

Клинико-психофизиологические проявления дискалькулии у детей

© Л.С. ЧУТКО, С.Ю. СУРУШКИНА, Е.А. ЯКОВЕНКО

ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук», Санкт-Петербург, Россия

Резюме

В статье представлен обзор научных публикаций, посвященных изучению дискалькулии. Изложены современные данные о распространенности этой патологии, особенностях клинической картины и теориях нейрокогнитивного дефицита, лежащего в основе нарушения обработки числовой информации. Рассмотрены результаты нейрофизиологических и нейровизуализационных исследований, посвященных изучению особенностей функциональной активности разных структур головного мозга при дискалькулии.

Ключевые слова: дискалькулия, расстройство обучаемости, управляющие функции.

Информация об авторах:

Чутко Л.С. — <https://orcid.org/0000-0002-1065-9859>

Сурушкина С.Ю. — <https://orcid.org/0000-0001-9510-7182>

Яковенко Е.А. — <https://orcid.org/0000-0001-7249-3332>

Автор, ответственный за переписку: Чутко Л.С. — e-mail: chutko5@mail.ru

Как цитировать:

Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю., Яковенко Е.А. Клинико-психофизиологические проявления дискалькулии у детей. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2022;122(9 вып. 2):38–43. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212209238>

Clinical and psychophysiological manifestations of dyscalculia in children

© L.S. CHUTKO, S.YU. SURUSHKINA, E.A. YAKOVENKO

N. Bekhtereva Institute of Human Brain, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

The article presents an overview of scientific publications devoted to the study of dyscalculia. Present-day data on the prevalence of this pathology, the features of the clinical picture, and theories of neurocognitive deficit underlying the disorder in the processing of numerical information are presented. The results of neurophysiological and neuroimaging studies devoted to the study of the features of the functional activity of various brain structures in dyscalculia are considered.

Keywords: *dyscalculia, learning disorder, executive functions.*

Information about the authors:

Chutko L.S. — <https://orcid.org/0000-0002-1065-9859>

Surushkina S.Yu. — <https://orcid.org/0000-0001-9510-7182>

Yakovenko E.A. — <https://orcid.org/0000-0001-7249-3332>

Corresponding author: Chutko L.S. — e-mail: chutko5@mail.ru

To cite this article:

Chutko LS, Surushkina SYu, Yakovenko EA. Clinical and psychophysiological manifestations of dyscalculia in children. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2022;122(9 vyp 2):38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202212209238>

Актуальность изучения расстройств обучаемости обусловлена большим влиянием данной патологии на социальную адаптацию детей. К данной группе патологических состояний относится и дискалькулия — специфическое расстройство арифметических навыков. Дети с дискалькулией отличаются наличием трудностей в понимании смысла арифметических операций и числовых отноше-

ний. У них страдает понимание математических знаков и проведение арифметических действий. Необходимо отметить, что изучению данной патологии посвящено относительно небольшое количество исследований. Так, в базе данных PubMed по запросу «*dyscalculia*» найдено только 653 источника, в то же время для сравнения, по запросу «*dyslexia*» их найдено 11 032 (23.04.2022).

В 1908 г. **M. Lewandowsky** и **E. Stadelmann** опубликовали первый подробный отчет о пациенте с нарушением счета, сочетающемся с правосторонней гомонимной гемианопсией. Авторы сообщили, что у пациента отмечались нарушения чтения арифметических знаков при нормальном выполнении арифметических действий и отсутствии речевых нарушений. **H. Berger** в 1926 г. ввел различие между первичной и вторичной акалькулией. Первичная или «чистая» акалькулия соответствует утрате числовых понятий и неспособности понимать или выполнять основные арифметические операции. Вторичная акалькулия относится к дефекту счета, возникающему из-за других когнитивных нарушений (например, памяти, речи и др.) [1].

Сам термин «акалькулия» был предложен шведским неврологом **S. Henschen** при описании «численной слепоты», возникающей у больных с травматическим повреждением мозга. В клинической практике акалькулия встречается при синдроме Герстмана—Шильдера (синдром угловой извилины). Данный синдром характеризуется сочетанием нарушения право-левой ориентации с пальцевой агнозией, аграфией и акалькулией. Кроме того, возможно возникновение алексии, амнестической и/или семантической афазии. В последующем к перечисленной симптоматике могут присоединяться двусторонняя тактильная агнозия (астереогноз) и двусторонняя идеаторная или идеомоторная апраксия [2].

Понятие «дискалькулия» как неспособность к обучению выполнения основных числовых и математических операций, таких как дефицит сложения или вычитания, было впервые приведено **R. Cohn** в 1968 г. [3].

В соответствии с международной классификацией болезней (МКБ-10) это расстройство представляет собой специфическое нарушение навыков счета, которое нельзя объяснить исключительно общим психическим недоразвитием или грубо неадекватным обучением (F81.2). Трудности в математике не должны быть обусловлены неадекватным обучением, дефектами зрения, слуха или неврологических функций и не должны быть приобретены вследствие какого-либо неврологического, психического или другого расстройства. В МКБ-11 данная патология определяется как «расстройство развития учебных навыков с нарушениями в математике» (6A03.2). Детям с данной патологией обычно трудно дается не только выполнение арифметических действий и/или их объяснение с использованием названия величин или цифр, но и нумерация, сравнение и манипулирование предметами; чтение и написание математических символов, а также владение понятиями и выполнение вычислительных операций. Некоторые авторы отмечают, что трудности возникают и в понимании абстрактных понятий, а также отмечается снижение показателей пространственных способностей [4].

Для обозначения данной патологии также используется термин «дискалькулия развития», в отличие от приобретенной акалькулии. Согласно определению, которое дал **L. Kosc** в 1970 г. [5], дискалькулия развития — это нарушение математических способностей, происходящее от генетического или врожденного расстройства тех участков мозга, которые являются непосредственным анатомо-физиологическим субстратом адекватного возрасту созревания математических способностей, без одновременного расстройства общих психических функций. По мнению **L. Kosc**, можно выделить первичную дискалькулию (возникающую из-за нарушенной способности усваивать математические навыки) и вторичную дискалькулию (псевдодискалькулия), вызванную неспецифическим когнитивным

дефицитом, нарушениями внимания, памяти и визуального восприятия.

L. Kaufmann и соавт. [6] разграничивают дискалькулию развития от недифференцированных трудностей обучения математике. По мнению данных авторов, понятие «дискалькулия» определяется только значительными трудностями при обучении арифметике. Авторы разъясняют, что термины «арифметическое» и «математическое» не являются синонимами, так как первый включает в себя основные арифметические действия (вычисление), а второй описывает более сложные проявления цифрового мышления: алгебра, геометрия, математический анализ [6].

Частота встречаемости данного расстройства в детской популяции составляет 3—7% случаев, при этом, в отличие от других расстройств обучаемости, дискалькулия отмечается с одинаковой частотой среди мальчиков и девочек [7—9]. **M. Mazzocco** и **M. Myers** [10] наблюдали в течение 4-летнего периода за детьми в возрасте от 5 до 6 лет на момент начала исследования и обнаружили, что у 10,5% из них отмечались постоянные трудности с обучением математике [10]. Среди взрослого населения 15—20% имеют проблемы с обработкой числовой информации [11]. По мнению **R. Gersten** и соавт. [12], число тех, кто страдает этим расстройством, превосходит число тех, кому поставлен этот диагноз в 14 раз.

Исследование нейрофизиологических механизмов, приводящих к возникновению дискалькулии, существенно затруднено из-за сложности представления числа и числовых операций в головном мозге человека, так как в обработке числовой информации задействованы вербальные, визуально-пространственные и исполнительные функции. Согласно **M. McCloskey** и соавт. [13], можно выделить три раздела математических способностей: представление о цифре, получение числа (счет), применение математических понятий. Исследования **S. Dehaene** и соавт. [14] показали, что при выполнении заданий на умножение регистрируется активация нижних теменных извилин, при зрительном опознавании чисел активируются нижние медиовисочные зоны. Позднее **R. Stanescu-Cosson** и соавт. [15] описали две мозговые математические системы: 1) счетные операции с небольшими числами и знакомыми математическими данными связаны с левой теменной областью и ассоциированы с речью; 2) сложные математические расчеты не ассоциированы с речью и имеют билатеральную теменную локализацию. Последние операции являются отчасти самостоятельными: произведение расчетов приводит к билатеральной активации внутритеменной, прецентральной и дорсолатеральной префронтальной систем, а математические операции сопровождаются билатеральной активацией преимущественно угловой извилины теменной доли. Кроме этого, происходит активация дорсолатеральной префронтальной коры [15].

Особое значение в обработке математической информации придается внутритеменной борозде («орган арифметики»), которая определяет оценку количества элементов во множествах и активируется при выполнении любых арифметических операций [16]. Интересно отметить, что математические способности у детей коррелируют с размером и большим количеством связей между гиппокампом и другими отделами мозга [17]. В то же время некоторые результаты нейровизуализационных исследований показывают, что организация мозговых сетей, участвующих в выполнении арифметических вычислений, носит динамический, ге-

терохронный характер, и зоны мозговой активности, отвечающие за выполнение математических заданий, смещаются от одних нейронных систем к другим по мере обучения [18]. Так, в исследовании **S. Rivera** и соавт. [19] показано, что если у взрослых при проведении вычислений в уме наблюдалось увеличение активации в левой теменной области, то у детей регистрировалась большая активность со стороны префронтальной коры [19]. По мнению данных авторов, в детском возрасте для проведения вычисления в уме необходимо привлекать больше ресурсов рабочей памяти и внимания. По мере приобретения все большей компетентности в вычислениях акцент смещается от лобных долей и медиальных отделов височных долей к теменным и затылочно-височным, показывая сравнительное уменьшение потребности в ресурсах рабочей памяти для совершения необходимых вычислений по мере автоматизации процесса счета и овладения символическими обозначениями, значительно облегчающими работу с математической информацией [18].

Многие авторы утверждают, что дефицит систем рабочей памяти в значительной степени способствует формированию специфических нарушений построения когнитивных представлений о числах, выполнения арифметических действий у детей с дискалькулией [4, 20, 21]. В работе **S. Rotzer** и соавт. [22] продемонстрировано снижение активации в областях мозга, связанных с рабочей памятью, таких как правая внутритеменная борозда, правая нижняя лобная доля и правый островок у детей с дискалькулией по сравнению с контрольной группой при выполнении задач с блоком **Corsi** и числовых тестов.

Также в работе **A. D'Amico** и **M. Guarnera** [23] показано, что у детей с дискалькулией наблюдается дефицит рабочей памяти в тестах по переносам цифр вперед, но только тогда, когда требовалось представление числовой информации, а не представление или повторение вербальной информации [23]. Исследование активности головного мозга взрослых испытуемых во время выполнения задач на сложение четырех чисел в задачах со слогами и местоположениями стимулов с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) показало, что манипулирование числами (сложение) вызывало повышенную активацию широко распространенной кортикальной сети, включающей нижние височные, теменные и префронтальные области [24]. Эти результаты демонстрируют, что в процессе арифметических вычислений требуется сотрудничество трех систем манипулирования рабочей памяти: исполнительной системы манипулирования (включает переднюю поясную извилину, орбитальную часть нижней лобной извилины и хвостатые ядра); системы, связанной с задачами манипулирования числами и слогами и с речью, которая необходима для поиска, выбора и ассоциации символической информации (включает нижнюю лобно-височную систему); системы, связанной с выполнением задач манипулирования числами и местоположением для пространственного восприятия и процессов внимания (включает правую верхнюю и заднюю лобно-теменную область коры головного мозга).

Эти результаты также подтверждают, что передняя правая внутритеменная борозда участвует в задачах, требующих обработки величины с помощью символьных (чисел) и несимвольных (местоположений) стимулов.

S. Dehaene и соавт. [14] предложили модель «тройного кода» переработки числовой информации (**The Triple Code model**), состоящую из трех доменов: 1) числовое представле-

ние о количестве, которое определяется активацией внутритеменной борозды; 2) зрительно-пространственные числовые представления, определяемые задними верхне-теменными областями; 3) слухоречевые представления (извлечение из памяти математической информации), определяемые угловой извилиной и областями вблизи силвиевой борозды [14].

При оценке математических способностей и трудностей в обучении математике используют понятие «чувство числа» — способность оценивать числа и решать числовые задания [25]. Существуют обоснованные предположения, что лобные области отвечают не только за общие для предметной области процессы, связанные с числовым познанием, но также непосредственно за само чувство числа. Результаты работ **H. Sokolowski** и соавт. [26], **M. Arsalidou** и соавт. [27] показали, что лобные области активируются при выполнении числовых задач почти так же последовательно, как и теменные области, и подчеркнули важность роли как теменных, так и лобных областей для восприятия чисел. Наряду с лобно-теменной сетью затылочно-височная и гиппокампальная области также играют важную роль в обработке чисел, что указывает на тесную взаимосвязь между восприятием чисел и процессами распознавания/запоминания [28].

Некоторые исследования показали, что задачи с символическим числом активируют левостороннюю сеть, в то время как правосторонние области мозга больше связаны с несимволическими задачами [29, 30]. В работе **S. Üstün** и соавт. [31], проведенной с помощью методов нейровизуализации и направленной на исследование нейронной основы чувства числа и дискалькулии, было выявлено, что во всех задачах числовой обработки более высокий уровень активации в передней поясной извилине, медиальной префронтальной коре и орбитофронтальной коре регистрировался в группе детей с дискалькулией, а также было отмечено, что дети с дискалькулией проявляют большую активность гиппокампа во время обработки символов. Некоторые авторы высказали предположение, что более высокая лобная активация у детей с дискалькулией является результатом повышенной зависимости от вспомогательных исполнительных функций в качестве компенсаторных механизмов [6, 32]. Более высокая активация передней поясной извилины коры головного мозга в группе с дискалькулией может быть связана с повышенной потребностью в механизмах внимания, т.е. детям с дискалькулией требуется большая активность исполнительных функций, чем здоровым сверстникам, чтобы преодолеть трудности с обработкой числовых величин, и это может быть причиной увеличения активации лобной области.

Известно, что при выполнении числовых операций происходит активация гиппокампа, более того, было обнаружено, что связь между гиппокампом и лобными областями увеличивается с улучшением числовых способностей [33, 34]. В работе **F. Haist** и соавт. [35] показано, что взрослые с более низкими математическими способностями требуют более высокой активации гиппокампа при выполнении числовых задач. Другое исследование показало, что активация гиппокампа во время выполнения числовых задач у детей выше, чем у взрослых, что указывает на то, что дети больше полагаются на процессы памяти [19]. Таким образом, увеличение активации гиппокампа во время обработки символов у детей с дискалькулией по сравнению со здоровыми сверстниками можно интерпретировать как вынужденную необходимость прибегать к компенсаторным механизмам, основанным на памяти, для сопоставления величин с их символическими представлениями, чтобы сравнить числа, записанные в символьном формате.

Результаты, полученные в ходе нейровизуализационных исследований, находят подтверждение и при применении нейрофизиологических методов. В исследовании вызванных зрительных потенциалов у девочек-подростков с тяжелой формой дискалькулии при выполнении теста на сравнение, была ли арабская цифра меньше или больше 5, показано отсутствие в правой теменной области компонента P400, который связывают с процессами памяти, необходимыми для выполнения задания [36]. **R. Grabner** и **B. De Smedt** [37] зарегистрировали специфические изменения электроэнцефалограммы (ЭЭГ), связанные с приобретением навыков вычисления. Двадцать здоровых взрослых людей 2 дня подряд обучались на компьютере как можно быстрее реагировать на 10 сложных умножений и 10 одинаково сложных трехмерных визуально-пространственных задач. На 3-й день участникам были представлены 10 ранее проработанных и 10 новых вычислительных и визуальных задач. Они быстрее и точнее реагировали на изученные ранее, чем на неизвестные стимулы обоих типов, это улучшение было связано с усилением теменных и теменно-затылочных тета-колебаний (3–6 Гц) ЭЭГ, что можно рассматривать как свидетельство локального усиленного практикой обучения как числовым, так и пространственным навыкам, а также подтверждения значимости оценки тета-ритма ЭЭГ с процессом извлечения фактов из долговременной памяти [37].

По мнению **F. Boller** и **J. Grafman** [38], в основе дискалькулии могут находиться различные варианты нейропсихологических дефектов: 1) неспособность оценить значение названия чисел; 2) зрительно-пространственные дефекты, которые мешают пространственной организации чисел, и механические аспекты операций; 3) неспособность запоминать математическую информацию и правильно использовать ее; 4) недостатки в математическом мышлении и понимании основных операций [38].

Согласно **B. Rourke** [39], можно выделить два варианта развития дискалькулии у детей: 1) левополушарные — дискалькулии, связанные с нарушениями понимания вербальных заданий, снижением вербальной памяти, речевыми расстройствами и дислексией; 2) правополушарные — дискалькулии, связанные с нарушениями порядка цифр и пространственными трудностями [39].

По мнению **L. Kosc** [5], существует шесть видов дискалькулии, которые характеризуются нарушением тех или иных математических способностей:

- 1) вербальная дискалькулия проявляется в нарушении словесного обозначения математических понятий;
- 2) практогностическая дискалькулия связана с тем, что наблюдаются нарушения восприятия цифр;
- 3) дислексическая дискалькулия проявляется в виде затруднений при чтении цифр;
- 4) графическая дискалькулия проявляется в затруднении при написании цифр;
- 5) операциональная дискалькулия связана с неумением выполнять математические операции;
- 6) идеогностическая дискалькулия заключается в отсутствии абстрактного понимания чисел или понятий, стоящих за математическими операциями [5].

D. Geary [40], проанализировав исследования, посвященные как дискалькулии развития, так и приобретенным расстройствам счетных навыков, основывал свою классификацию нарушений счета на основании типа встречающихся ошибок. Он выделил три типа дискалькулии. К первому типу относятся нарушения, характеризующиеся за-

труднением извлечения из памяти арифметических фактов, включая трудности с запоминанием табличных значений (таких, как таблица умножения). Причем он указал, что дети с данным типом дискалькулии чаще страдают коморбидными расстройствами чтения. Ко второму типу относятся трудности процедурного характера — невозможность или затруднения при овладении приемами арифметических вычислений, таких как знание о возможности «занять» единицы при вычитании в столбик или стратегии, используемые при сложении. К третьему типу относятся расстройства счета, связанные с затруднениями в понимании и использовании зрительно-пространственных отношений для представления и интерпретации числовой информации [18, 40].

Первые два типа дискалькулии связаны с дисфункцией или поражением задних корковых отделов левого полушария или подкорковых структур, а последний связан с нарушением работы задних отделов правого полушария.

G. Vigna и соавт. [41] в статье, посвященной дискалькулии у людей молодого возраста, описывают трудности с выполнением числовых задач в повседневной жизни (оценка времени, использование денег). Напротив, повседневные задачи по оценке расстояния выполнялись удовлетворительно [41].

В литературе описана связь дискалькулии и нарушения внимания. Так, **N. Badian** и соавт. [42] отмечали нарушения внимания у 42% страдающих дискалькулией. У таких пациентов выявляются трудности с вниманием при выполнении арифметических задач и забывание таблицы умножения, пропуски десятичных знаков. **R. Shalev** [43] показал, что у детей с нарушениями внимания часто отмечаются трудности при выполнении арифметических задач.

В ряде работ одним из наиболее значимых предикторов развития специфических расстройств обучаемости называется недостаточность рабочей памяти [44, 45]. В исследовании, проведенном **F. McNab** и соавт. [46], было выявлено, что область, включающая правую нижнюю лобную извилину и островок, связана с торможением и манипуляциями рабочей памяти [46]. Предполагается, что такие процессы торможения могут играть определенную роль в сопротивлении отвлечению внимания, которое связано с вовлечением процессов рабочей памяти в задачи торможения [47]. Таким образом, эти данные могут указывать на то, что дети с дискалькулией имеют специфические нарушения в подавлении нерелевантной информации. Это также подтверждают клинические данные, так как часто сопутствующими симптомами дискалькулии являются невнимательность и отвлекаемость у таких детей.

Дискалькулия часто сочетается с другими когнитивными расстройствами. Наиболее распространенными являются дислексия, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, тревожные расстройства (прежде всего, математическая тревога и школьная тревожность, тревога перед экзаменами и школьная фобия), а также агрессивное поведение [48]. Согласно **K. Morsanyi** и соавт. [7], у 46% детей с дискалькулией также отмечается дислексия [7]. По данным **A. Devine** и соавт. [49], в 19% случаев дети с дискалькулией также страдают математической тревожностью.

Следовательно, дискалькулию можно рассматривать как гетерогенное расстройство с масштабной несогласованностью составляющих и широким спектром возникающих в связи с этим симптомов [50]. Учитывая приведенные выше данные литературы, в лечении дискалькулии патогенетически обоснованным является использование нейропротективных средств.

К данной группе относится и препарат гопантенной кислоты Пантогам. Преимущество Пантогама обусловлено его сбалансированным действием. Препарат повышает устойчивость мозга к гипоксии и воздействию токсических веществ, стимулирует анаболические процессы в нейронах, сочетает умеренное седативное действие с мягким стимулирующим эффектом, уменьшает моторную возбудимость, повышает умственную и физическую работоспособность. Пантогам традиционно применяется в лечении речевых нарушений у детей. Так, Н.Н. Заваденко и Е.В. Козлова [51] установили, что в группе пациентов, получавших курс лечения Пантогамом, достигнуто достоверное улучшение показателей экспрессивной и импрессивной речи, а также речевого внимания. Проведенные нами ранее исследования также показали, что применение Пантогама позволяет добиться улучшения памяти и внимания, достоверно повысить речевую активность и расширить активный словарь [52].

Учитывая различные когнитивные нарушения, выявляемые у детей с дискалькулией, представляется обоснованным использование препарата Нооклерин (деанола ацеглумат), обладающего ноотропным и психостимулирующим эффектами. По своей химической структуре он близок к естественным метаболитам мозга и состоит из двух компонентов, один из которых обладает структурным сходством с глутаминовой кислотой, а второй является предшественником холина. Этот препарат можно использо-

вать у детей начиная с 10-летнего возраста. Полученные Ю.В. Поповым [53] данные свидетельствуют, что препарат Нооклерин является эффективным и безопасным средством лечения астенических расстройств у подростков. Проведенное нами ранее исследование показало, что использование Нооклерина характеризуется высокой эффективностью в лечении синдрома дефицита внимания у детей. После лечения отмечалось значительное снижение показателей невнимательности. Немаловажно то, что применение Нооклерина не сопровождается выраженными нежелательными побочными эффектами и осложнениями. Результаты психофизиологического исследования подтвердили клинические данные о снижении невнимательности и уменьшении временной реакции после курса применения Нооклерина, при этом не отмечалось увеличения количества ложных тревог, отражающих повышение импульсивности [54].

Заключение

Таким образом, дискалькулия не является обособленной от других проблем развития, а лежащие в ее основе нейрофизиологические механизмы могут вызывать широкий спектр нарушений.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ardila A, Rosselli M. Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychol Rev.* 2002;12(4):179-231. <https://doi.org/10.1023/a:1021343508573>
2. Жмуров В.А. *Большая энциклопедия по психиатрии*. 2-е изд. М.: Джангар; 2012.
3. Zhmurov VA. *Bol'shaya ehntsiklopediya po psikiatrii*. 2-е изд. М.: Dzhangar; 2012. (In Russ).
4. Cohn R. Developmental dyscalculia. *Pediatric Clinics of North America.* 1968;15(3):651-668. [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(16\)32167-8](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(16)32167-8)
5. Geary DC, Hamson CO, Hoard MK. Numerical and arithmetical cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *J Exp Child Psychol.* 2000;77(3):236-263. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2561>
6. Kosc L. Vyvinova dyskalkulia ako porucha matematickych schopnosti v detskom veku. *Otazky Defektologie.* 1971;4:34-48.
7. Kaufmann L, Mazzocco MM, Dowker A, et al. Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Front Psychol.* 2013;4:516. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00516>
8. Morsanyi K, van Bers BM, McCormack T, et al. The prevalence of specific learning disorder in mathematics and comorbidity with other developmental disorders in primary school age children. *British Journal of Psychology.* 2018;109(4):917-940. <https://doi.org/10.1111/bjop.12322>
9. Shalev RS, von Aster M. *Identification, classification, and prevalence of developmental dyscalculia*. In: Encyclopedia of language and literacy development. London; 2008.
10. Soares N, Evans T, Patel DR. Specific learning disability in mathematics: A comprehensive review. *Translational Pediatrics.* 2018;7(1):48-62. <https://doi.org/10.21037/tp.2017.08.03>
11. Mazzocco MM, Myers GF. Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia.* 2003;53:218-253. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0011-7>
12. Shalev RS, Manor O, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia: a prospective six-year follow-up. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(2):121-125.
13. Gersten R, Clarke B, Mazzocco MM. *Historical and contemporary perspectives on mathematical learning disabilities*. In: Why Is Math So Hard for Some Children?, ed. D.B. Berch and M.M.M. Mazzocco. Brookes Publishing; 2007.
14. McCloskey M, Caramazza A, Basili A. Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain Cogn.* 1985;4:171-196. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(85\)90069-7](https://doi.org/10.1016/0278-2626(85)90069-7)
15. Dehaene S, Tzourio N, Frak V, et al. Cerebral activations during number multiplication and comparison: a PET study. *Neuropsychologia.* 1996;34(11):1097-1106. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(96\)00027-9](https://doi.org/10.1016/0028-3932(96)00027-9)
16. Stanesco-Cosson R, Pinel P, van De Moortele PF, et al. Understanding dissociations in dyscalculia: a brain imaging study of the impact of number size on the cerebral networks for exact and approximate calculation. *Brain.* 2000;123(11):2240-2055. <https://doi.org/10.1093/brain/123.11.2240>
17. Schel MA, Klingberg T. Specialization of the Right Intraparietal Sulcus for Processing Mathematics During Development. *Cereb Cortex.* 2017;27(9):4436-4446. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw246>
18. Supekar K, Swigart AG, Tenison C, et al. Neural predictors of individual differences in response to math tutoring in primary-grade school children. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2013;110(20):8230-8235. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222154110>
19. Глинник О.А. Нарушения счетных навыков: обзор причин и нейропсихологических механизмов дискалькулии. *Психологическая наука и образование.* 2022;27(1):17-26.
20. Глинник О.А. Narusheniya schetnykh navykov: obzor prichin i neiropsikhologicheskikh mekhanizmov diskalkulii. *Psikhologicheskaya Nauka i Obrazovanie.* 2022;27(1):17-26. (In Russ). <https://doi.org/10.17759/pse.2022270102>
21. Rivera SM, Reiss AL, Eckert MA, et al. Developmental changes in mental arithmetic: evidence for increased functional specialization in the left inferior parietal cortex. *Cereb Cortex.* 2005;15(11):1779-1790. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi055>

20. Ardila A, Galeano LM, Rosselli M. Toward a model of neuropsychological activity. *Neuropsychol Rev*. 1998;8(4):171-190. <https://doi.org/10.1023/a:1021618218943>
21. von Aster M. Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2000;9(suppl 2):1141-57. <https://doi.org/10.1007/s007870070008>
22. Rotzer S, Kucian K, Martin E, et al. Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*. 2008;39(1):417-422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.08.045>
23. D'Amico A, Guarnera M. Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*. 2005;15:189-202. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.01.002>
24. Zago L, Petit L, Turbelin MR, et al. How verbal and spatial manipulation networks contribute to calculation: an fMRI study. *Neuropsychologia*. 2008;46(9):2403-2414. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.001>
25. Halberda J, Ly R, Wilmer JB, et al. Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;109(28):11116-11120. <https://doi.org/10.1073/pnas.1200196109>
26. Sokolowski HM, Fias W, Mousa A, et al. Common and distinct brain regions in both parietal and frontal cortex support symbolic and nonsymbolic number processing in humans: A functional neuroimaging meta-analysis. *Neuroimage*. 2017;146:376-394. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.10.028>
27. Arsalidou M, Pawliw-Levac M, Sadeghi M, et al. Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies. *Dev Cogn Neurosci*. 2018;30:239-250. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.002>
28. Peters L, De Smedt B. Arithmetic in the developing brain: A review of brain imaging studies. *Dev Cogn Neurosci*. 2018;30:265-279. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.002>
29. Venkatraman V, Ansari D, Chee MWL. Neural correlates of symbolic and non-symbolic arithmetic. *Neuropsychologia*. 2005;43:744-753. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.08.005>
30. Mock J, Huber S, Bloechle J, et al. Magnitude processing of symbolic and non-symbolic proportions: An fMRI study. *Behavioral and Brain Functions*. 2018;10:14(1):9. <https://doi.org/10.1186/s12993-018-0141-z>
31. Üstün S, Ayyıldız N, Kale EH. Children with Dyscalculia show hippocampal Hyperactivity During Symbolic Number Perception. *Frontiers Human Neuroscience*. 2021;15:687476. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.687476>
32. Kucian K, Loenneker T, Martin E, et al. Non-symbolic numerical distance effect in children with and without developmental dyscalculia: a parametric fMRI study. *Dev Neuropsychol*. 2011;36(6):741-762. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549867>
33. Qin S, Cho S, Chen T, et al. Hippocampal-neocortical functional reorganization underlies children's cognitive development. *Nat Neurosci*. 2014;17(9):1263-1269. <https://doi.org/10.1038/nn.3788>
34. Moeller K, Willmes K, Klein E. A review on functional and structural brain connectivity in numerical cognition. *Front Hum Neurosci*. 2015;9:227. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00227>
35. Haist F, Wazny JH, Toomarian E, et al. Development of brain systems for nonsymbolic numerosity and the relationship to formal math academic achievement. *Hum Brain Mapp*. 2015;36(2):804-826. <https://doi.org/10.1002/hbm.22666>
36. Rapin I. Dyscalculia and the Calculating Brain. *Pediatric Neurology*. 2016;61:11-20. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.02.007>
37. Grabner RH, De Smedt B. Oscillatory EEG correlates of arithmetic strategies: a training study. *Front Psychol*. 2012;3:428. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00428>
38. Boller F, Grafman J. Acalculia: historical development and current significance. *Brain Cogn*. 1983;2(3):205-223. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(83\)90010-6](https://doi.org/10.1016/0278-2626(83)90010-6)
39. Rourke BP. Socioemotional disturbances of learning disabled children. *J Consult Clin Psychol*. 1988;56(6):801-810. <https://doi.org/10.1037/0022-006x.56.6.801>
40. Geary D. Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*. 1993;114(2):345. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.2.345>
41. Vigna G, Ghidoni E, Burgio F. Dyscalculia in Early Adulthood: Implications for Numerical Activities of Daily Living. *Brain Sci*. 2022;12(3):373. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030373>
42. Badian N, Ghublikian M. The personal-social characteristics of children with poor mathematical computation skills. *Journal of Learning Disabilities*. 1983;16(3):154-157. <https://doi.org/10.1177/002221948301600304>
43. Shalev RS. Developmental dyscalculia. *J Child Neurol*. 2004;19(10):765-771. <https://doi.org/10.1177/08830738040190100601>
44. Bull R, Espy KA, Wiebe SA. Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Dev Neuropsychol*. 2008;33(3):205-228. <https://doi.org/10.1080/87565640801982312>
45. Schuchardt K, Maehler C, Hasselhorn M. Working memory deficits in children with specific learning disorders. *J Learn Disabil*. 2008;41(6):514-523. <https://doi.org/10.1177/0022219408317856>
46. McNab F, Leroux G, Strand F, et al. Common and unique components of inhibition and working memory: an fMRI, within-subjects investigation. *Neuropsychologia*. 2008;46(11):2668-2682. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.04.023>
47. Aron AR, Poldrack RA. The cognitive neuroscience of response inhibition: relevance for genetic research in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*. 2005;57(11):1285-1292. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.10.026>
48. Haberstroh S, Schulte-Körne G. The Diagnosis and Treatment of Dyscalculia. *Deutsches Arzteblatt International*. 2019;116(7):107-114. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0107>
49. Devine A, Hill F, Carey E, Szűcs D. Cognitive and emotional math problems largely dissociate: Prevalence of developmental dyscalculia and mathematics anxiety. *Journal of Educational Psychology*. 2018;110(3):431-434. <https://doi.org/10.1037/edu0000222>
50. Dowker A, Kaufmann L. Atypical development of numerical cognition: Characteristics of developmental dyscalculia. *Cognitive Development*. 2009;24:339-342. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.09.010>
51. Заваденко Н.Н., Козлова Е.В. Дисфазия развития у детей: перспективы нейротрофической терапии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски*. 2013;113(5):43-47.
- Zavadenko NN, Kozlova EV. Disfaziya razvitiya u detei: perspektivy neirotroficheskoi terapii. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova. Spetsvypuski*. 2013;113(5):43-47. (In Russ).
52. Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю., Яковенко Е.А. и др. Задержки психического развития: клинико-энцефалографические особенности и оценка эффективности применения препарата гопантенной кислоты. *Педиатрия*. 2014;2:50-54.
- Chutko LS, Surushkina SYu, Yakovenko EA, et al. Zaderzhki psikhicheskogo razvitiya: kliniko-ehntsefalograficheskie osobennosti i otsenka ehffektivnosti primeneniya preparata gopantenovoi kisloty. *Pediatriya*. 2014;2:50-54. (In Russ).
53. Попов Ю.В. Применение Нооклерина у подростков в качестве антиастенического средства. *Психиатрия и психофармакотерапия*. 2004;6(4):194-196.
- Popov YuV. Primenenie Nooklerina u podrostkov v kachestve antiastenicheskogo sredstva. *Psikhiiatriya i Psikhofarmakoterapiya*. 2004;6(4):194-196. (In Russ).
54. Чутко Л.С., Корнишина Т.Л., Сурушкина С.Ю. и др. Синдром вегетативной дисфункции у детей и подростков. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018;118(1):43-49.
- Chutko LS, Kornishina TL, Surushkina SYu, et al. Syndrome of autonomic dysfunction in children and adolescents. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2018;118(1):43-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/inevro20181181143-49>

Поступила 14.07.2022

Received 14.07.2022

Принята к печати 21.07.2022

Accepted 21.07.2022