполнения пробы Розенбаха, пробы «Попа Наполеона», КПУ по 1 серии дихотического прослушивания и их взаимодействие. Здесь и далее число предикторов сокращалось с помощью метода пошагового отбора в обратном на-

правлении (backward), что позволило оставить в итоговых моделях наиболее значимые из них. Мы не стали включать в модель одновременно с КПУ по 1 серии общий КПУ и КПУ по 2 серии из-за коллинеарности между предикторами. По этой же причине в первой модели не использовались показатели КТР-П (корреляция

между общими КПУ и КТР-П составляет 0,544, p = 0,001). Альтернативные модели с включением в модель вместо КПУ по 1 серии общего КПУ и КПУ по 2 серии оказались менее прогностичными. Итоговая модель представлена ниже (табл. 6).

Базовым уровнем в данной модели является леворукость по пробе «Попа Наполеона» при нулевом значении КПУ по 1 серии дихотического прослушивания. Увеличение КПУ по 1 серии у леворуких по пробе «Попа Наполеона» на 1 приводит к увеличению стандартизированного значения алгебраических способностей на 0,0103 (p = 0,0208). У праворуких по пробе «Попа Наполеона» среднее стандартизированное значение алгебраических способностей возрастает на 0,4527 по сравнению с леворукими и составляет 0,3676. Данное увеличение проявляется на уровне тенденции (p = 0,0925). При этом, у праворуких по пробе «Попа Наполеона» КПУ по 1 серии дихотического прослушивания значимо не связан с алгебраическими способностями. Модель объясняет около 21% дисперсии (реально несколько меньше, т.к. скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,1636, однако его нельзя интерпретировать как долю вариации объясняемой переменной, обусловленную вариацией факторов, включенных в модель) и обладает достаточным уровнем значимости (p = 0,0182).

Во вторую модель для предсказания алгебраических способностей были включены результаты выполнения пробы Розенбаха, пробы «Попа Наполеона», общий КТР-П и их взаимодействие. Альтернативные модели с включением в модель вместо общего КТР-П аналогичных показателей по 1 и 2 серии дихотического прослушивания оказались менее прогностичными. Итоговая модель представлена ниже (табл. 7).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха, леворукость по пробе «Попа Наполеона» при нулевом значении общего КТР-П. У леворуких по пробе «Попа Наполеона» зрительное правшество выступает негативным предиктором, понижая стандартизированное значение алгебраических способностей на -2,139 на статистически значимом уровне (p = 0,0151). У лиц с отсутствием зрительной асимметрии по

Таблица 8. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха и общего КПУ (с учетом взаимодействия) с геометрическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А КПУ (общий) = 0	0,0765	0,2575	0,297	0,7681
Проба Розенбаха – Л	-0,3836	0,4149	-0,924	0,3611
Проба Розенбаха – П	0,0556	0,3081	0,18	0,8577
КПУ (общий)	-0,0782	0,0259	-3,021	0,0045
КПУ (общий) Проба Розенбаха – Л	0,0838	0,0331	2,537	0,0154
КПУ (общий) Проба Розенбаха – П	0,0964	0,027	3,579	0,001
Множественный R ² : 0,3153, скорректированный R ² : 0,2252, F (5, 38) = 3,5, p = 0,0106				

Table 8. Correlation of the Rosenbach's Test results and the REC (total) (including interactions) with geometric skills

Lateral Signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous REC (total) = 0	0.0765	0.2575	0.297	0.7681
Rosenbach's Test – Left	-0.3836	0.4149	-0.924	0.3611
Rosenbach's Test – Right	0.0556	0.3081	0.18	0.8577
REC (total)	-0.0782	0.0259	-3.021	0.0045
REC (total) Rosenbach's Test – Left	0.0838	0.0331	2.537	0.0154
REC (total) Rosenbach's Test – Right	0.0964	0.027	3.579	0.001
Multiple R ² : 0.3153. adjusted R ² : 0.2252. F (5, 38) = 3.5. p = 0.0106				

Для цитирования: Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Латеральные признаки и их взаимодействие как фактор выраженности математических способностей в юношеском возрасте // Национальный психологический журнал. – 2016. – № 3(23). С. 98–114. doi: 10.11621/npj.2016.0313

For citation: Khokhlov N.A., Kovязина M.S. (2016). Lateral signs and their interaction as a factor in the severity of mathematical abilities in adolescence. *National Psychological Journal, [Natsional'nyy psikhologicheskij zhurnal]*, 3, 98–114. doi: 10.11621/npj.2016.0313

ISSN 2079-6617 Print | 2309-9828 Online
© Lomonosov Moscow State University, 2016
© Russian Psychological Society, 2016

пробе Розенбаха праворукость по пробе «По́за Наполеона» на уровне тенденции ($p = 0,0564$) является положительным предиктором, повышая стандартизованное значение алгебраических способностей на 0,5103. Значимая связь общего КПП-П с алгебраическими способностями проявляется только у правоглазых. Увеличение общего КПП-П на 1 приводит к увеличению стандартизованного значения алгебраических способностей на 0,0353 ($p = 0,0278$). Модель объясняет примерно 37% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,2445) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0223$).

В модель для предсказания геометрических способностей были включены результаты выполнения пробы Розенбаха, общий КПУ и их взаимодействие. Хотя с геометрическими способностями значимо коррелировал КПУ по 2 серии дихотического прослушивания, а общий КПУ не коррелировал, альтернативные модели с включением в качестве предикторов КПУ по 1 или по 2 серии дихотического прослушивания имели меньшие прогностические возможности. Итоговая модель представлена ниже (табл. 8).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха при нулевом значении общего КПУ. Связь общего КПУ с геометрическими способностями по-разному проявляется у левоглазых, правоглазых и лиц с отсутствием ведущего глаза по пробе Розенбаха. Если у лиц с отсутствием зрительной асимметрии увеличение общего КПУ на 1 приводит к уменьшению стандартизованного значения геометрических способностей на 0,0782 ($p = 0,0045$), то у левоглазых и правоглазых – к увеличению на 0,0838 ($p = 0,0154$) и 0,0964 ($p = 0,001$) соответственно. Модель объясняет примерно 31,5% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,2252) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0106$).

В первую модель для предсказания суммарной шкалы «Математика» были включены результаты выполнения пробы Розенбаха, пробы «По́за Наполеона», общий КПУ и их взаимодействие. Заметим, что по отдельности результаты пробы Розенбаха и пробы «По́за Наполеона» не были значимыми предикторами ма-

Таблица 9. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха, пробы «По́за Наполеона» и общего КПУ (с учетом взаимодействия) с математическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А По́за Наполеона – Л КПУ (общий) = 0	0,2525	0,2627	0,961	0,3429
Проба Розенбаха – Л	-0,6999	0,3681	-1,901	0,0653
Проба Розенбаха – П	-0,3219	0,2772	-1,161	0,2531
По́за Наполеона – П	0,5209	0,2355	2,212	0,0334
КПУ (общий)	-0,0358	0,0229	-1,566	0,126
КПУ (общий) Проба Розенбаха – Л	0,0337	0,0298	1,132	0,2653
КПУ (общий) Проба Розенбаха – П	0,0524	0,0238	2,204	0,034
Множественный R ² : 0,3367, скорректированный R ² : 0,2262, F (3, 36) = 3,046, p = 0,0163				

Table 9. Correlation of the Rosenbach's Test/ Napoleon's Pose Test results and the REC (total) (including interactions) with mathematical skills

Lateral Signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous Napoleon's Pose – Left REC (total) = 0	0.2525	0.2627	0.961	0.3429
Rosenbach's Test – Left	-0.6999	0.3681	-1.901	0.0653
Rosenbach's Test – Right	-0.3219	0.2772	-1.161	0.2531
Napoleon's Pose – Right	0.5209	0.2355	2.212	0.0334
REC (total)	-0.0358	0.0229	-1.566	0.126
REC (total) Rosenbach's Test – Left	0.0337	0.0298	1.132	0.2653
REC (total) Rosenbach's Test – Right	0.0524	0.0238	2.204	0.034
Multiple R ² : 0.3367, adjusted R ² : 0.2262, F (3, 36) = 3.046, p = 0.0163				

тематических способностей. Итоговая модель представлена ниже (табл. 9).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха, леворукость по пробе «По́за Наполеона» при нулевом значении общего КПУ. У леворуких по пробе «По́за Наполеона» левоглазость по пробе Розенбаха на уровне тенденции ($p = 0,0653$) приводит к снижению стандартизованного значения математических способностей на 0,6999. У лиц без ведущего глаза праворукость по пробе «По́за Наполеона» повышает стандартизованное значение математических способностей на 0,5209 ($p = 0,0334$). Значимая связь общего КПУ с математическими способностями проявляется только у правоглазых. Увеличение общего КПУ на 1 приводит к увеличению стандартизованного значения математических способностей на 0,0524 ($p = 0,034$). Модель объясняет около 33,7% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,2262) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0163$).

Во вторую модель для предсказания суммарной шкалы «Математика» были включены результаты выполнения пробы Розенбаха, пробы «По́за Наполеона»,

КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания и их взаимодействие. Альтернативные модели с включением в модель вместо КПП-П по 1 серии общего КПП-П или КПП-П по 2 серии дихотического прослушивания оказались менее прогностичными. Итоговая модель представлена ниже (табл. 10).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха, леворукость по пробе «По́за Наполеона» при нулевом значении КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания. У леворуких по пробе «По́за Наполеона» зрительное правшество по пробе Розенбаха снижает стандартизованное значение математических способностей на 1,5 ($p = 0,0376$). У лиц с отсутствием зрительной асимметрии по пробе Розенбаха праворукость по пробе «По́за Наполеона» повышает стандартизованное значение математических способностей на 0,6889 ($p = 0,0078$). Значимая связь КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания с математическими способностями проявляется только у правоглазых. Увеличение данного показателя на 1 увеличивает стандартизованное значение математических способностей на 0,0274 ($p = 0,034$). Модель объясняет око-

Таблица 10. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха, пробы «Поза Наполеона» и КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания (с учетом взаимодействия) с математическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А Поза Наполеона – Л КПР-П (1 серия) = 0	0,202	0,5821	0,347	0,731
Проба Розенбаха – Л	-0,3051	1,1133	-0,274	0,7859
Проба Розенбаха – П	-1,5	0,6897	-2,175	0,0376
Поза Наполеона – П	0,6889	0,2417	2,85	0,0078
КПР-П (1 серия)	-0,0028	0,01	-0,274	0,786
КПР-П (1 серия) Проба Розенбаха – Л	-0,006	0,0215	-0,28	0,7817
КПР-П (1 серия) Проба Розенбаха – П	0,0274	0,0123	2,222	0,034
Множественный R ² : 0,4066, скорректированный R ² : 0,2879, F (6, 30) = 3,426, p = 0,0107				

Table 10. Correlation of the Rosenbach's Test/ Napoleon's Pose Test results and the EC-R 1st series of dichotic listening (including interactions) with mathematical skills

Lateral signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous Napoleon's Pose – Left EC-R (1st series) = 0	0.202	0.5821	0.347	0.731
Rosenbach's Test – Left	-0.3051	1.1133	-0.274	0.7859
Rosenbach's Test – Right	-1.5	0.6897	-2.175	0.0376
Napoleon's Pose – Right	0.6889	0.2417	2.85	0.0078
EC-R (1st series)	-0.0028	0.01	-0.274	0.786
EC-R (1st series) Rosenbach's Test – Left	-0.006	0.0215	-0.28	0.7817
EC-R (1st series) Rosenbach's Test – Right	0.0274	0.0123	2.222	0.034
Multiple R ² : 0.4066. adjusted R ² : 0.2879. F (6, 30) = 3.426. p = 0.0107				

Таблица 11. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха, пробы «Поза Наполеона» и КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания (с учетом взаимодействия) с арифметическими способностями

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А Поза Наполеона – Л КПР-П (1 серия) = 0	-0,7077	0,4649	-1,522	0,1385
Проба Розенбаха – Л	0,1608	0,5101	0,315	0,7548
Проба Розенбаха – П	-0,0588	0,3968	-0,148	0,8833
Поза Наполеона – П	0,962	0,4734	2,032	0,0511
КПР-П (1 серия)	0,0132	0,0064	2,071	0,0471
Проба Розенбаха – Л Поза Наполеона – П	-1,9069	0,769	-2,48	0,019
Проба Розенбаха – П Поза Наполеона – П	-0,2865	0,6006	-0,477	0,6368
Множественный R ² : 0,3476, скорректированный R ² : 0,2171, F (6, 30) = 2,664, p = 0,0342				

Table 11. Correlation of the Rosenbach's Test/ Napoleon's Pose test results and the EC-R 1st series of dichotic listening (including interactions) with arithmetical skills

Lateral signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous Napoleon's Pose – Left EC-R (1st series) = 0	-0.7077	0.4649	-1.522	0.1385
Rosenbach's Test – Left	0.1608	0.5101	0.315	0.7548
Rosenbach's Test – Right	-0.0588	0.3968	-0.148	0.8833
Napoleon's Pose – Right	0.962	0.4734	2.032	0.0511
EC-R (1st series)	0.0132	0.0064	2.071	0.0471
Rosenbach's Test – Left Napoleon's Pose – Right	-1.9069	0.769	-2.48	0.019
Rosenbach's Test – Right Napoleon's Pose – Right	-0.2865	0.6006	-0.477	0.6368
Multiple R ² : 0.4066. adjusted R ² : 0.2879. F (6, 30) = 3.426. p = 0.0107				

ло 40,7% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,2879) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0107$).

Хотя арифметические способности не были связаны с показателями дихотического прослушивания, нам также удалось построить предсказывающую их модель, включающую в себя результаты выполнения пробы Розенбаха, пробы «Поза Наполеона», КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания и их взаимодействие (табл. 11).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха, леворукость по пробе «Поза Наполеона» при нулевом значении КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания. У лиц с отсутствием ведущего глаза по пробе Розенбаха праворукость по пробе «Поза Наполеона» на уровне тенденции ($p = 0,0511$) приводит к увеличению стандартизированного значения арифметических способностей на 0,962. Значимая связь КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания с арифметическими способностями проявляется только на базовом уровне двух других переменных. У лиц с отсутствием зрительной асимметрии по пробе Розенбаха, одновременно являющихся леворукими по пробе «Поза Наполеона», увеличение КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания на 1 приводит к увеличению стандартизированного значения арифметических способностей на 0,0132 ($p = 0,0471$). Одновременное наличие ведущего левого глаза и праворукости по пробе «Поза Наполеона» приводит к уменьшению стандартизированного значения арифметических способностей на 1,9069 ($p = 0,019$). Модель объясняет примерно 34,8% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,2171) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,0342$).

Хотя шкала «Внимание» не была связана с показателями дихотического прослушивания, мы смогли построить модель, включающую в качестве предикторов результаты выполнения пробы Розенбаха, КПР-П по 1 серии дихотического прослушивания и их взаимодействие (табл. 12).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха при нулевом значении КПР-П по 1 серии дихоти-

ческого прослушивания. Ведущий левый глаз снижает стандартизированное значение внимания на 3,0364 на статистически значимом уровне ($p = 0,0088$), а правый – на 1,1686 на уровне тенденции ($p = 0,0987$). Значимая связь КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания с вниманием отмечается только у левоглазых. Увеличение на 1 КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания приводит к увеличению стандартизированного значения внимания на 0,0517 ($p = 0,0191$). Модель объясняет примерно 21,4% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,0911), однако значимость модели является недостаточной ($p = 0,1534$).

Не было найдено значимых корреляций между результатами выполнения модификации опросника М. Аннетт и шкалами теста МААГС-2015. Однако удалось построить модель для предсказания результатов по шкале «Внимание», в которую в качестве предикторов вошли результаты выполнения пробы Розенбаха, модификации опросника М. Аннетт и их взаимодействие (табл. 13).

Базовым уровнем является билатеральность по пробе Розенбаха при нулевом стандартизированном значении модификации опросника М. Аннетт. Левоглазость по пробе Розенбаха уменьшает стандартизированное значение внимания на 0,5869 ($p = 0,0454$). Значимая связь мануальной асимметрии по модификации опросника М. Аннетт с результатами по шкале «Внимание» проявляется только у правоглазых. Увеличение стандартизированного значения модификации опросника М. Аннетт на 1 приводит к увеличению стандартизированного значения по шкале «Внимание» на 0,7422 ($p = 0,0043$). Модель объясняет около 23,5% дисперсии (скорректированный коэффициент детерминации составляет 0,1651) и обладает достаточным уровнем значимости ($p = 0,001$).

Также мы проверили, влияет ли совпадение показателей латерализации разных анализаторов на математические способности. Наши недавние исследования, проведенные с Н.В. Морозовой (Kovyazina, Khokhlov, Morozova, 2015; Ковязина, Хохлов, Морозова, 2016), показали, что перекрестная латерализация мануальной и слуховой сфер негативным

Таблица 12. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха и КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания (с учетом взаимодействия) с вниманием

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А КПП-П (1 серия) = 0	1,0676	0,571	1,87	0,0707
Проба Розенбаха – Л	-3,0364	1,0888	-2,789	0,0088
Проба Розенбаха – П	-1,1686	0,6871	-1,701	0,0987
КПП-П (1 серия)	-0,0142	0,01	-1,409	0,1685
КПП-П (1 серия) Проба Розенбаха – Л	0,0517	0,021	2,468	0,0191
КПП-П (1 серия) Проба Розенбаха – П	0,0194	0,0123	1,581	0,1238
Множественный R ² : 0,214, скорректированный R ² : 0,0911, F (5, 32) = 1,742, p = 0,1534				

Table 12. Correlation of the Rosenbach's Test test results and the EC-R 1st series of dichotic listening (including interactions) with attention skills

Lateral signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous EC-R (1st series) = 0	1.0676	0.571	1.87	0.0707
Rosenbach's Test – Left	-3.0364	1.0888	-2.789	0.0088
Rosenbach's Test – Right	-1.1686	0.6871	-1.701	0.0987
EC-R (1st series)	-0.0142	0.01	-1.409	0.1685
EC-R (1st series) Rosenbach's Test – Left	0.0517	0.021	2.468	0.0191
EC-R (1st series) Rosenbach's Test – Right	0.0194	0.0123	1.581	0.1238
Multiple R ² : 0.214. adjusted R ² : 0.0911. F (5. 32) = 1.742. p = 0.1534				

Таблица 13. Связь результатов выполнения пробы Розенбаха и стандартизированных результатов модификации опросника М. Аннетт (с учетом взаимодействия) с вниманием

Латеральные признаки	Оценка	Стандартная ошибка	t	p
Проба Розенбаха – А Опросник М. Аннетт = 0	0,2833	0,196	1,446	0,1539
Проба Розенбаха – Л	-0,5869	0,2867	-2,047	0,0454
Проба Розенбаха – П	-0,0572	0,235	-0,243	0,8087
Опросник М. Аннетт	-0,2599	0,1935	-1,343	0,1848
Опросник М. Аннетт Проба Розенбаха – Л	0,0594	0,314	0,189	0,8506
Опросник М. Аннетт Проба Розенбаха – П	0,7422	0,2489	2,982	0,0043
Множественный R ² : 0,2346, скорректированный R ² : 0,1651, F (5, 55) = 3,372, p = 0,001				

Table 13. Correlation of the Rosenbach's Test results and M.Annette Questionnaire modification (including interactions) with attention skills

Lateral signs	Value	Standard Error	t	p
Rosenbach's Test – Ambidextrous M.Annette Questionnaire = 0	0.2833	0.196	1.446	0.1539
Rosenbach's Test – Left	-0.5869	0.2867	-2.047	0.0454
Rosenbach's Test – Right	-0.0572	0.235	-0.243	0.8087
M.Annette Questionnaire	-0.2599	0.1935	-1.343	0.1848
M.Annette Questionnaire Rosenbach's Test – Left	0.0594	0.314	0.189	0.8506
M.Annette Questionnaire Rosenbach's Test – Right	0.7422	0.2489	2.982	0.0043
Multiple R ² : 0.2346. adjusted R ² : 0.1651. F (5. 55) = 3.372. p = 0.001				

образом сказывается на продуктивности слухоречевого восприятия. Некоторые авторы считают несовпадение асимметрий отклонением от нормы, свидетельствующем о задержке формирования процесса латерализации. «При четкой латерализации выявляется предпочтение в использовании одной стороны в работе парных сенсо-моторных органов (единообразно): при правосторонней латера-

лите – правой руки, ноги, правого глаза, уха; при левосторонней – левых рецепторов. Перекрестная или порочная латерализация обнаруживает себя в случаях, когда у ребенка, например, при ведущей правой руке ведущим является левый глаз и т.п.» (Садовникова, 2011, С. 14).

Сначала испытуемые были разделены на две группы по принципу совпадения зрительной и слуховой асимметрии.

Таблица 14. Влияние совпадения зрительной и слуховой асимметрии на результаты выполнения теста МААГС-2015

Шкалы теста МААГС-2015	Совпадение асимметрии (N = 18)	Несовпадение асимметрии (N = 26)	F (1, 42)	p	R2
Внимание	0,1638±0,7534	0,0031±0,8011	0,449	0,507	
Арифметика	0,7178±0,7739	-0,2213±0,8273	14,436	0,0005	0,2558
Алгебра	0,4166±0,7832	-0,0625±0,886	3,412	0,0717	0,0752
Геометрия	0,3911±0,7544	-0,2695±1,0024	5,602	0,0226	0,1177
Математика	0,619±0,6339	-0,177±0,7924	12,562	0,001	0,2302

Table 14. Influence of visual and auditory asymmetry match on the MAAGS 2015 Test results

MAAGS-2015 Test Scale	Asymmetry Match (N = 18)	Asymmetry Mismatch (N = 26)	F (1, 42)	p	R2
Attention	0.1638±0.7534	0.0031±0.8011	0.449	0.507	
Arithmetics	0.7178±0.7739	-0.2213±0.8273	14.436	0.0005	0.2558
Algebra	0.4166±0.7832	-0.0625±0.886	3.412	0.0717	0.0752
Geometry	0.3911±0.7544	-0.2695±1.0024	5.602	0.0226	0.1177
Mathematics	0.619±0.6339	-0.177±0.7924	12.562	0.001	0.2302

Таблица 15. Влияние совпадения зрительной и мануальной асимметрии на результаты выполнения теста МААГС-2015

Шкалы теста МААГС-2015	Совпадение асимметрии (N = 31)	Несовпадение асимметрии (N = 30)	F (1, 59)	p	R2
Внимание	0,2312±0,699	-0,0965±0,8305	2,788	0,1	
Арифметика	0,2538±0,8344	0,047±0,9599	0,808	0,372	
Алгебра	0,2801±0,7337	-0,0769±0,957	2,684	0,107	
Геометрия	0,222±0,8636	-0,3406±0,9655	5,761	0,0196	0,089
Математика	0,3243±0,7225	-0,113±0,8715	4,564	0,0368	0,0718

Table 15. Influence of visual and manual asymmetry match on the MAAGS 2015 Test results

MAAGS-2015 Test Scale	Asymmetry Match (N = 31)	Asymmetry Mismatch (N = 30)	F (1, 59)	p	R2
Attention	0.2312±0.699	-0.0965±0.8305	2.788	0.1	
Arithmetics	0.2538±0.8344	0.047±0.9599	0.808	0.372	
Algebra	0.2801±0.7337	-0.0769±0.957	2.684	0.107	
Geometry	0.222±0.8636	-0.3406±0.9655	5.761	0.0196	0.089
Mathematics	0.3243±0.7225	-0.113±0.8715	4.564	0.0368	0.0718

В одну группу вошли те, у кого отмечалось совпадение показателей латерализации по пробе Розенбаха и дихотическому прослушиванию (количественные значения общего КПУ были переведены в категориальную шкалу по правилу: КПУ < -8 – «Л», $-8 \leq \text{КПУ} \leq 8$ – «А», КПУ > 8 – «П»), в другую – те, у кого имело место несовпадение. Результаты сравнения средних значений приведены ниже (табл. 14).

Группы значимо различаются по арифметическим, геометрическим и математическим способностям в целом, на уровне тенденции – по алгебраическим способностям. Во всех случаях преимущество наблюдается при совпадении асимметрий.

Похожая ситуация имеет место при разделении испытуемых по принципу совпадения зрительной и мануальной асимметрии. Мануальная асимметрия определялась путем перевода сырого балла по модификации опросника М. Аннетт в категориальную шкалу по правилу: меньше -8 – «Л», от -8 до 8 включительно – «А», больше 8 – «П». Результаты сравнения средних значений приведены ниже (табл. 15).

Группы значимо отличаются по геометрическим способностям и математическим способностям в целом. По всем остальным переменным испытуемые с совпадением асимметрий также демонстрируют более высокие значения,

хотя различия и не достигают статистической значимости.

Совпадение результатов по пробам Розенбаха и «Поза Наполеона» значимо влияет только на алгебраические способности, причем, при совпадении латеральных признаков наблюдается меньшее стандартизированное значение ($N = 27, -0,1483 \pm 0,8573$), чем при несовпадении ($N = 37, 0,306 \pm 0,7989$) – $F(1, 62 \text{ ст. св.}) = 4,746, p = 0,0332, R^2 = 0,0711$. Эта закономерность опровергает предположение о негативном влиянии любой перекрестной латерализации. Кроме того, подтверждается, что опросник М. Аннетт и проба «Поза Наполеона» измеряют разные компоненты мануальной асимметрии, по-разному связанные с математическими способностями. Однако здесь следует учесть тот факт, что результаты пробы Розенбаха имеют три градации, а пробы «Поза Наполеона» – две. Соответственно, все лица с отсутствием ведущего глаза при сопоставлении асимметрий оказываются в группе с несовпадением латерализации. Для уточнения полученного результата мы исключили из анализа испытуемых с отсутствием зрительной асимметрии. Различия перестали быть статистически значимыми, хотя в группе с несовпадением латеральных признаков стандартизированное значение алгебраических способностей ($N = 22, 0,1917 \pm 0,8389$) осталось выше, чем в группе с совпадением ($N = 27, -0,1483 \pm 0,8573$).

Обсуждение результатов

Полученные результаты свидетельствуют о том, что не все латеральные признаки являются значимыми предикторами математических способностей. Результаты проб «Переплетение пальцев рук», «Аплодирование», «Прицеливание», самоотчета и продуктивность восприятия слов с левого уха в дихотическом прослушивании не связаны с компонентами математических способностей. Арифметические, алгебраические, геометрические способности и математические способности в целом по-разному связаны с показателями асимметрии. Арифметические способности не связаны ни с одним из латеральных признаков по отдель-

ности. Алгебраические способности на уровне тенденции связаны с результатами выполнения пробы «Поза Наполеона» (преимущество у праворуких), пробы Розенбаха (наименьшие результаты у левоглазых), значимо связаны с правосторонней латерализацией в слуховой сфере по нескольким показателями дихотического прослушивания. Геометрические способности на уровне тенденции связаны с результатами пробы Розенбаха (преимущество у правоглазых), значимо связаны с КПУ по 2 серии дихотического прослушивания. Математические способности в целом положительно связаны только с правосторонней латерализацией в слуховой сфере по нескольким показателями дихотического прослушивания. Концентрация на выполнении заданий (шкала «Внимание») связана с результатами выполнения пробы Розенбаха (наименьшие результаты у левоглазых).

Связь некоторых показателей асимметрии с математическими способностями по-разному проявляется в зависимости от других латеральных признаков. Например, одновременное наличие зрительной билатеральности и праворукости по пробе «Поза Наполеона» является значимым положительным предиктором для математических способностей, тогда как по отдельности эти латеральные признаки связаны с компонентами математических способностей только на уровне тенденции. Кроме этого, одновременное наличие ведущего левого глаза и мануального правшества по пробе «Поза Наполеона» выступает значимым негативным предиктором арифметических способностей. Добавим, что в исследовании Н. Сакано (Sakano, 1982) было показано, что проба «Перекрест рук» («Поза Наполеона») является наиболее эффективным показателем скрытой мануальной асимметрии (по сравнению с пробой «Переплетение пальцев рук») и может отражать относительное доминирование лобных отделов мозга. Испытуемые, у которых сверху оказывался правый локоть, демонстрировали лучшие результаты в вербальных заданиях, а те, у кого сверху оказывался левый локоть, проявили лучшие способности при работе со зрительными пространственными заданиями.

Наиболее выраженное взаимодействие отмечается между слуховой и зри-

тельной асимметриями. В большинстве случаев правосторонняя латерализация в слуховой сфере является положительным предиктором для компонентов математических способностей только для правоглазых по пробе Розенбаха. При билатеральности в зрительной сфере в целом отмечается меньший разброс КПУ, практически не встречается выраженная левосторонняя латерализация в слуховой сфере. Среди лиц с отсутствием зрительной асимметрии наибольшие математические способности наблюдаются у тех, кто имеет слабовыраженные левосторонние признаки или билатеральность в слуховой сфере. Очевидно, что общая положительная связь правосторонней латерализации в слуховой сфере с математическими способностями обусловлена большей долей правоглазых в выборке. Исключение составляют арифметические способности, которые в целом не связаны с показателями латерализации в слуховой сфере. Однако при учете взаимодействия между асимметриями КПП-П по 1 серии дихотического прослушивания выступает положительным предиктором только для лиц с отсутствием ведущего глаза, имеющих леворукость по пробе «Поза Наполеона». Влияние взаимодействия асимметрий проявляется и в отношении внимания, однако здесь продуктивность восприятия слов с правого уха выступает положительным предиктором только у левоглазых. Наряду с меньшей предсказательной способностью модели данное обстоятельство позволяет говорить о специфичности выявленных закономерностей.

Обсуждая латеральные показатели в слуховой сфере, отметим еще один феномен. Показатели по 1 серии дихотического прослушивания чаще оказывались значимыми предикторами и в целом позволили объяснить больше дисперсии, чем аналогичные показатели по 2 серии. Асимметрия слухоречевого восприятия по 1 серии дихотического прослушивания в большей степени связана с математическими способностями, чем аналогичная асимметрия по 2 серии. Интересно, что при сопоставлении компонентов математических способностей с параметрами асимметрии слухоречевого восприятия только для геометрических способностей единственным зна-

чимым предиктором оказался КПУ по 2 серии дихотического прослушивания. С одной стороны, это может быть связано с возрастанием роли правого полушария во 2 серии дихотического прослушивания и с участием правополушарных механизмов в обеспечении геометрических способностей. С другой стороны, объединяющим механизмом может выступать работа памяти. Ранее мы предполагали, что «испытуемые во второй серии воспроизводят именно те слова, которые отчетливо услышали в первой серии ведущим ухом. Распознав даже часть слова, услышанного не ведущим ухом во второй серии, они домысливают его правильно, опираясь на образ слова, запечатленный в первой серии, благодаря работе ведущего уха» (Хохлов, Ковязина, 2012, С. 195–196). Также было выявлено, что успеваемость по геометрии сильнее связана с памятью, чем успеваемость по алгебре (Хохлов, 2014). Тот факт, что геометрические способности наиболее выражены у правоглазых, позволяет думать, что здесь осуществляется унилатеральная перешифровка информации из зрительной модальности в слухоречевую. Проверка этих предположений требует дополнительных исследований.

Также было обнаружено взаимодействие зрительной и мануальной асимметрии. Арифметические способности в меньшей степени связаны с особенностями межполушарной асимметрии. Однако здесь имеет значение сочетание результатов выполнения проб Розенбаха и «Поза Наполеона». Наибольшие арифметические способности отмечаются у лиц с отсутствием зрительной асимметрии, обладающих мануальным правшеством по пробе «Поза Наполеона». Хотя в целом по выборке мануальная асимметрия по модификации опросника М. Аннетт не связана с результатами выполнения теста МААГС-2015, при учете зрительной асимметрии наблюдается связь с результатами по шкале «Внимание». Мануальное правшество выступает положительным предиктором концентрации на выполнении заданий только у правоглазых.

В заключение выскажем наши предположения относительно межполушарной организации мозгового обеспечения математических способностей и сопоста-

вим их с полученными результатами. Развитие арифметических, алгебраических и геометрических способностей по-разному обуславливается биологическими и социально-педагогическими факторами. Арифметические способности проявляются еще в дошкольном возрасте и наиболее тесно связаны с особенностями развития мозга. Как известно, у боль-

шинство также опирается на пространственные представления, обеспечиваемые теменно-затылочными отделами правого полушария. Соотношение вклада вербально-символического кодирования и пространственных представлений в геометрическую деятельность варьирует в зависимости от учебной программы, предпочтений учителя и ученика.

Развитие арифметических, алгебраических и геометрических способностей по-разному обуславливается биологическими и социально-педагогическими факторами. Арифметические способности проявляются еще в дошкольном возрасте и наиболее тесно связаны с особенностями развития мозга

ных с поражением теменно-затылочных отделов левого полушария имеются выраженные трудности при решении арифметических задач. «Выполнение арифметических действий для них невозможно из-за первичной акалькулии» (Хомская, 2010, С. 292). Алгебраические действия в большинстве случаев начинают осваиваться после окончания начальной школы, а разделение школьной математики на алгебру и геометрию возникает с 7 класса. Оперирование формальным языком, лежащим в основе алгебраической деятельности, обеспечивается нижними премоторными отделами левого полушария. Интересные наблюдения были сделаны В.С. Рамачандром, исследовавшим больного с инсультом, произошедшим из-за тромба в средней мозговой артерии, нарушившего поступление крови к левому полушарию мозга (Рамачандран, 2012). У больного развилась эфферентная моторная афазия, однако он мог совершать в уме простые арифметические действия и хорошо понимал речь. До несчастного случая больной был хорошим математиком, но после инсульта оказался неспособен решать более сложные алгебраические задачи, требующие использования формальных правил искусственного языка. Ориентация традиционной системы на вербально-символическое кодирование информации приводит к тому, что алгебраические действия становятся центральным звеном математического мышления. Освоение геометрии во многом опирается на использование формального языка, а большинство геометрических задач могут быть решены алгебраическими средствами. Однако геометрическая

Наше исследование показало, что арифметические способности в наименьшей степени связаны с отдельными латеральными признаками моторных и сенсорных асимметрий. Между тем совпадение асимметрий в зрительной и слуховой сферах объясняет около четверти вариативности арифметических способностей. При анализе различных подходов к изучению математических способностей мы обсуждали, что одной из исходных функций математического мышления является оценка пространства, окружающего индивида (Хохлов, 2015). Можно предположить, что перекрестная латерализация сенсорных систем затрудняет соотнесение информации о внешнем мире, поступающей по разным каналам, и приводит к ухудшению вычислительных операций. Возможна и другая интерпретация: перекрестная латерализация и дискалькулия могут быть следствиями одной причины – ранних (пре- и перинатальных) повреждений центральной нервной системы, приводящих к минимальным мозговым дисфункциям. Наибольшие арифметические способности наблюдаются при одновременном наличии правосторонней асимметрии по пробе «Поза Наполеона» мозга и зрительной билатеральности. При этом, влияние слуховой асимметрии проявляется только при одновременном наличии левосторонней асимметрии по пробе «Поза Наполеона» и отсутствии асимметрии в зрительной сфере. Алгебраические способности связаны со зрительной и слуховой асимметриями. Кроме этого, определенную роль играет функциональная асимметрия лобных отделов мозга при

выполнении пробы «Поза Наполеона». Здесь проявляются выраженные эффекты взаимодействия асимметрий разных анализаторов. Более высокие алгебраические способности отмечаются при правосторонней асимметрии по пробе «Поза Наполеона», однако при левосторонней асимметрии определенную роль начинает играть слуховая латерализация. Похожая ситуация наблюдается при анализе взаимодействия зрительной и слуховой асимметрий. Преимущество в алгебраических способностях отмечается у лиц с отсутствием зрительной асимметрии, влияние же показателей слуховой латерализации проявляется только при наличии ведущего глаза. Заметим, что влияние слуховой латерализации возникает только при отсутствии благоприятного варианта асимметрии других анализаторов. По-видимому, при отсутствии мануального правшества по пробе «Поза Наполеона» и билатеральной организации зрительного восприятия реализация арифметических и алгебраических способностей в большей степени зависит от слухоречевых отделов. Это может отражать большую роль речевого опосредствования в ситуации недостаточного операционального обеспечения компонентов математических способностей со стороны других анализаторных систем. Геометрические способности, как и алгебраические, связаны со слуховой и зрительной асимметриями, однако эта связь менее выражена. Преимущество в геометрических способностях отмечается у лиц с ведущим правым глазом, а влияние показателей слуховой латерализации проявляется при всех вариантах зрительной асимметрии. Между тем, при зрительной билатеральности это влияние отрицательно. Здесь, по-видимому, проявляется эффект различного мозгового обеспечения вербально-символического кодирования и пространственных представлений.

Мы отдаем себе отчет в том, что некоторые закономерности могли быть не выявлены из-за недостаточного числа испытуемых на пересечении уровней независимых переменных. В ряде случаев значимость коэффициентов регрессии была близка к уровню тенденции, однако не достигала его. Многие закономерности были установлены

лишь на уровне тенденции. Их уточнение возможно при проведении дополнительных исследований с привлечением большего числа испытуемых.

Выводы

Проведенное исследование показало, что разные латеральные признаки являются значимыми предикторами для разных компонентов математических способностей. Наибольшую предсказательную способность имеют сенсорные асимметрии и их взаимодействие. В целом наиболее высокие математические способности отмечаются у лиц с правосторонними и билатеральными признаками, левосторонние признаки чаще всего выступают негативными предикторами.

Показано, что перекрестная латерализация, проявляющаяся в несовпадении асимметрий разных анализаторов, в большинстве случаев является негативным предиктором математических способностей. Однако у этого правила имеются отдельные исключения, которые требуют дополнительных исследований.

Взаимодействие между асимметриями в мануальной, слуховой и зритель-

ной сферах проявляется в неодинаковой связи с математическими способностями показателей латерализации в одной сфере при различных вариантах латерализации в другой. Наиболее выраженными являются следующие закономерности. Во-первых, у лиц с ведущим

Разные латеральные признаки являются значимыми предикторами для разных компонентов математических способностей. Наибольшую предсказательную способность имеют сенсорные асимметрии и их взаимодействие. В целом наиболее высокие математические способности отмечаются у лиц с правосторонними и билатеральными признаками, левосторонние признаки чаще всего выступают негативными предикторами

правым глазом слуховая асимметрия является положительным предиктором алгебраических, геометрических и математических способностей в целом. У лиц с отсутствием зрительной асимметрии также отмечается положительная связь слуховой асимметрии с арифметическими и отрицательная – с геометрическими способностями. Во-вторых, одновременное наличие билатеральности по зрению и правосторонней мануальной асимметрии (по пробе «Поза Наполеона») является значимым положительным предиктором математических способностей. В-третьих, слуховая латерализация играет определенную

роль в обеспечении арифметических и алгебраических способностей лишь при отсутствии благоприятной латерализации других анализаторных систем.

Модели, учитывающие взаимодействие между латеральными признаками, позволяют объяснить более четверти

вариативности компонентов математических способностей. Предсказательная способность этих моделей оказывается заметно выше, чем у моделей с отдельными предикторами (около десятой части дисперсии). Между тем даже самые хорошие модели объясняют примерно треть дисперсии. Очевидно, что межполушарные отношения при реализации познавательных функций являются лишь одним из факторов выраженности математических способностей в юношеском возрасте, однако их необходимо учитывать при изучении мозгового обеспечения математической деятельности.

Список литературы:

- Аршавский В.В. Различия, которые нас объединяют (Этюды о популяционных механизмах межполушарной асимметрии). – Рига: Педагогический Центр «Эксперимент», 2001. – 234 с.
- Ковязина М.С., Хохлов Н.А., Морозова Н.В. Влияние межанализаторного взаимодействия на показатели дихотического прослушивания // Вопросы психологии. – 2016. – № 3. – С. 110–118.
- Котик Б.С. Исследование латерализации речевых функций методом дихотического прослушивания // Психологические исследования. – 1974. – Вып. 6. – С. 69–76.
- Крутецкий В.А. Психология математических способностей школьников / под ред. Н.И. Чуприковой. – Москва: Институт практической психологии; Воронеж: МОДЭК, 1998. – 416 с.
- Лукьянчикова Ж.А. Межполушарная асимметрия и эмоциональные особенности математически одаренных подростков: дис. ... кандидата психологических наук. – Москва, 2006. – 185 с.
- Матова М.А. Леволатеральность сенсороторных функций и познавательные способности подростков // Леворукость у детей и подростков. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1987. – С. 51–54.
- Москвин В.А., Москвина Н.В. Межполушарные асимметрии и индивидуальные различия человека. – Москва: Смысл, 2011. – 367 с.
- Московичюте Л.И., Голод В.И. Повторное тестирование: изменение мозговой организации психических функций в процессе научения // Новые методы нейропсихологического исследования: сб. науч. тр. / отв. ред. Е.Д. Хомская. – Москва: Ин-т психологии АН СССР, 1989. – С. 129–136.
- Николаева Е.И., Борисенкова Е.Ю. Сравнение разных способов оценки профиля функциональной сенсомоторной асимметрии у дошкольников // Асимметрия. – 2008. – Т. 2. – № 1. – С. 32–39.
- Николаева Е.И., Добрин А.В., Яворович К.Н. Эффективность латеральных показателей и профиля функциональной сенсомоторной асимметрии в прогнозе уровня психологических параметров // Функциональная межполушарная асимметрия и пластичность мозга: материалы Всероссийской конференции с международным участием / под ред. С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. – Москва, 2012. – С. 139–142.
- Разумникова О.М. Мышление и функциональная асимметрия мозга. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 272 с.
- Рамачандран В.С. Мозг рассказывает. Что делает нас людьми / под ред. К. Шипковой. – Москва: Карьера Пресс, 2012. – 422 с.

- Садовникова И.Н. Дисграфия, дислексия: технология преодоления : пособие для логопедов, учителей, психологов, студентов педагогических специальностей. – Москва : ПАРАДИГМА, 2011. – 279 с.
- Степанов В.Г. Мозг и эффективное развитие детей и взрослых: возраст, обучение, творчество, профориентация : учеб. пособие. – Москва : Академический Проект, 2013. – 315 с.
- Фомина Е.В. Функциональная асимметрия мозга и адаптация к экстремальным спортивным нагрузкам. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2006. – 196 с.
- Хомская Е.Д. Нейропсихология : учебник для вузов. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 496 с.
- Хомская Е.Д., Ефимова И.В. К проблеме типологии индивидуальных профилей межполушарной асимметрии мозга // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. – 1991. – № 4. – С. 42–47.
- Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Будыка Е.В., Ениколопова Е.В. Нейропсихология индивидуальных различий: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – Москва : Академия, 2011. – 160 с.
- Хохлов Н.А. Функциональная асимметрия мозга и компоненты математических способностей у студенток вузов // Фундаментальные проблемы нейронаук. Функциональная асимметрия. Нейропластичность. Нейродегенерация : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием / под ред. С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. – Москва : Научный мир, 2014. – С. 389–396.
- Хохлов Н.А. Тест на математические (арифметические, алгебраические, геометрические) способности «МААГС-2015». – Москва : Генезис, 2015. – 80 с.
- Хохлов Н.А., Бурова А.-В.В. Модификация опросника М. Аннетт для оценки функциональной асимметрии: стандартизация и психометрические характеристики // Аprobация. – 2014. – № 8 (23). – С. 65–73.
- Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Проблема измерения межполушарной асимметрии в нейропсихологии и новый метод интегральной оценки функциональной латерализации мозга // Функциональная межполушарная асимметрия и пластичность мозга : материалы Всероссийской конференции с международным участием / под ред. С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. – Москва, 2012. – С. 194–198.
- Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Латеральные признаки, структурно-уровневые характеристики интеллекта и математические способности // Асимметрия. – 2013. – Т. 7. – № 3. – С. 32–52.
- Annett, M., & Kilshaw, D. (1982) Mathematical ability and lateral asymmetry. *Cortex*, Vol. 18 (46), 547-568. doi: 10.1016/S0010-9452(82)80053-1
- Aydarkin E.K., Fomina A.S. Neurophysiological mechanisms of complex arithmetic task solving // *Journal of Integrative Neuroscience*, 2013. V. 12 (1). P. 73-89. doi: 10.1142/S0219635213500088
- Khokhlov, N.A., Kovyazina, M.S. (2013) Methodical and methodological problems in the study of functional brain asymmetry in the modern neuropsychology. *Acta Neuropsychologica*. Vol. 11 (3), 269-278.
- Knops, A., & Willmes, K. (2014) Numerical ordering and symbolic arithmetic share frontal and parietal circuits in the right hemisphere. *NeuroImage*, Vol. 84, 786-795. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.09.037
- Kovyazina, M.S., Khokhlov, N.A., & Morozova, N.V. (2015) The connection of hemispheric activity in the field of audioverbal perception and the progressive lateralization of speech and motor processes. *Psychology in Russia: State of the Art*. Vol. 8 (4), 72-82. doi: 10.11621/pir.2015.0406
- Rickard, T.C., Romero, S.G., Basso, G., Wharton, C., Flitman, S., & Grafman, J. (2000) The calculating brain: an fMRI study. *Neuropsychologia*. Vol. 38 (3), 325-335.
- Sakano, N. (1982) Latent left-handedness. Its relation to hemispheric and psychological functions. Jena: Gustav Fischer Verlag, 122.14. doi: 10.1016/S0028-3932(99)00068-8

References:

- Annett, M., & Kilshaw, D. (1982) Mathematical ability and lateral asymmetry. *Cortex*, Vol. 18 (46), 547-568. doi: 10.1016/S0010-9452(82)80053-1
- Arshavskiy, V.V. (2001) The differences that unite us (Studies of population mechanisms of asymmetry). Riga, Pedagogicheskiy tsentr Eksperiment, 234.
- Aydarkin, E.K., & Fomina, A.S. (2013) Neurophysiological mechanisms of complex arithmetic task solving. *Journal of Integrative Neuroscience*. Vol. 12 (1), 73-89. doi: 10.1142/S0219635213500088
- Fomina, E.V. (2006) Functional brain asymmetry and adaptation to extreme sports loads. Omsk, Izdatel'stvo SibGUFK, 196.
- Khomskaia, E.D. (2010) Neuropsychology: A Textbook for high schools. 4th ed. SPb, Piter, 496.
- Khomskaia, E.D., & Efimova, I.V. (1991) On the typology of individual profiles of asymmetry of the brain. [*Vestnik Moskovskogo universiteta*]. Series 14. *Psikhologiya*, 4, 42-47.
- Khomskaia, E.D., Efimova, I.V., Budyka, E.V., & Yenikolopov, E.V. (2011) Neuropsychology of individual differences: manual for higher school. Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 160.
- Khokhlov, N.A. (2014) Functional brain asymmetry and components of mathematical abilities in higher school female students. [*Fundamental'nye problemy neyronauk. Funktsional'naya asimmetriya. Neyroplastichnost'. Neyrodegeneratsiya (Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem)*]. (Eds.) S.N. Illarioshkin, & V.F. Fokin. Moscow, Nauchnyy Mir, 389-396.
- Khokhlov, N.A. (2015) MAAGS-2015 math capacity test (arithmetic, algebraic, geometric abilities). Moscow, Genesis, 80.
- Khokhlov, N.A., & Burova, A.-V.V. (2014) Modification of Annette M. questionnaire to assess functional asymmetry: standardization and psychometric characteristics. [*Aprobatsiya*]. 8 (23), 65-73.
- Khokhlov, N.A., & Kovyazina, M.S. (2012) The issue of measurement of asymmetry in neuropsychology and a new method for integrated evaluation of functional brain lateralization [*Funktsional'naya mezhpolutsharnaya asimmetriya i plastichnost' mozga (materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem)*]. (Eds.) S.N. Illarioshkin, & V.F. Fokin. Moscow, 194-198.
- Khokhlov, N.A., & Kovyazina, M.S. (2013) Lateral signs of structural-level characteristics of intelligence and mathematical ability. [*Asimmetriya*]. Vol. 7. 3, 32-52.

- Khokhlov, N.A., Kovyazina, M.S. (2013) Methodical and methodological problems in the study of functional brain asymmetry in the modern neuropsychology. *Acta Neuropsychologica*. Vol. 11 (3), 269-278.
- Knops, A., & Willmes, K. (2014) Numerical ordering and symbolic arithmetic share frontal and parietal circuits in the right hemisphere. *NeuroImage*, Vol. 84, 786-795. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.09.037
- Kovyazina, M.S., Khokhlov, N.A., & Morozova, N.V. (2015) The connection of hemispheric activity in the field of audioverbal perception and the progressive lateralization of speech and motor processes. *Psychology in Russia: State of the Art*. Vol. 8 (4), 72-82. doi: 10.11621/pir.2015.0406
- Kovyazina, M.S., Khokhlov, N.A., & Morozov, N.V. (2016) Influence mezhanalizatornogo interaction on dichotic listening performance. [*Voprosy psikhologii*]. 3, 110-118.
- Kotik, B.S. (1974) The study of speech functions lateralization by dichotic listening. [*Psikhologicheskie issledovaniya*]. Vol. 6. Moscow, MGU, 69-76.
- Krutetskiy, V.A. (1998) Psychology of mathematical abilities in schoolboys. Moscow, Izdatel'stvo "Institut prakticheskoy psikhologii", Voronezh, Izdatel'stvo NPO «MODEK», 416.
- Lukyanchikova, Zh.A. (2006) Hemispheric asymmetry and emotional features of mathematically gifted adolescents: Ph.D. in psychology. 19.00.04. Moscow, 185.
- Matova, M.A. (1987) Left lateral sensorimotor functions and cognitive abilities of adolescents. [*Levorukost' u detey i podrostkov*]. Rostov-on-Don, Izdatel'stvo RGU, 51-54
- Moskvin, V.A., & Moskvina, N.V. (2011) Hemispheric asymmetry and individual differences of human being. Moscow, Smysl, 367.
- Moskovichyute, L.I., & Golod, V.I. (1989) Re-testing: changes in brain organization of mental functions in the process of learning. [*Novye metody neyropsikhologicheskogo issledovaniya: sbornik nauchnykh trudov*]. Moscow, Institut Psikhologii, Akademiya Nauk SSSR, 129-136.
- Nikolaeva, E.I., & Borisenkova, E.Yu. (2008) Comparison of different methods of evaluating the functional profile of sensorimotor asymmetry in preschoolers. [*Asimetriya*]. Vol. 2. 1, 32-39.
- Nikolayeva, E.I., Dobrin, A.V., & Yavorovich, K.N. (2012) The efficiency of lateral performance and functional profile of sensorimotor asymmetry in forecasting the psychological parameters level. [*Funktsional'naya mezhpolusharnaya asimetriya i plastichnost' mozga (materialy Vserossiiskoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem)*]. (Eds.) S.N. Illarionov, & V.F. Fokin. Moscow, 139-142.
- Razumnikova, O.M. (2004) Thinking and functional asymmetry of the brain. Novosibirsk, Izdatel'stvo SO RAMN, 272.
- Ramachandran, V.S. (2012) Brain says. What makes us human. Moscow, Kareiera Press, 422.
- Rickard, T.C., Romero, S.G., Basso, G., Wharton, C., Flitman, S., & Grafman, J. (2000) The calculating brain: an fMRI study. *Neuropsychologia*. Vol. 38 (3), 325-335. doi: 10.1016/S0028-3932(99)00068-8
- Sadovnikov, I.N. (2011) Dysgraphia, dyslexia: the technology to overcome: a guide for speech therapists, teachers, psychologists, students who major in teaching. Moscow, PARADIGMA, 279.
- Sakano, N. (1982) Latent left-handedness. Its relation to hemispheric and psychological functions. Jena: Gustav Fischer Verlag, 122.14.
- Stepanov, V.G. The brain and the effective development of children and adults: age, education, work, career guidance: manual. Moscow, Akademiya.